



**MINISTERIO DE EDUCACION SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO
“Dr. ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ”
FACULTAD DE GEOLOGÍA Y MINERÍA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA**

**ESTUDIO GEOAMBIENTAL DE LA EXPLOTACIÓN DE MATERIALES PARA
LA CONSTRUCCIÓN DE LA CANTERA EL PILÓN, PROVINCIA DE
HOLGUÍN.**

**Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en
Geología**

Autor: Lic. Juelmo Manuel Gola Cahimba

**MOA, 2017
Año 59 del Triunfo de la revolución**



**MINISTERIO DE EDUCACION SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO
“Dr. ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ”
FACULTAD DE GEOLOGÍA Y MINERÍA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA**

**ESTUDIO GEOAMBIENTAL DE LA EXPLOTACIÓN DE MATERIALES PARA
LA CONSTRUCCIÓN DE LA CANTERA EL PILÓN, PROVINCIA DE
HOLGUÍN.**

**TESIS EN OPCIÓN AL TÍTULO ACADÉMICO DE MASTER EN GEOLOGÍA
MENCIÓN GEOLOGÍA AMBIENTAL**

Autor: Juelmo Manuel Gola Cahimba

Tutores: Dra.C Mayda Ulloa Carcassés

**Moa 2017
Año 59 de la Revolución**

PENSAMIENTO

“La educación empieza con la vida y no acaba sino con la muerte”.

José Martí

"Si una persona es perseverante, aunque sea dura de entendimiento, se hará inteligente; y aunque sea débil se transformará en fuerte."

Leonardo Da Vinci

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Declaro que soy autor(a) de este trabajo de tesis y que autorizo al Instituto Superior Minero Metalúrgico, a hacer uso del mismo, con la finalidad que estime conveniente.

Firma: _____



Juelmo Manuel Gola Cahimba

jmgola@ismm.edu.cu / jmgcahimba@gmail.com

Juelmo Manuel Gola Cahimba autoriza la divulgación del presente trabajo de maestría bajo licencia Creative Commons de tipo **Reconocimiento No Comercial Sin Obra Derivada**, se permite su copia y distribución por cualquier medio siempre que mantenga el reconocimiento de sus autores, no haga uso comercial de las obras y no realice ninguna modificación de ellas. La licencia completa puede consultarse en: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ar/legalcode>

Juelmo Manuel Gola Cahimba autoriza al departamento de Geología del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa a distribuir el presente trabajo de tesis en formato digital bajo la licencia Creative Commons descrita anteriormente y a conservarlo por tiempo indefinido, según los requerimientos de la institución, en el repositorio de materiales didácticos disponible en: <http://geologia.mineria.edu.cu/textuales/tesis>

Juelmo Manuel Gola Cahimba autoriza al departamento de Geología del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa a distribuir el presente trabajo de tesis en formato digital bajo la licencia Creative Commons descrita anteriormente y a conservarlo por tiempo indefinido, según los requerimientos de la institución, en la biblioteca digital de la UPR disponible en: <http://bibliotecadigital.ismm.edu.cu>

DEDICATORIA

A mi familia, en especial a mi mamá, que ha sido el patrón de mi vida y el ser de mí existir.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradezco a Dios por la protección, discernimiento, salud, por consolarme en momentos de angustia y tener puesto siempre en mi camino personas compasivas durante el periodo de formación.

A toda mi familia, principalmente a mi madre por el apoyo incondicional. Por ser capaz de entenderme y darme el ánimo necesario para seguir adelante sin mirar el tiempo y las dificultades.

A mi tutora Dra.C Mayda Ulloa Carcassés por darme fuerzas y ayudarme durante la realización de este trabajo en todo momento que la he requerido.

A coordinadora de la maestría Dra.C Alina Rodríguez por ayuda incondicional durante la formación.

A directora de relaciones internacionales Dra. Josefa Lamorú por el apoyo incondicional.

A todos profesores del ISMM, en especial del departamento de Geología, Minas, Protambi y Mecánica.

Igualmente agradezco a todos los trabajadores de la cantera El Pílon quienes me atendieron con mucha atención.

En fin agradecer de forma general a todas las personas que de una forma u otra han contribuido en mi formación como persona y como profesional. A todos muchísimas gracias.

RESUMEN

Los efectos del hombre sobre la naturaleza pueden ser pequeños dentro de una escala global, pero muy amplios y significativos a escala local por lo tanto, su protección se debe hacer de acuerdo con la legislación vigente en el país. La explotación y procesamiento de materiales para la construcción en el yacimiento El Pilón, produce alteraciones en el medio ambiente aumentando o reduciendo la magnitud y la frecuencia de los procesos naturales. La presente investigación se realizó con el objetivo de elaborar un estudio geoambiental de la explotación de la cantera de materiales para la construcción El Pilón en la provincia de Holguín para evaluar los impactos que produce y proponer medidas para minimizarlos. La caracterización físico-geográfica y geológica del área de estudio permitió identificar las acciones impactantes y los efectos de los impactos sobre los componentes del medio. La realización del muestreo relacionado a concentraciones de polvo y ruido en el yacimiento, permitió establecer que existen diferencias significativas entre los valores obtenidos por medición y los valores permitidos por las normas para la concentración de polvo y nivel de ruido. Mediante la metodología de Criterios Relevantes Integrados (CRI), se determinó que los impactos identificados en el área de estudio se clasifican en tres categorías, en función de las cuales se establecieron las medidas ambientales de prevención, mitigación o corrección.

Palabras clave: estudio geoambiental, evaluación de impactos, explotación minera, materiales de construcción.

ABSTRACT

The effects of man on nature may be small on a global scale, but very large and significant at local level therefore, its protection should be done in accordance with the legislation in force in the country. The exploitation and processing of materials for construction in the El Pílon reservoir produces alterations in the environment by increasing or reducing the magnitude and frequency of natural processes. The present investigation was carried out with the objective of elaborating a geoenvironmental study of the exploitation of the quarry of materials for the construction of El Pílon in the province of Holguín to evaluate the impacts that it produces and to propose measures to minimize them. The physical-geographic and geological characterization of the study area allowed to identify the impact actions and effects of the impacts on the components of the environment. The performance of the sampling related to concentrations of dust and noise in the reservoir, allowed to establish that there are significant differences between the values obtained by measurement and the values allowed by the standards for the concentration of dust and noise level. Through the methodology of Integrated Relevant Criteria (CRI), it was determined that the impacts identified in the study area are classified into three categories, according to which environmental prevention, mitigation or correction measures were established.

Key words: geoenvironmental study, evaluation of impacts, mining operation, construction materials.

.

ÍNDICE	Página
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I - FUNDAMENTO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	
1.1 Introducción.....	5
1.2 Estudio geoambiental.....	5
1.3 Efectos ambientales asociados a la extracción de materiales de construcción.....	6
1.4 Evaluación de Impacto Ambiental.....	8
1.4.1 Métodos de evaluación de impacto ambiental.....	9
1.5 Análisis de trabajos precedentes.....	11
1.5.1 Situación de la temática a nivel internacional.....	11
1.5.2 Situación de la temática en Cuba.....	13
1.6 Legislación ambiental vigente en Cuba.....	17
CAPÍTULO II - MARCO METODOLÓGICO	
2.1 Introducción.....	23
2.2 Métodos de la investigación científica.....	23
2.3 Desarrollo de las etapas metodológicas.....	25
2.4 Caracterización Físico-Geográfica y Geológica de la región, y geoambiental del área de estudio.....	26
2.5 Productividad y régimen de trabajo en la cantera.....	26
2.6 Selección del método para la evaluación de los impactos.....	27
2.6.1 Características de la metodología CRI.....	
2.7 Técnicas estadísticas para la elaboración de los resultados...	31
2.7.1 Determinación de la muestra.....	31
2.7.2 Determinación de la cantidad de replicas.....	33
2.8 Instrumentos utilizados en la toma de las muestras.....	37
2.8.1 Mediciones de Polvo y de Ruido.....	38
2.8.1.1 Características del instrumento para la determinación de polvo.....	38
2.8.1.2 Características del instrumento para	40

mediciones del ruido ambiental.....	
2.9 Características del instrumento para la determinación de distancia.....	41
CAPITULO III- ANALISIS DE RESULTADOS	
3.1 Introducción.....	43
3.2 Caracterización físico-geográfica de la región y geoambiental del área de estudio.....	43
3.3 Estado actual del medio ambiente.....	49
3.4 Características cualitativas del mineral.....	50
3.5 Etapas de desarrollo del proyecto.....	51
3.5.1 Estructura de los trabajos mineros.....	52
3.6 Cálculo de la productividad de la cantera.....	52
3.7 Determinación del tamaño de la muestra.....	53
3.7.1 Mediciones y cartografía del fondo de contaminación sónica.....	55
3.7.2 Análisis de los límites de control de los niveles de ruido y polvo.....	58
3.7.3 Prueba de hipótesis relativa a la media real de nivel de ruido y concentración de polvo.....	60
3.7.4 Representación cartográfica de los niveles de ruidos y de polvo.....	61
3.8 Identificación de los impactos ambientales producidos en el área de estudio.....	64
3.9 Evaluación final de los impactos sobre cada medio afectado..	82
CONCLUSIONES.....	85
RECOMENDACIONES.....	86
BIBLIOGRAFÍA.....	87
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Etapas metodológicas de la investigación.....	24
Figura 2.2	Diagrama para determinar el Valor de Impacto Ambiental.....	29
Figura 2.3	Imagen aérea del yacimiento.....	37
Figura 2.4	GPS Portátil.....	38
Figura 2.5	Sigma2.....	38
Figura 2.6	Recoleta in situ de polvo en suspensión.....	39
Figura 2.7	Determinación de ruido en el poblado El Pílon.....	39
Figura 2.8	Conteo de partículas.....	40
Figura 2.9	Pesaje de las muestras.....	40
Figura 2.10	Sonómetro utilizado en las mediciones de ruido ambiental.....	41
Figura 2.11	Distanciómetro.....	41
Figura 3.1	Ubicación del área de estudio.....	48
Figura 3.2	Modelo digital del terreno del área en estudio.....	48
Figura 3.3	Mapa de ubicación de los puntos de muestreo.....	55
Figura 3.4	Diagrama de control para mediciones relativo al ruido...	59
Figura 3.5	Diagrama de control para mediciones relativo al polvo.	60
Figura 3.6	Mapa de ruido.....	62
Figura 3.7	Mapa de concentración de polvo.....	63
Figura 3.8	Imágenes de la contaminación atmosférica.....	65
Figura 3.9	Imágenes de emisión de ruidos y Vibraciones.....	68
Figura 3.10	Modificaciones del relieve.....	69
Figura 3.11	Imágenes de la contaminación de las aguas.....	71
Figura 3.12	Imágenes de la alteración del paisaje.....	73
Figura 3.13	Destrucción de la vegetación y fauna por la actividad minera.....	76
Figura 3.14	Riesgo de accidentes por incremento del tráfico de equipos.....	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Escala de valoración de los indicadores.....	29
Tabla 2.2	Criterios de evaluación y peso asignado.....	30
Tabla 2.3	Jerarquización de los impactos a partir del (VIA).....	31
Tabla 2.4	Valores estandarizados (z) en función de grado de confiabilidad.....	32
Tabla 2.5	Valores óptimos del error.....	33
Tabla 2.6	Valores de probabilidad de la población que no presenta las características.....	33
Tabla 3.1	Propiedades físicas-mecánicas de las rocas.....	47
Tabla 3.2	Características estructurales del macizo.....	47
Tabla 3.3	Puntos de muestreo de calidad del aire.....	54
Tabla 3.4	Resultados de las determinaciones de polvo y ruido ambiental en áreas del Yacimiento.....	56
Tabla 3.5	Resultados del cálculo de los límites de tolerancias de niveles de Ruido y Polvo.....	58
Tabla 3.6	Calculo del estadístico t.....	61
Tabla 3.7	Impactos Identificados.....	64
Tabla 3.8	Jerarquización del impacto sobre el Aire.....	66
Tabla 3.9	Jerarquización del impacto sobre el Aire.....	68
Tabla 3.10	Jerarquización del impacto sobre el Relieve.....	70
Tabla 3.11	Jerarquización del impacto sobre el suelo.....	71
Tabla 3.12	Jerarquización del impacto sobre el Agua.....	72
Tabla 3.13	Jerarquización del impacto sobre el suelo.....	74
Tabla 3.14	Jerarquización del impacto sobre la Flora.....	75
Tabla 3.15	Jerarquización del impacto sobre la Fauna.....	76
Tabla 3.16	Jerarquización del impacto sobre la Sociedad.....	77
Tabla 3.17	Jerarquización del impacto sobre la economía.....	78
Tabla 3.18	Jerarquización del impacto sobre la Sociedad.....	79
Tabla 3.19	Jerarquización del impacto sobre la Sociedad.....	80
Tabla 3.20	Jerarquización de los impactos a partir del (VIA).....	81

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El hombre habita la superficie de la Tierra, en ella realiza su actividad diaria y obtiene los recursos fundamentales tales como: el agua, los alimentos, los materiales para la construcción y muchos minerales útiles, que repercute en mayor o menor medida sobre el medio, donde se desarrolla. Los minerales y la sociedad han estado ligados desde los tiempos más remotos de la humanidad, conociéndose así las etapas pre históricas con el nombre de "edad de piedra", "edad de cobre" y "edad de hierro", en clara alusión a la naturaleza de los utensilios en ellas empleados (Ayala *et. al.* 1994). La conservación de la calidad de suelos, aguas y paisajes, así como el respeto por los seres vivos que en ella habitan deben constituir un objetivo primordial integrado en el diseño de toda actividad.

El despertar universal de la consciencia sobre la conservación del medio ambiente surgió al comienzo de la década de los años 70. Período en que se empezó a percibir con nitidez en los países más avanzados que el bienestar económico, fruto del desarrollo, iba acompañado de secuelas sobre la naturaleza que aún no asimiladas por la sociedad. Pero es en la actualidad, con el espectacular aumento de la facultad humana de transformar el entorno natural, ha originado un desequilibrio entre los deterioros ocasionados y la capacidad de recuperación del medio.

La explotación de georecursos, específicamente la explotación de materiales de la construcción, ha sido una de las actividades fundamentales desarrolladas por el hombre. Esta actividad al mismo tiempo que favorece a la población, pues su desarrollo implica la satisfacción de necesidades tales como el abastecimiento de materias primas para la construcción, entre otras, también tiene importantes repercusiones ambientales y socioeconómicas, desde las más imperceptibles hasta las que representan claros impactos sobre el medio natural en que se desenrollan.

Es, pues, evidente, que no se puede prescindir de la explotación de los recursos minerales y que esta actividad probablemente se intensifique en el futuro.

En este contexto, la explotación de material de la construcción a todo lo largo y ancho de nuestro país, en el campo de la formalidad empresarial debe ejecutarse de acuerdo a la legislación ambiental vigente en Cuba y dentro del marco del desarrollo sustentable, compromiso asumido en la Agenda 21, aprobada en la Cumbre de la Tierra en el año 1992.

La explotación de materiales de construcción debe además garantizar los mejores resultados en términos de protección de los recursos naturales renovables, no renovables y del medio ambiente, pues los efectos sobre la naturaleza pueden ser pequeños dentro de una escala global, pero significativos a escala local (Rodríguez 1998 y Fernández, 2009).

La conservación de medio ambiente y la protección de los recursos naturales en Cuba se realizan sobre bases científicas a partir de las cuales se establecen condiciones óptimas para salvaguardar la naturaleza en beneficio de las actuales y futuras generaciones.

En Cuba existen más de 100 canteras, y muchas de ellas no cuentan con el proyecto de rehabilitación actualizado, incumpliendo así con la Ley 76 de Minas que plantea en su Artículo 41 la obligatoriedad de los concesionarios de elaborar estudios y planes para prevenir, mitigar, controlar, rehabilitar y compensar el impacto derivado de la actividad minera.

De acuerdo a la situación actual, las canteras de materiales de construcción, ocasionan degradación ambiental y se encuentran rodeadas de asentamientos humanos, debido al crecimiento poblacional. Esta problemática se observa en el municipio de Mayarí específicamente en la cantera El Pilón, donde al principio fueron algunas casas, ahora son poblaciones reconocidas por las municipalidades.

En el yacimiento El Pilón se han llevado a cabo estudios geológicos e ingeniero geológicos con anterioridad, como se exponen a continuación:

- En los años 1961-1962 las rocas del yacimiento El Pilón fueron descritas por geólogos soviéticos durante el levantamiento geológico a escala 1: 50 000 de la Sierra de Nipe y Cristal.
- Entre 1967-1968 Andreyshev realizó muestreo tecnológico en esta cantera y estimó reservas de 10 millones de m³.

- A principios de la década del 70 se realizaron trabajos de búsqueda orientativa por el geólogo J. Fabik y el tecnólogo L. Kriz, donde se perforaron 6 pozos y levantamiento geológico a escala 1: 50 000, tomándose además muestras tecnológica y petrográficas.
- En 1971 fue realizada la exploración detallada, se llevaron a cabo los siguientes trabajos:
 - ✓ Levantamiento geológico a escala 1: 2 000
 - ✓ Perforación de 24 pozos
 - ✓ Muestras petrográficas y tecnológicas.
 - ✓ Las reservas fueron calculadas en categorías C 1 (5, 175 000 m³) y en C 2 (2, 316 496 m³)
- Levantamiento geológico de la brigada cubano-húngara (1971-1976), cuyos resultados se publicaron en el libro Contribución a la Geología de Cuba Oriental, estudio regional que aporta información general sobre las formaciones geológicas presentes en el área de estudio, así como las diferentes litologías que las componen.
- Informe de la exploración adicional del yacimiento “Calizas El Pílon”. Ing. Román Martín Álvarez, et al., del Centro Minero Geológico y de Proyectos. Brigada Geológica de Oriente. MIMC.1979.
- En diferentes etapas posteriores al comienzo de la construcción de la Presa Mayarí se han realizado muestreos para la determinación de la resistencia a la compresión axial del material con vistas a su utilización en la misma.

En el área de estudio se explota calizas a cielo abierto, mediante el método de perforación y voladura a diferentes niveles de profundidad. Del material que se extrae se obtienen cinco productos que se comercializan en forma de arena, grava, estéril y relleno.

El Pílon, cuenta con un proyecto de explotación actualizado en el año 2013 y un de rehabilitación del año 2002 que no se corresponde con la situación actual, lo que evidencia la necesidad de elaborar un estudio geoambiental para determinar los impactos que produce la explotación de la cantera de materiales

para la construcción El Pílon en la provincia de Holguín. Lo planteado anteriormente constituye el **problema** de la presente investigación.

El **objeto de estudio** es el estudio geoambiental de la explotación de canteras de materiales para la construcción y el **campo de acción** la cantera El Pílon en la provincia Holguín.

El objetivo general de la investigación es elaborar un estudio geoambiental de la explotación de la cantera de materiales para la construcción El Pílon en la provincia de Holguín para evaluar los impactos que produce y proponer medidas para minimizarlos.

El alcance del objetivo general, implica el logro de los siguientes objetivos específicos:

1. Identificar acciones desencadenantes, así como, factores del medio susceptibles de recibir impactos.
2. Identificar y evaluar los impactos ambientales por la metodología seleccionada.
3. Realizar mediciones de partículas de polvo y ruido que se emiten al medio ambiente durante el desarrollo del proyecto.
4. Proponer medidas para la minimizar los impactos ambientales producidos por la explotación de la cantera de materiales para la construcción El Pílon en la provincia de Holguín.

La Hipótesis que sustenta la investigación plantea que si se identifican las acciones desencadenantes, los factores del medio susceptibles de recibir impactos, se identifican y evalúan los impactos ambientales por la metodología seleccionada, y se realizan mediciones de partículas de polvo y ruido que se emite al medio ambiente durante el desarrollo del proyecto, entonces se podrá elaborar un estudio geoambiental de la explotación de la cantera de materiales para la construcción El Pílon en la provincia de Holguín y proponer medidas para minimizar los impactos producidos.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

CAPÍTULO I. FUNDAMENTO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

1.1. Introducción

En este capítulo se establece el marco teórico conceptual de la investigación, basado en la consulta bibliográfica y análisis de trabajos a nivel nacional así como internacional relacionados al tema, y se menciona el marco legal al que está sujeto.

Objetivo del capítulo es describir los aspectos teóricos fundamentales relativos al tema y sistematización sobre el estudio geoambiental.

1.2. Estudio geoambiental

En la evolución natural del paisaje, los elementos que lo componen interactúan, y se combinan de diferentes formas, dando lugar a la formación de paisajes diferenciados, denominados unidades geoambientales.

Las unidades geoambientales son entendidas como un paisaje con características más o menos homogéneas. Estas unidades ocupan cierta porción de superficie terrestre, a la vez, que revelan toda una serie de características propias de acuerdo a la geología, geomorfología, climatología, pedología, hidrografía y formaciones vegetales, además de las potencialidades naturales y las limitaciones de uso, (Edvaldo, 2010).

El patrimonio geológico, se entiende como el conjunto de recursos naturales geológicos de valor científico, cultural, educativo, recreativo y económico. Constituyen partes de este conjunto las formaciones o estructuras geológicas, formas del terreno, rocas, suelos, agua, fósiles, etc. Estos, permiten reconocer, estudiar e interpretar la evolución de la tierra, los procesos que la han modelado, así como el origen y evolución de la vida sobre este planeta.

Los recursos medioambientales incluyen y potencia el patrimonio geológico porque incorpora la consideración de las relaciones entre la sociedad y los elementos constituyentes de dicho patrimonio y además incorpora con mayor énfasis el estudio acerca del espacio (superficie) ocupado por el hombre en sus diversas actividades en los procesos actuales y naturales, antrópicos actuantes y los riesgos asociados (Carcavilla *et. al.*, 2014).

Castellanos (1998) define estudio geoambiental como: el estudio del entorno vital, que engloba un conjunto de elementos físicos-naturales, socio-económicos, culturales y estéticos que interactúan con el individuo y con la comunidad en que vive, siendo los principales componentes:

- ✓ El medio físico-natural constituido por cuatro sistemas interrelacionados: el aire, el agua, el suelo y el sistema biológico que influye la flora y la fauna además del hombre.
- ✓ El medio socio-económico queda definido por el conjunto de infraestructuras materiales construidas por el hombre, los sistemas sociales e institucionales que ha creado y las actividades económicas en que participa.

Lacreu (2004) considera que estudio geoambiental es la descripción de todos los elementos, y procesos de la naturaleza geológica que (de manera explícita o implícita, directa o indirecta), son utilizados por la sociedad con diferentes finalidades.

1.3. Efectos ambientales asociados a la extracción de materiales de construcción

Las actividades de extracción minera afectan drásticamente todos los compartimientos del ecosistema (suelo, vegetación, fauna y recurso hídrico) las geoformas del terreno y las condiciones microclimáticas. Esta actividad industrial trae consigo cambios drásticos en la estructura del suelo, por cuanto la maquinaria pesada empleada ejerce grandes presiones sobre éste y es inevitable la compactación. Los efectos producidos por la minería en los ecosistemas incluyen destrucción del paisaje, degradación del entorno visual, disturbios en cursos de agua, destrucción de tierras destinadas a la agricultura y la disminución o pérdida de cobertura vegetal, daño de tierras con propósitos de recreación, ruido, polvo, tráfico de camiones y maquinaria pesada, sedimentación y erosión, hundimientos de tierra y vibración por explosiones. Cuando finaliza la extracción, la mayoría de las veces los taludes quedan inestables y se producen volcamientos, hundimiento del terreno y movimiento del macizo rocoso que a su vez pueden generar pérdidas humanas (Rojas *et al*, 2009).

La minería en su conjunto produce toda una serie de contaminantes gaseosos, líquidos y sólidos, que de una forma u otra van a parar al suelo. Esto sucede ya sea por depósito a partir de la atmósfera como partículas sedimentadas o traídas por las aguas de lluvia, por el vertido directo de los productos líquidos de la actividad minera y metalúrgica, o por la infiltración de productos de lixiviación del entorno minero: aguas provenientes de minas a cielo abierto, escombreras, etc., la disposición de los elementos mineros (escombreras, talleres de la mina o otras edificaciones) también constituyen contaminantes que en gran medida afectan la calidad del suelo (Vega, 2007).

En relación con el componente hídrico la minería produce además, afectación a la dinámica de las aguas superficiales y subterráneas, la interrupción, re direccionamiento de flujos, extracción y desecación de acuíferos y la capacidad de almacenamiento y regulación del agua. Adicionalmente, el incremento en la sedimentación y la contaminación por mezclas con aguas industriales de mala calidad. Otras afectaciones asociadas están relacionadas con la remoción del suelo y la vegetación, la compactación y el desecamiento; la modificación del relieve, la inestabilidad de laderas, el aumento de erosión de suelos, la emisión de gases y material particulado; la generación de estériles y escombros; la desertificación y la contaminación del suelo (MADS, 2013).

En relación con el componente hídrico, la minería tiene como consecuencias la afectación de la dinámica de las aguas superficiales y subterráneas, la interrupción, re direccionamiento de flujos, extracción y desecación de acuíferos y la capacidad de almacenamiento y regulación del agua. Adicionalmente, el incremento en la sedimentación y la contaminación por mezclas con aguas industriales de mala calidad. Otras afectaciones asociadas están relacionadas con la remoción del suelo y la vegetación, la compactación y el desecamiento, la modificación del relieve, la inestabilidad de laderas, el aumento de erosión de suelos, la emisión de gases y material particulado, la generación de estériles y escombros, la desertificación y la contaminación del suelo (MADS, 2013).

Cuba es uno de los países que realiza proyectos de extracción de minerales e hidrocarburos, lo cual tiene consecuencias significativas para el ecosistema y las comunidades rurales (Vicente *et al.*, 2011).

Actualmente, existen más de 100 canteras dedicadas a la explotación de materiales de construcción en las laderas de los cerros y en los valles de los ríos debido a que estos proveen arenas, recebo y piedras, elementos necesarios en tales actividades.

1.4. Evaluación de Impacto Ambiental

Según Conesa (1997), EIA es un procedimiento que tiene por objetivo la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un proyecto o actividad produciría en caso de ser ejecutado, así como la prevención, corrección y valoración de los mismos, con el fin de ser aceptado, modificado o rechazado.

La EIA es un instrumento de gestión que permite que las políticas ambientales puedan ser cumplidas y, más aún, que ellas se incorporen tempranamente en el proceso de desarrollo y de toma de decisiones. Por ende, evalúa y permite corregir las acciones humanas y evitar, mitigar o compensar sus eventuales impactos ambientales negativos, actuando de manera preventiva en el proceso de gestión (Espinosa, 2007).

La metodología utilizada debe facilitar un análisis integrado, global, sistemático y multidisciplinario, y la evaluación de impactos debe incluir una discusión sobre la relación causa-efecto. Los criterios a considerar para la evaluación cuantitativa y cualitativa pueden ser entre otros: carácter, cobertura, magnitud, duración, resistencia, reversibilidad, recuperabilidad, periodicidad, tendencia, tipo y posibilidad de ocurrencia (Conesa, 1997).

Con el paso del tiempo, la forma de explotar los recursos minerales ha ido evolucionando y acomodándose a la demanda social de respeto al medio ambiente. Asimismo, la forma de considerar los aspectos ambientales en las explotaciones mineras también ha evolucionado. Se ha pasado de un tratamiento "curativo" de los impactos ambientales, es decir, de reparar el daño ocasionado, a un tratamiento "preventivo" que intenta evitar que los impactos se produzcan. En Cuba, la minería está regulada por una legislación específica muy exhaustiva, que también se ha ido adaptando a los cambios sociales y a las nuevas estrategias políticas. Las leyes, normas y principios que regulan el sector minero obligan no sólo a restaurar los terrenos explotados, sino también

a determinar los posibles efectos ambientales negativos del proyecto minero antes de iniciar la explotación, y a establecer las medidas preventivas necesarias para que dichos impactos no se produzcan, o afecten en menor medida al entorno.

1.4.1. Métodos de evaluación de impacto ambiental

Las metodologías de evaluación de impacto ambiental están destinadas a sistematizar y potenciar el proceso de evaluación. A continuación se muestra los principales métodos para la evaluación de impactos ambientales:

a) Reuniones de expertos. Esta técnica se considera solo, cuando se trata de un estudio de impacto muy concreto y circunscrito. Si no ocurre así, no se puede pretender ni rapidez ni exhaustividad, a causa de los cruces interdisciplinarios. El método Delphi ha sido de gran utilidad en estos casos.

b) Lista de Chequeo “*checklists*”. Son listas exhaustivas que permiten identificar rápidamente los impactos. Existen las puramente “indicativas”, y las “cuantitativas”, que utilizan estándares para la definición de los principales impactos (por ejemplo contaminación del aire según el número de viviendas).

c) Matrices simples de causa-efecto. Son matrices limitadas a relacionar la variable ambiental afectada y la acción humana que la provoca.

d) Grafos y diagramas de flujo. Este método se basa en determinar las cadenas de impactos primarios y secundarios con todas las interacciones existentes y sirven para definir tipos de impactos esperados.

e) Cartografía ambiental o superposición de mapas (*over lay*). Consiste en construir una serie de mapas donde se representan toda una serie de características ambientales que se consideren influyentes. Los mapas de síntesis permiten definir las aptitudes o capacidades del suelo ante los distintos usos, los niveles de protección y las restricciones al desarrollo de cada zona.

f) Redes. Constituyen diagramas de flujo ampliados a los impactos primarios, secundarios y terciarios.

g) Sistemas de Información Geográficos. Son paquetes computacionales muy elaborados, que se apoyan en la definición de sistemas. No permiten la

identificación de impactos, que necesariamente deben estar integrados en el modelo, sino que tratan de evaluar la importancia de ellos.

h) Matrices. Consisten en tablas de doble entrada, con las características y elementos ambientales y con las acciones previstas del proyecto. En la intersección de cada fila con cada columna se identifican los impactos correspondientes. La matriz de Leopold es un buen ejemplo de este método. En matrices más complejas pueden deducirse los encadenamientos entre efectos primarios y secundarios.

i) Criterios relevantes integrados. Este método consiste en asignar valores a los efectos adversos relevantes de acuerdo a los criterios de probabilidad, intensidad, duración, extensión y reversibilidad del efecto, para obtener un valor de impacto ambiental por efecto y la jerarquización de los mismos (Espinoza, 2001 citado por Vílchez, 2014).

El método a seleccionar es un aspecto importante en los resultados de la evaluación de impacto. Ningún método por sí solo puede ser utilizado para satisfacer la gran variedad y tipos de actividades que intervienen en un estudio de impacto ambiental, la clave está en seleccionar adecuadamente el método más apropiado de acuerdo a las necesidades de cada estudio. Los métodos seleccionados se utilizan para identificar las modificaciones en el medio físico, que es una tarea relativamente fácil. Pero otra cosa es la calificación de esas modificaciones: todos los aspectos y parámetros pueden medirse; la dificultad está en valorarlos (Ramírez, 2016).

Para Oyarzún (2008) al elegir una metodología es necesario conocer sus posibilidades y limitaciones y utilizarla para hacer mejor el trabajo, entendiendo que en el mejor de los casos será una guía útil, pero no hará el trabajo por nosotros. Por el contrario puede contribuir a cometer serios errores.

Al seleccionar un método de evaluación de impacto debe partirse de visitar el sitio, reconocer su entorno, identificar las variables ambientales afectadas por la actividad, fijarse en el proceso productivo, hablar con los responsables de la explotación, con personas del entorno afectadas y con grupos ambientalistas (u otros) si los hubiese. Posteriormente deben analizarse las ventajas y

desventajas de cada método en relación con las características de la investigación (Gómez 2014).

1.5. Análisis de trabajos precedentes

1.5.1. Situación de la temática a nivel internacional

Paula. *et al.* (2010), analizó los aspectos geoambientales concernientes a la geología, geomorfología, hidrogeología, geoquímica y geodinámica, así como la influencia de las actividades antrópicas en la cuenca del río Huaura. Establece además, los principales rasgos estructurales y sistemas de fallas, con orientaciones NO-SE. Concluye, que los impactos más significativos están asociados a la presencia de Mina Santa Rita y los botaderos de basura dispuestos a la intemperie, sin embargo, su investigación no aborda una caracterización detallada de dichos impactos.

Por otra parte Mbó (2013), evalúa la incidencia ambiental de la extracción de material de construcción en la cantera Socopetete de la empresa SOGECO en Guinea Ecuatorial El autor determinó la incidencia ambiental que produce la extracción de materiales de construcción, adjudicando tal efecto al insuficiente estudio de evaluación de impactos y el elevado número de canteras que se explotan en ese país.

Como parte de la investigación caracteriza la cantera y el territorio, permitiendo, así, conocer las particularidades del sistema de explotación y la tecnología aplicada, identificó las acciones productoras de impactos y los factores ambientales impactados, ello además de identificar, caracterizar y evaluar los impactos, propone medidas correctoras que minimicen los impactos negativos en la etapa de cierre y abandono final de la cantera, no obstante, el autor no hace referencia a la cantidad de partículas de polvo y ruido en que están expuestos los trabajadores.

El análisis de los impactos ambientales y sociales generados por la minería de arcillas se evidencia en los trabajos de Tovar (2013). Este autor a partir de aplicar varias encuestas, así como, la superposición de imágenes tomadas mediante el uso de la herramienta Google Earth identificó los impactos ambientales producidos por la minería de arcillas a cielo abierto en la vereda El Mochuelo Bajo, existiendo seis impactos sobre el medio físico y tres en el

medio socioeconómico, sin embargo, no considera las particularidades que refieren la presencia de partículas de polvo producidas durante el desarrollo del proyecto.

En Guinea Ecuatorial, también Mongoro (2013), hace una evaluación ambiental acerca de la extracción de materiales de construcción en la cantera Km 34. Este autor caracterizó esta cantera de la empresa CAMIGESA de Malabo, lo que le permitió conocer las particularidades del sistema de explotación. Posteriormente, identificó seis acciones fundamentales, y ocho factores susceptibles de ser impactados y propuso medidas correctoras y de mitigación, pero su propuesta no considera la particularidad de cada impacto producido.

En la investigación realizada por Cambuta (2014), se analizó la estructura productiva 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. Este autor concluye, que las acciones mineras que se desarrollan 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, a la vez, que propone medidas para minimizar los impactos negativos, sin embargo, su investigación no tiene en cuenta los niveles de concentración de polvo, ni ruido que emanan diariamente al ambiente provocado por estas acciones.

La caracterización geológico-ambiental de la Unidad Experimental “Santa Barbará (UESB)” realizada por Pérez (2015), permitió tener una visión global sobre el ámbito de estudio, destacando como principales resultados de su investigación la caracterización física y biótica del área de estudio. Este autor concluye su investigación señalando, que en el uso de los terrenos de la UESB no han sido tomados en cuenta las características ambientales y geológicas, factores que influyen directamente en los impactos ambientales causados a la biodiversidad y a los recursos naturales (suelo, agua, y paisaje) de la zona. Propone tres estrategias y nueve acciones concretas destinadas a mejorar la situación en esta zona, pero, estas medidas son establecidas de forma general, sin considerar la particularidad de cada impacto producido.

Por otra parte, Vílchez y Ulloa (2015), evalúan el impacto ambiental por presencia de hidrocarburos a través del Método de Criterios Relevantes

Integrados. Identifican los elementos que generan impacto ambiental debido a la presencia de hidrocarburos en forma de emanaciones naturales. Concluyen, que el componente más afectado del medio físico, es el aire con probabilidad de ocurrencia moderada; en el medio biológico la fauna tuvo un impacto ambiental con una probabilidad de ocurrencia alta. Finalmente propone un sistema de medidas para mitigar y corregir los impactos ambientales. Esta investigación constituye un gran aporte para la elaboración del presente trabajo debido a que se empleó una metodología similar, sólo que, en este caso se analiza las particularidades de los impactos asociados a la presencia de hidrocarburos, y no de materiales para construcción, elementos que difieren considerablemente en cuanto a las propiedades.

1.5.2. Situación de la temática en Cuba

Numerosos autores del país ha investigado en esta temática.

Aguilera, *et al.* (2003), evalúan la incidencia ambiental que provoca la extracción de arena del río Nibujón. Valoran además, el impacto ambiental que ocasiona la explotación del depósito fluvial de arena y grava, localizado dentro de los límites del parque Alejandro de Humboldt, así como las medidas preventivas y correctoras que habrán de adoptarse para minimizar el impacto sobre el entorno, a fin de compatibilizar la explotación y la preservación del medio natural.

Por otra parte plantean, que los principales impactos negativos tienen lugar en la fase de explotación del proyecto, siendo el medio físico y el biótico los de mayor impacto negativo. En su investigación no tiene en cuenta la cantidad de partículas que se liberan al ambiente.

Hernández *et al.* (2011), en la evaluación del impacto ambiental que produce la cantera El Cacao plantea que todas las acciones del proyecto afectan en mayor o menor medida a todos los factores del medio, siendo que los impactos más significativos ocurren en el desbroce, destape y extracción; los componentes del medio más afectados son el suelo, el aire, el agua y la economía, y al tiempo, propone medidas de mitigación a cada componente impactado.

La importancia de este trabajo reside en la manera clara, y precisa como se plantea las medidas de mitigación a cada componente impactado, aún así, no considera los niveles de concentración de polvo ni de ruido producidos.

Igualmente, Montes de Oca (2012), entre otros aspectos, caracterizó el medio ambiente, identificó y delimitó las influencias negativas de la minería, con vista a brindar criterios acerca del mejoramiento ambiental en el área donde se practica dicha actividad. El autor concluye que las influencias negativas sobre el medio ambiente están dadas en forma general por la degradación total de la vegetación, la fauna, el relieve y el paisaje, así como, por los impactos secundarios relacionados principalmente con la contaminación de los ríos, del aire y del suelo, y además propone medidas de carácter técnico para minimizar los impactos negativos, sin embargo, no se refiere a la cantidad de polvo y niveles de ruido.

En el estudio minero-ambiental de una cantera, Handjaba (2012), identificó las acciones mineras, así como los componentes impactantes del medio ambiente y los factores ambientales susceptibles a recibir impactos, y a través de su interacción se identificaron, caracterizaron y evaluaron los impactos ambientales. Finalmente establece un sistema de medidas, sólo que, estas se abordan de manera general, y no se analiza las particularidades de cada impacto.

El estudio de impacto ambiental del yacimiento de caliza “El Pilón” realizado por Mulet *et al.* (2013). identifica los impactos ambientales en el medio físico, biótico y antrópico, donde los mayores impactos negativos son generados por las emisiones de polvo a la atmósfera, los cambios en la topografía de la zona y la remoción de la vegetación y los impactos positivos el aumento de empleo y de la demanda de servicios sociales, a la vez, que propone un plan de medidas de carácter técnico y organizativo para la mitigación de los mismos, pero no tiene en cuenta el análisis cuantitativo del polvo y niveles de ruido producidos.

Mientras tanto, Gallardo *et al.* (2013), desarrolla una evaluación de los impactos ambientales provocados por la actividad minera en la localidad de Santa Lucía, Pinar del Río y caracteriza los principales problemas ambientales que existen en la región provocadas por la actividad minera, identifica los impactos geoambientales generados durante todas las etapas del proceso minero-metalúrgico, empleándose la matriz causa-efecto de Leopoldo, mostrando un total de 37 impactos, tres de carácter positivo y 34 negativos. Además, determina las variables ambientales más afectadas, que en orden

ascendente so: vegetación, fauna, paisaje, medio socio-económico, suelo, hidrogeología, geología y geomorfología. Por último el autor propone un plan de acción y medidas de monitoreo para mitigar los impactos ambientales negativos ocasionados por esta actividad en el área de estudio.

A pesar de lo dicho el autor no realiza un estudio pormenorizado del polvo y ruido liberado a la atmosfera durante la actividad minera.

Al mismo tiempo, se han desarrollado numerosas investigaciones que abordan caracterización minero-ambiental en las canteras de materiales para la construcción de las provincias de Holguín, Guantánamo, Granma y Santiago de Cuba; entre ellos, García (2013); Guindo (2013); Almenares (2014); Pérez (2015), donde se analizan la estructura productiva de las canteras y las características geológicas y minero técnicas de cada yacimiento en explotación. Estos autores identifican y caracterizan los efectos ambientales que se producen en cada cantera y proponen medidas generales de mitigación de los impactos negativos. Concluyen que en todos los casos se pueden identificar alteración del suelo por operaciones de excavación, construcción de caminos, acopio de material y escombreras, sin embargo, estos investigadores no particularizan los impactos, ni consideran la cantidad de polvo y ruido producida en función de las tecnologías empleadas.

En la misma, Hernández *et al.* (2015), realiza una evaluación ambiental asociada a la explotación del yacimiento de materiales de construcción la Inagua, Guantánamo. Esta evaluación tuvo como objetivo caracterizar el impacto ambiental que produce la cantera y elaborar el plan de medidas correctoras para minimizar los efectos negativos y compatibilizar la actividad minera con la protección del medio ambiente.

Esta autora identifica los principales impactos ambientales producidos durante la explotación a partir del establecimiento de las principales acciones, y determina que los impactos más significativos ocurren durante el desbroce y destape, y que los componentes ambientales más afectados son el suelo, el aire, el agua y la economía.

Por último, propone medidas correctoras para disminuir las afectaciones a cada uno de los componentes impactados, pero tampoco determina la concentración de partículas de polvo y niveles de ruido.

Montes de Oca. (2015), por su parte, caracterizó las canteras de Santiago de Cuba y analiza los diferentes factores que influyen en la elección de los métodos científicos de recuperación de áreas minadas. Al mismo tiempo, elaboró un procedimiento para la recuperación de las mismas, que actualmente es aplicado en la cantera de Guaos, lo que demostró que se puede mejorar la calidad ambiental, social y económica en las zonas afectadas por la actividad minera y lograr una minería responsable. Esta investigación carece de una determinación de indicadores de impactos ambientales

En el 2015, Mena realiza una evaluación de impacto ambiental e al cantera El Pílon e identifica las acciones productoras de impactos como: perforación, carga y voladura, transporte de maquinaria, formación de escombreras, preparación mecánica, desbroce de la vegetación, construcción vial, infraestructura y botaderos de sedimentos, a la vez, que define los principales factores susceptibles de recibir impactos.

Como conclusión el autor presenta un plan de medidas con un enfoque general teniendo en cuenta las normas ISO 14 000 y las legislaciones vigentes para la actividad ambiental. Sin embargo, no hace un análisis de los niveles de concentración de partículas de polvo, ni ruido producido durante la actividad minera.

Por otra parte, Torres (2015), realiza una evaluación geoambiental de la cuenca hidrográfica del río Pontezuelo, Mayarí. Este autor a partir de emplear técnicas como los SIG es capaz de caracterizar los focos y fuentes contaminantes mediante los métodos de cartografía ambiental, los datos obtenidos se utilizaron para la evaluación de los impactos ambientales en la cuenca. La investigación concluye, que los agentes contaminantes detectados en la cuenca son del tipo biológicos, químicos y físicos, y la aplicación del SIG permitió integrar toda la información ambiental obtenida tanto en los trabajos de reconocimiento de campo como análisis de laboratorio, pero no hace un análisis pormenorizado de estos impactos.

En su trabajo, Ramírez (2016), desarrolla un estudio geoambiental en uno de los depósitos de la UBMinera en la Empresa Comandante Ernesto "Che" Guevara. Esta autora a partir de la caracterización del depósito de mineral de secado solar como productor de impactos, pudo identificar las acciones que generan mayor impacto, los componentes del medio físico más afectados según el método aplicado, estableciéndose para cada componente medidas correctivas y de mitigación. Aunque, no se relacione con la rama de materiales de construcción, la investigación constituye un gran aporte para la elaboración del presente trabajo debido a que se empleó una metodología similar a la que se aplicará en este trabajo.

Finalmente, Correia (2016), realiza un diagnóstico tecnológico de la cantera de áridos El Pilón de la provincia Holguín a partir de la aplicación de la matriz de evaluación de cantera (mECA) para valorar los aspectos tecnológicos, medio ambientales, de seguridad y socio-económicos de esta cantera y determina que el nivel de desempeño de la cantera es regular lo que la sitúa a un 33% de lo que sería una cantera modelo.

En este estudio no describe detalladamente los impactos producidos en función de la tecnología existente.

La revisión bibliográfica realizada evidencia, que la temática estudiada ha sido ampliamente abordada por varios autores cubanos, incluso en esta cantera, pero, se aprecia, que no se ha estudiado detalladamente la contaminación por polvo y ruido que produce la explotación de esta cantera. Por otra parte las técnicas de evaluación de impacto aplicadas son las convencionales.

Todas las investigaciones reseñadas fueron de gran utilidad en la elección y determinación de las fases metodológicas de esta investigación y en la elaboración de las medidas correctoras.

1.6. Legislación ambiental vigente en Cuba

En Cuba, se presta especial atención a la protección del medio ambiente en el contexto de una política de desarrollo consagrada en la obra revolucionaria iniciada en 1959. La protección del medio ambiente constituye un factor relevante a los fines de la defensa nacional y una garantía para la soberanía, en tanto contribuye a asegurar la disponibilidad de los recursos naturales indispensables para la satisfacción de las necesidades básicas de la población.

Un claro ejemplo de esta preocupación por el medio ambiente son los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución (2011) donde en el Lineamiento 218, se plantea: “prestar atención prioritaria al impacto ambiental asociado al desarrollo industrial existente y proyectado, en particular, en las ramas de la química; la industria del petróleo y la petroquímica; la minería, especial el níquel; el cemento y otros materiales de construcción; así como en los territorios más afectados; incluyendo el fortalecimiento de los sistemas de control y monitoreo”.

Ley No. 81 de Medio Ambiente

Aprobada en la Asamblea Nacional del Poder Popular de fecha 11 de julio de 1997, con el fin de establecer una legislación ambiental acorde con las nuevas condiciones nacionales e internacionales referidas a esta materia, así como, a las previsiones de futuro para el desarrollo socioeconómico del país y su participación en los programas internacionales y regionales de Medio Ambiente aprobados en diferentes foros. Esta refleja el reconocido esfuerzo del Estado Cubano, respecto a la protección del medio ambiente, en el marco de una política de desarrollo consagrada a lo largo de cuatro décadas de transformaciones, tanto políticas como socioeconómicas.

Esta Ley en su Artículo 18 contempla los instrumentos de la Política y la Gestión Ambiental incluyendo: La Estrategia Ambiental Nacional, el Programa Nacional de Medio Ambiente y Desarrollo y los demás programas, planes y proyectos de desarrollo económico y social.

El artículo 122 de esta ley establece la obligatoriedad de las entidades o personas naturales de rehabilitación de las áreas minadas para la cual define los términos y condiciones que establezcan de conjunto el Ministerio de la Agricultura, el CITMA y el MINBAS (actual Ministerio de Energía y Minas).

Ley 76 de Minas

Establece la política minera y las regulaciones jurídicas de dicha actividad de manera tal, que garanticen la protección, el desarrollo y el aprovechamiento racional de los Recursos Minerales en función de los intereses de la Nación, trazando directivas obligatorias controladas por los funcionarios del Gobierno vinculados con esta actividad. Esta Ley contempla en el Artículo 41 en las

obligaciones generales de los concesionarios, entre otras lo siguiente: 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 afectadas.

El Artículo 43 plantea como obligaciones de los concesionarios de explotación entre otras lo siguiente: 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 competente, según el caso, creando los fondos financieros necesarios para estos fines.

Decreto - Ley No. 200: Plantea que a los fines de instrumentar la política ambiental nacional mediante una gestión ambiental adecuada, es esencial contar con un sistema de medidas administrativas ágil, eficaz y flexible, de modo que toda persona natural o jurídica, nacional o extranjera que infrinja la legislación ambiental vigente, poniendo en peligro o dañando el medioambiente, sea sancionada administrativamente en esta vía con independencia de otras responsabilidades que pudieran derivarse.

Ley Forestal No. 85

Esta es otra de las leyes relacionas con los recursos naturales con incidencia en la minería. En su Artículo 1 plantea:

- a) Establecer los principios y las regulaciones generales para la protección, el incremento y desarrollo sostenible del patrimonio forestal de la nación.
- b) Controlar los recursos del patrimonio forestal por medio de las regulaciones establecidas y de los órganos y organismos competentes.
- c) Promover e incentivar la repoblación forestal con fines económicos, de protección o sociales, así como los manejos silvícolas en plantaciones y bosques naturales.
- d) Conservar los recursos de la diversidad biológica asociados a los ecosistemas forestales.

e) Proteger los bosques contra los desmontes, las talas irracionales, los incendios forestales, el libre pastoreo, las plagas y enfermedades, así como de otras acciones que los puedan afectar.

f) Regular el uso múltiple y sostenible del patrimonio forestal y promover el aprovechamiento racional de los productos no madereros del bosque.

La Resolución No 132 del 2009 regula la realización del proceso de Evaluación de Impacto Ambiental en el país y plantea como sus objetivos:

a) Asegurar que los potenciales impactos ambientales sean debidamente previstos en una etapa temprana del diseño y la planificación del proyecto, mediante la identificación de las medidas para prevenir, mitigar, controlar, rehabilitar y compensar los posibles impactos negativos y realzar los posibles impactos positivos, así como la presentación de alternativas que los eviten o minimicen al máximo, para la toma de decisiones.

b) Examinar en qué forma el proyecto puede causar impactos a las comunidades, a otros proyectos de desarrollo social y al medio ambiente en general.

c) Propiciar la evaluación y la valoración económica de los efectos ambientales previstos y el costo de la reducción de los efectos ambientales negativos.

Además, recoge con claridad los casos en los cuales es obligatoria la EIA, especificando en el Artículo 8, (inciso e) Las actividades mineras.

La responsabilidad penal, así como la responsabilidad civil derivada de ésta ante los delitos medioambientales es recogida en la Ley No. 62 de 1988 (Código Penal), en la cual se reflejan las sanciones para el que dañe o ponga en peligro el medio ambiente.

En Cuba para la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental se tienen en cuenta los siguientes instrumentos legales: Programa Nacional de Medio Ambiente y Desarrollo; Ordenamiento Ambiental; Legislación Ambiental; Evaluación de Impacto Ambiental; Licencia Ambiental; Inspección Ambiental Estatal; Investigación y Desarrollo Científico y Tecnológico; Educación y Divulgación Ambiental; Instrumentos Económicos Ambientales; Indicadores Ambientales para la Toma de Decisiones; y Política Ambiental Internacional.

Otros instrumentos legales relacionados con la minería son:

- Decreto–Ley No. 57 Reglamento para la Evaluación y aprobación de proyectos técnicos de obra.
- Decreto No.100 Reglamento General de la Inspección Estatal.
- Decreto–Ley No.136 Del patrimonio forestal y fauna silvestre y sus contravenciones.
- Decreto–Ley No.138 De las aguas terrestres.
- Decreto No.180 Contravenciones de las regulaciones sobre el patrimonio forestal y la fauna silvestre.
- Decreto–Ley No. 200 De las contravenciones en materia de medio ambiente.
- Decreto–Ley No. 222 Reglamento de Ley de Minas.
- Decreto No.268 Contravenciones de las regulaciones forestales.
- Resolución No.130 Reglamento para la Inspección Ambiental Nacional.
- Decreto No.268 Contravenciones de las regulaciones forestales.
- Resolución No.286 Reglamento de la protección del medio ambiente y uso racional de los recursos naturales en la construcción.

Las normas ISO 14 000 también fueron adoptadas por Cuba y en este sentido se promulgaron las Normas ISO cubanas que reglamentan todo lo referente a la gestión ambiental de las empresas. A continuación alguna de estas normas:

- NC 14001:1998 Sistema de gestión ambiental. Especificación y directrices para su uso.
- NC-14024:1999 Etiquetas y Declaraciones Ambientales. Etiquetado Ambiental Tipo 1. Principios y Procedimientos.
- NC 14042: 2001 Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Evaluación del impacto del ciclo de vida. (ISO 14042: 2000, IDT).
- NC 14031: 2001 Gestión ambiental. Evaluación del desempeño ambiental. Directrices (ISO 14031: 1999, IDT).

- NC 14011:1998 Directrices para las auditorías ambientales - procedimientos de auditorías de y sistemas de gestión ambiental.
- NC23: 1999 Franjas forestales de las zonas de protección de embalses y cauces fluviales.
- NC 1020: 2014. Calidad del aire — contaminantes — concentraciones máximas admisibles y valores guías en zonas habitables.
- NC 26:2007. Ruido en zonas habitables. Requisitos higiénicos sanitarios.

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

CAPÍTULO II. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Introducción

En el presente capítulo se establece la metodología empleada en la investigación para la identificación, caracterización y evaluación de los impactos que se producen al medio ambiente producto de la explotación minera en la cantera El Pilón, principal objetivo de la presente investigación. La misma inició con la búsqueda de fuentes bibliográficas que permitieron establecer los métodos asequibles para el estudio geoambiental, estableciendo tres etapas fundamentales

2.2. Métodos de la investigación científica

En la Investigación se emplearon métodos empíricos y teóricos, entre los que se destacan los siguientes:

Métodos empíricos

- ✓ **Observación:** técnica utilizada para constatar “in situ” aspectos, datos e informaciones relacionadas con el objeto de estudio.
- ✓ **Entrevistas:** procedimiento empleado a los trabajadores a favor de obtener información relacionada con el objeto de estudio.
- ✓ **Consulta a expertos:** técnica que estuvo orientada a la identificación, caracterización y valoración de los impactos producidos por la explotación minera.

Métodos teóricos

- ✓ **Análisis documental:** criterio dirigido a la revisión, y búsqueda bibliográfica.
- ✓ **Histórico- lógico:** permitirán estudiar y valorar la situación ambiental que ha caracterizado la actividad antes y durante la investigación y establecer de forma lógica y coherente los fundamentos teóricos del proceso objeto de estudio.
- ✓ **Análisis y síntesis:** se empleará para la comprensión de la estructura del objeto y en la sistematización de los elementos teóricos necesarios para la fundamentación de la investigación.

- ✓ **Inducción y deducción:** permitirá evaluar el objeto de estudio, esto a la hora de interpretar los resultados obtenidos, así como, al tiempo de proponer las medidas para minimizar o corregir los impactos negativos.
- ✓ **El hipotético-deductivo:** para la formulación y verificación de la hipótesis.
- ✓ **Métodos estadísticos:** necesario para el análisis cuantitativo y cualitativo de los datos.

Tipo de investigación: Explicativa porque busca las causas que provocan el problema en estudio.

Etapas metodológicas de la investigación

Las etapas metodológicas de la investigación conllevan un trabajo de forma lógica, para lograr mostrar la estrategia a seguir durante el estudio ambiental. El cumplimiento de sus etapas se muestra en la figura 2.1.

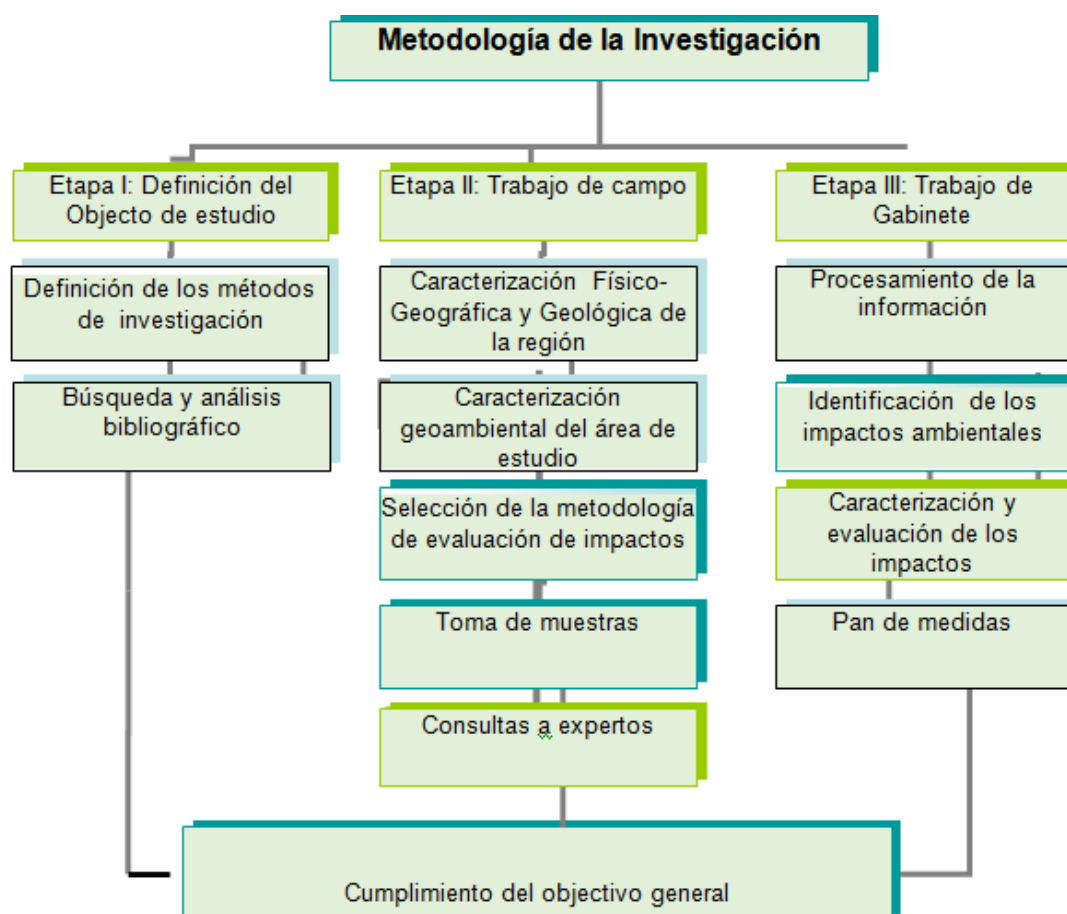


Figura 2.1. Etapas metodológicas de la investigación

2.3. Desarrollo de las etapas metodológicas

Etapas I: Preliminar

El objetivo de esta etapa radica en definir el área de estudio y las características del proyecto.

En su desarrollo se enuncia el problema, objetivos, la hipótesis, se definen los métodos de trabajo y se hace búsqueda de información bibliográfica, través de la revisión de una serie de artículos científicos, trabajos de diploma, tesis de maestría, doctorales, sitios web de internet especializados en el tema y otros documentos relacionados.

Se empleó como fuente secundaria los libros de resúmenes de eventos, fundamentalmente de las convenciones cubanas de ciencias de la tierra (GEOCIENCIAS), CINAREM (2009, 2013, 2015), y Acta del VII Congreso Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental de Madrid 2013.

Entre las fuentes primarias utilizadas se encuentran las tesis de diploma, doctorales, los trabajos presentados en los eventos GEOCIENCIAS (15 trabajos), CINAREM (22 trabajos), los artículos en publicaciones periódicas tales como la revista “Minería y Geología” del ISMM, la revista “Luna Azul”, la revista Cubana de “Higiene y Epidemiología”, la revista “Macla” de la Sociedad Española, y otras.

Luego de haber desarrollado la búsqueda bibliográfica de dicha información, se comenzó a procesar e interpretar los datos obtenidos previamente para posteriormente ser llevados a formato digital como parte de la memoria escrita del trabajo y también como documentos gráficos incluidos.

Etapas II: Trabajos de Campo

En esta etapa se realiza la caracterización físico-geográfica de la región y geoambiental del área de estudio, a partir de la información recopilada y por la observación directa en el área donde se desarrolla el proyecto. Se identificaron las principales acciones que se desarrollan durante esta etapa susceptibles de producir impactos, para lo cual se emplearon métodos y técnicas de investigación en conformidad al objeto de estudio, tales como, análisis de la información, consulta de experto a través de entrevista y consultas a los

responsables y trabajadores del yacimiento, y se seleccionó el método de evaluación de impactos.

Al diagnosticar y evaluar los elementos relacionados con el medio físico natural, se obtiene una perspectiva amplia de los problemas existentes en la zona de estudio.

2.4. Caracterización Físico-Geográfica y Geológica de la región, y geoambiental del área de estudio

En este epígrafe se exponen las características generales del municipio Mayarí, teniendo en cuenta que para el estudio Geoambiental es necesario realizar la evaluación de las condiciones físico geográficas y geológicas del municipio que influyen directamente en las características ingeniero-geológicas del macizo rocoso y los suelos en general, lo cual permite determinar las zonas de mayor degradación ambiental producida por la explotación de georecursos en el municipio.

Entre las principales características a evaluar que inciden en las condiciones ingeniero-geológicas se encuentran las siguientes: clima de la región, relieve, geológica, movimientos tectónicos y fenómenos sísmicos, condiciones hidrológicas superficiales y subterráneas, desarrollo de procesos y fenómenos geológicos.

En la caracterización geoambiental del área de estudio se analiza y se expone los siguientes aspectos: la geología, las propiedades físico-mecánicas de las rocas que componen el yacimiento, condiciones hidrográficas, geomorfología, biodiversidad, el estado actual del medio ambiente, características cualitativas del mineral, característica socioeconómica y cultural, las etapas de desarrollo del proyecto, la estructura de los trabajos mineros así como la productividad y régimen de trabajo en la cantera.

2.5. Productividad y régimen de trabajo en la cantera

En el cálculo de la productividad se determina primero el valor estimado de la productividad anual de la cantera, considerando la producción de los últimos años, los volúmenes extraídos, el estado técnico de la planta procesadora, así como, el equipamiento utilizado.

Productividad diaria de la cantera

La productividad diaria se determina por la relación productividad anual estimada y los días efectivos de trabajo.

$$P_d = P_a / D_e \quad (2.1)$$

P_d : Productividad por día de la cantera, m^3/h ; P_a : Productividad anual de la cantera, m^3 ; D_e : Días efectivos de trabajo.

- **Productividad anual de la cantera**

En el cálculo de la productividad anual de la cantera es necesario considerar las pérdidas de explotación (pérdidas durante la voladura y transportación).

$$P_a = N_{mp} / (1 - K_1) (1 - K_2) K_e \quad (2.2)$$

Donde:

P_a ; Productividad anual de la cantera, N_{mp} ; Necesidad de materia prima para la planta, K_1 ; Coeficiente que tiene en cuenta las pérdidas de material útil por efecto de las voladuras (0,0025), K_2 ; Coeficiente que tiene en cuenta las pérdidas de materia prima útil por efecto de la transportación (0,003) y K_e ; Coeficiente de esponjamiento (1,5).

2.6. Selección del método para la evaluación de los impactos

En el presente estudio se aplicó la metodología Criterios Relevantes Integrados (CRI) de Buroz (1990), para la evaluación de los impactos ambientales. El método de CRI está basado en un análisis multicriterio, partiendo de la idea de que un impacto ambiental se puede estimar a partir de la discusión y análisis de criterios con valoración ambiental, los cuales se seleccionan dependiendo de la naturaleza del proyecto.

Esta es una metodología ventajosa, simple de usar y de comprender. Este método permite el estudio pormenorizado de las acciones e impactos, la esquematización de los resultados de la EIA. Constituye esta una técnica excelente para la identificación y análisis de los impactos ambientales, además, de que facilita la descripción de cada impacto en su medio y su efecto en detalle para luego evaluarlo cuantitativamente a partir de los criterios de

evaluación. Este método consiste en asignar valores a los efectos adversos relevantes de acuerdo a los criterios de extensión, intensidad, duración, reversibilidad y riesgo, para de esta manera alcanzar el valor de impacto ambiental por efecto y la jerarquización de los mismos.

2.6.1. Características de la metodología CRI

Para identificar los impactos que están operando o interactuando sobre el área previamente seleccionada, es requisito indispensable conocer las diferentes actividades que se generan durante la ejecución del proyecto y las cuales producen efectos sobre el medio físico, biológico y socio-económico.

A continuación se señala el orden que refieren los impactos según el medio afectado:

Medio Físico	MF - 01
Medio Biológico	MB - 01
Medio Socioeconómico	MSE - 01

La metodología CRI, considera como indicadores de impactos los siguientes:

- **Intensidad (I):** cuantificación de la fuerza, peso o rigor con que se manifiesta el proceso o impacto puesto en marcha.
- **Extensión (E):** influencia espacial o superficie afectada por la acción antrópica. Es decir, Medida del ámbito espacial o de superficie donde ocurre la afectación.
- **Duración (D):** lapso o tiempo que dura la perturbación. Período durante el cual se sienten las repercusiones del proyecto o número de años que dura la acción que genera el impacto.
- **Reversibilidad (Rv):** la posibilidad o dificultad para retornar a la situación actual.
- **Riesgo (Ri):** probabilidad de que el efecto ocurra.

La escala de valores para todos los indicadores estará comprendida entre 1 y 10.

Este método considera que el valor del impacto ambiental (VIA), se genera por una acción que es producto de las siguientes variables, tal como se ilustra en la figura 2.2.

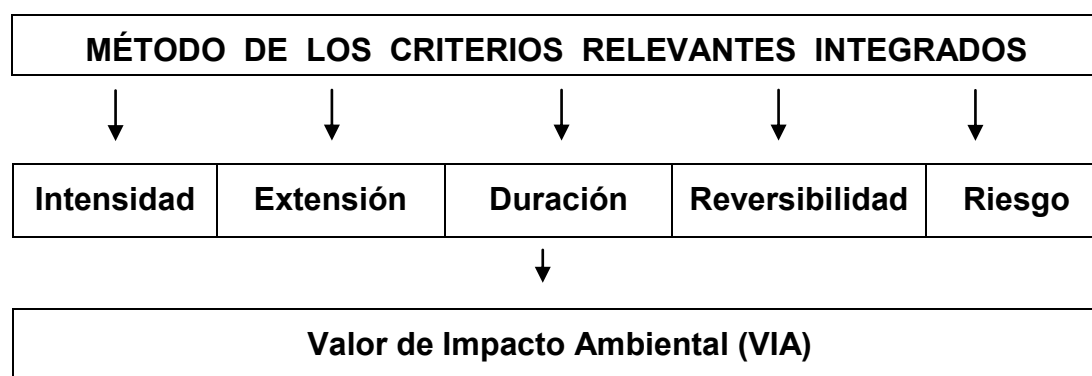


Figura 2.2. Diagrama para determinar el Valor de Impacto Ambiental. Fuente: Buroz, (1990).

En la valoración de los indicadores se debe tener en cuenta que en función del valor atribuido a cada indicador se califica los impactos, como se observa a continuación en la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Escala de valoración de los indicadores

Valor	Intensidad	Extensión	Duración	Reversibilidad	Riesgo
6-10	Alta	Generalizada > 75%	Larga (>5años)	Irreversible (baja capacidad o irrecuperable)	Alto (>50%)
3-5	Media	Local o Extensiva 10% - 75%	Media (2>5 años)	Medianamente reversible de 11 a 20 años, largo plazo	Medio (10 a 50%)
1-2	Baja	Puntual < 10 %	Corta (<2 años)	Reversible (a corto plazo <de 10 años)	Bajo (<10%)

Fuente: Buroz, (1990).

Luego de asignar valores a cada una de las variantes se procede a calcular el valor de impacto ambiental (VIA).

$$VIA = I \times W_i + E \times W_e + D + W_d + R_v \times W_{Rv} + R_i \times W_{Ri} \quad (2.3)$$

Donde:

I: Intensidad, E: Extensión, D: Duración, Rv: Reversibilidad, Ri: Riesgo, Wi: Peso con que se pondera la intensidad, We: Peso con que se pondera la extensión, Wd: Peso con que se pondera la duración, WRv: Peso con que se pondera la reversibilidad, WRi: Peso con que se pondera el riesgo.

La prueba del método en numerosos proyectos indicó la necesidad de diferenciar el peso de cada indicador. Los diferentes análisis indicaron que los mejores resultados se obtenían con la ponderación mostrada en la tabla 2.2.

Tabla 2.2. Criterios de evaluación y peso asignado, Buroz (1990).

Indicador	Peso (%)
Intensidad	30
Extensión	20
Duración	10
Reversibilidad	20
Riesgo	20

Los resultados de la evaluación se reflejan en la ficha descriptiva que recoge los elementos fundamentales y se muestra a continuación:

Jerarquización de los impactos (JIA):

Nombre / Código:

Descripción:

Para la JIA, una vez que se han aplicado las metodologías pertinentes, para identificar los impactos ambientales, se ordenan de mayor a menor valor (Tabla 2.3), con el fin de establecer prioridades, en cuanto a las propuestas y ejecución de medidas.

Tabla 2.3. Jerarquización de los impactos a partir del (VIA)

Categoría	Ocurrencia	Valor de VIA
I	Muy alta	$VIA > 8$
II	Alta	$6 < VIA \leq 8$
III	Moderada	$4 < VIA \leq 6$
IV	Baja	$VIA \leq 4$

Fuente: Buroz, (1990).

El VIA permite establecer las medidas ambientales de prevención, mitigación o corrección en función de las categorías asignadas:

- **CATEGORÍA I.** Probabilidad de ocurrencia muy alta. $VIA \geq 8$. Máxima atención. Medidas preventivas para evitar su manifestación.
- **CATEGORÍA II.** Probabilidad de ocurrencia alta. $6 < VIA < 8$. Medidas mitigantes o correctivas (preferiblemente estas últimas). Normalmente exigen monitoreo o seguimiento.
- **CATEGORÍA III.** Probabilidad de ocurrencia moderada. $4 < VIA < 6$. Medidas preventivas, que pueden sustituirse por mitigantes, correctivas o compensatorias cuando el impacto se produzca, si aquéllas resultaran costosas.
- **CATEGORÍA IV.** Probabilidad de ocurrencia baja o media. $VIA \leq 4$. No se aplican medidas, a menos que se trate de áreas críticas o de medidas muy económicas.

2.7. Técnicas estadísticas para la elaboración de los resultados

Una vez seleccionada la metodología se realiza el muestreo relacionado a polvo y ruido en el yacimiento, para fundamentar la evaluación de los impactos producidos con base en las técnicas estadísticas como se muestra a continuación.

2.7.1. Determinación de la muestra

El tamaño de la muestra que se utilizó en el estudio de los niveles de concentración de polvo y de ruido se determina a partir de las ecuaciones y

tablas que se muestra a continuación. Esto permitió especificar el grado de precisión y exactitud escogidos para indicar la representatividad de los resultados que se obtienen.

$$n_0 = \left(\frac{z}{\varepsilon} \right)^2 * p * q \quad (2.4)$$

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}} \quad (2.5)$$

Donde:

n_0 : Cantidad teórica de elementos de la muestra, n : Cantidad real de elementos de la muestra a partir de la población asumida o de los estratos asumidos en la población, N : Número total de elementos que conforman la población, o número de estratos totales de la población, z : Valor estandarizado en función del grado de confiabilidad de la muestra calculada, q : Probabilidad de la población que no presenta las características, p : Probabilidad de la población que presenta las características.

Tabla 2.4. Valores estandarizados (z) en función de grado de confiabilidad (Freud *et al.* 1992; Moráguez, 2016)

Para un: 99 %	$z = 2,58$ (Empleado con frecuencia)
95 %	$z = 1,96$ (El más empleado)
90 %	$z = 1,64$

ε : Error asumido en el cálculo. Toda expresión que se calcula contiene un error de cálculo debido a las aproximaciones decimales que surgen en la división por decimales, error en la selección de la muestra, entre otras, por lo que este error se puede asumir entre un 1 hasta un 10 %; es decir, que se asume en valores de probabilidad correspondiente entre un 0,01 hasta un 0,1. No obstante, se propone la siguiente tabla 2.5 para valores óptimos del error en el cálculo del número de estratos de una muestra (Freud, *et al.* 1992; Moráguez, 2016).

Tabla 2.5. Valores óptimos del error

Para $3 \leq N \leq 10$	Se asume $\varepsilon = 0,1$ (un error del 10 %).
Para $N > 10$	Se asume $\varepsilon = 0,05$ u $< 0,1$ (un error del 5 u < 10 %).

q: probabilidad de la población que no presenta las características.

Este es un parámetro muy importante, mediante el mismo se asume qué por ciento o proporción de la muestra no puede presentar las mismas características de la población, debido a diversos factores subjetivos y objetivos de los individuos u objetos que conforman la población. Muchos autores plantean esta probabilidad entre un 1 hasta un 25 %, otros asumen, cuando no se conoce esta variable asumir el valor máximo de 50 %. Del estudio realizado por este autor se propone la siguiente tabla 2.6.

Tabla 2.6. Valores de probabilidad de la población que no presenta las características (Freud *et al.* 1992; Moráguez 2016)

Para $3 \leq N \leq 19$	Se asume $q = 0,01$ (un 1 %).
Para $20 \leq N \leq 29$	Se asume $q = 0,01$ hasta 0,02 (del 1 al 2 %).
Para $30 \leq N \leq 79$	Se asume $q = 0,02$ hasta 0,05 (del 2 al 5 %).
Para $80 \leq N \leq 159$	Se asume $q = 0,05$ hasta 0,10 (del 5 al 10 %).
Para $N \geq 160$	Se asume $q = 0,05$ hasta 0,20 (del 5 al 20 %)

p: Probabilidad de la población que presenta las características. Dicho de una forma más comprensible, es la probabilidad que tiene la muestra en poseer las mismas cualidades de la población (homogeneidad) y está determinada por:

$$\text{Como } p + q = 1 \text{ (Probabilidad máxima)} \Rightarrow p = 1 - q \quad (2.6)$$

2.7.2 Determinación de la cantidad de replicas

Para aumentar la representatividad y considerar la incertidumbre de los resultados en la determinación de los parámetros del lodo se efectuaron tres mediciones para cada parámetro, las cuales se analizan sobre la base de criterios estadísticos. Las expresiones matemáticas y procedimientos que se utilizaron en el análisis son las que se plantean a continuación.

- Muestro aleatorio simple

La cantidad de réplicas a realizar para evaluar la tendencia se determinó tomando como referencia el siguiente modelo para el cálculo, de acuerdo con lo expuesto por Miller *et al.*, (2005).

$$n = \left(Z_{\alpha/2} \cdot \frac{\sigma}{E} \right)^2 \quad (2.7)$$

Z - Estadístico de la distribución normal;

α - Nivel de significancia;

σ - Desviación típica poblacional;

E- Error máximo de estimación.

- Límites de control del ruido y polvo

En esta investigación se utilizó el límite de control estadístico en el análisis de los resultados para ilustrar si los datos tienen un comportamiento normal o anormal.

Para analizar los datos obtenidos durante la medición del ruido y polvo, se aplicará una de estas técnicas gráficas, el diagrama para control de mediciones.

El análisis estadístico de la medida de la tendencia central se efectúa aplicando las expresiones matemáticas que se referencian a continuación (Miller *et al.*, 2005):

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} X_i}{n} \quad (2.8)$$

$$L_{tm\acute{a}x} = \bar{X} + K * S \quad (2.9)$$

$$L_{tm\acute{i}n} = \bar{X} - K * S \quad (2.10)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(X_i - \bar{X} \right)^2}{n-1}} \quad (2.11)$$

Donde:

$\bar{X}$ - Es la media aritmética de las mediciones realizadas del correspondiente parámetro;

S - Es la desviación típica de la muestra;

t - Es el estadístico de la distribución probabilística de Student.

n - Es el total de observaciones;

μ - Es la media de la norma estándar;

$L_{tm\acute{a}x}$ - Es el límite superior de tolerancia para el correspondiente parámetro;

$L_{tm\acute{i}n}$ - Es el límite inferior de tolerancia para el correspondiente parámetro;

K - Es el estadístico de la distribución probabilística de Gauss, y se determina en la tabla del libro de Probabilidad y estadística para ingenieros (Miller *et al.*, 2005) en función del nivel de significancia α .

En caso que existieron valores anormales, al determinar los límites de control, se eliminaron procediendo como se indica a continuación de acuerdo con (Hernández 1986):

Para el conjunto de valores obtenidos en la medición se calculan $\bar{X}$ y S (teniendo en cuenta en estos cálculos incluso aquellos valores considerados sospechosos).

- Se establece el intervalo dado por la ecuación $LT = \bar{X} \pm K * S$ y se elimina por considerarse como anormales todos los valores que queden fuera del intervalo establecido.
- Se realizan nuevamente los cálculos necesarios para expresar el resultado elaborado o final, sin considerar como es lógico, los valores anormales.

Para evitar la pérdida de información se puede hacer transformaciones de las observaciones para aproximarse a la normalidad de acuerdo con Miller *et al.* (2005).

- Prueba de hipótesis

La prueba de hipótesis estadística se empleó en el análisis de los resultados de esta investigación, para definir si se rechaza la hipótesis nula (H_0) o la alterna (H_1). Esto es relativo a la comparación entre los niveles de ruido y de concentración de polvo real en el proceso y los establecidos por norma. De manera general el procedimiento consistió en el desarrollo de los siguientes pasos.

1. Definición de las hipótesis

Hipótesis nula (H_0): no existe diferencias significativas entre las medias ($\bar{X} = \mu$).

Hipótesis alterna (H_1): existe diferencias significativas entre las medias ($\bar{X} > \mu$).

2- Nivel de significancia

$\alpha = 0,05$

3. Criterio de rechazo de la hipótesis nula:

Se rechaza la hipótesis nula si $t > t_\alpha$ con $v = n - 1 = 29 - 1 = 28$ grados de libertad, donde t_α es el estadístico de la distribución Student y adquiere en este caso el valor de 1,699, n es la cantidad de observaciones consideradas en el cálculo y t se determinó por la fórmula, 2.12 (Miller *et al.*, 2005), que se muestra a continuación.

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{S/\sqrt{n}} \quad (2.12)$$

Si la muestra es grande (n mayor que 30), se debe cambiar el estadístico t , conocido como el estadístico de probabilidad de Student, por el estadístico de la distribución de Gauss (Z).

4. Cálculo: El cálculo para la prueba se efectuó utilizando la herramienta de análisis de datos en el programa tabulador Microsoft Excel.

5. Decisión: La decisión se tomó sobre la base del criterio de rechazo definido en el paso tres del procedimiento.

2.8. Instrumentos utilizados en la toma de las muestras

Durante el diagnóstico se utilizaron materiales, y técnicas novedosas. Estos materiales y técnicas estuvieron encaminados a orientar y apoyar la cartografía que se realizara durante los trabajos de campo, así como, para evaluar el estado medio ambiente. Entre los materiales, equipos y técnicas empleadas se encuentran:

- Imágenes satelitales de alta resolución

En la delimitación cartográfica de las zonas afectadas por la minería y áreas de difícil acceso, se emplearon las imágenes IKONOS de alta resolución con resolución espacial 1m, color verdadero. El sistema de referencia empleado fue la proyección geográfica longitud/latitud Datum WGS 84 (EPSG: 4326), método Bursa-Wolfe (7-parámetros). Las imágenes se procesaron con el software ENVI versión 4.5, herramienta que a partir de la cual se confeccionó el modelo digital del terreno que ocupa el yacimiento (Figura 2.3).



Figura 2.3. Imagen aérea del yacimiento

- Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

Durante los trabajos de campo se hubo de delimitar cartográficamente las principales áreas afectadas. Durante estas labores se empleó un equipo de posicionamiento global (GPS) de la marca Garmin 60 Csx con una precisión de más menos 1 metro. Los puntos de GPS conjuntamente con las imágenes satelitales permitieron precisar la ubicación exacta de la cantera (Figura 2.4).



Figura 2.4. GPS Portátil

2.8.1 Mediciones de Polvo y de Ruido

Con la finalidad de conocer la calidad del aire, se determinó el grado de dispersión de las partículas de polvo y los niveles de ruido en la cantera y su área de influencia.

2.8.1.1. Características del instrumento para la determinación de polvo

En el presente trabajo, se diseñó una red de punto para medir in situ la cantidad de partículas y tipo de polvo en suspensión mediante el instrumento meteorológico Sigma2 con la referencia D-79294 de origen alemán (Figura 2.5). Se tomaron muestras de 24 horas en 29 puntos. Las partículas fueron colectadas sobre un portaobjeto recubierto de una fina capa de Bálsamo de Canadá.



Figura 2.5. Sigma2.

Las mediciones fueron realizadas colocando el equipo a una altura de 1.50 metros teniendo en cuenta, que esa es la altura promedio de las fosas nasales y de los oídos para una persona parada o en movimiento, (Figura 2.6 y 2.7). En cuanto a lograr su representatividad espacial la red diseñada respondió a los principales cruces de caminos para el transporte del mineral en el área del yacimiento (de mayor emisión de polvo), puntos cercanos a la planta de preparación mecánica, en el área administrativa y en los poblados más cercanos a la cantera.



Figura 2.6. Recoleta in situ de polvo en suspensión



Figura 2.7. Determinación de ruido en el poblado El Pílon

Análisis morfoscópico

El conteo de partículas se realizó en un microscopio petrográfico marca JENAPOL de la CARL ZEISS de JENA, con luz natural reflejada en aire y se utilizó un ocular 10X y objetivo 20x/0.40 mediante el cual se cubre un campo visual de $0,636 \text{ mm}^2$ (Figura 2.8). Se tomaron 4 campos distribuidos uniformemente en la superficie de los portaobjetos y se contaron las partículas depositadas en cada una de las 4 zonas delimitadas por la cruz filar colocada en el objetivo. Se realizaron conteos de las partículas mayores o igual a $0,03\text{mm}$ por cada muestra, y se tomaron los promedios.



Figura 2.8. Conteo de partículas

Análisis gravimétrico del polvo en suspensión

En el análisis gravimétrico se utilizó una balanza analítica de marca Sartorius, modelo BS 124S, capacidad máxima 120 g y con una precisión de 0,1mg (Figura 2.9). A partir de la diferencia de pesadas entre los porta objetos antes y después de ser expuestos, y se calcularon los valores medios.



Figura 2.9. Pesaje de las muestras

2.8.1.2. Características del instrumento para mediciones del ruido ambiental

De igual manera se hicieron mediciones de ruido ambiental en todos los puntos, se midió el ruido utilizando un sonómetro de marca UNI-T, modelo UT352, con resolución de 0.1Db, con la precisión $\pm 1.5\text{dB}$, cuya región de

frecuencia y el rango de los niveles abarcados es de 31.5~8kHz y de 30 a 130 dB respectivamente (Figura 2.10).



Figura 2.10. Sonómetro utilizado en las mediciones de ruido ambiental

Las mediciones se realizaron siguiendo los siguientes aspectos metodológicos:

- el sonómetro se encontraba debidamente verificado y con alta técnica.
- antes de cada trayectoria de medición se calibró el sonómetro de forma integral que provee un sonido de banda estrecha con nivel sonoro de 94 y 110 dB, conforme las indicaciones de la ficha técnica.
- en cada punto se hicieron 3 determinaciones en horas de la mañana (9:00 a 12:00 am) y de la tarde (de 3:00 a 5:00 pm).

2.9. Características del instrumento para la determinación de distancia

En la determinación de la distancia entre los puntos se utilizó el distanciómetro de marca Leica DISTO™, modelo D5766548b de alcance 200 metros. Antes de realizar las mediciones el distanciómetro fue calibrado conforme las indicaciones del manual instrucción (Figura 2.11).



Figura 2.11. Distanciometro

Etapa III: Trabajo de Gabinete

En esta etapa se procesa toda la información obtenida en la etapa de campo, los datos fueron procesados con la ayuda de programas informáticos y herramientas tales como el Excel, Surfer.12 y **ArcGIS 10.3**. Se identifican, se caracterizan y valoran los impactos según la metodología a seleccionada, y se elaboran las medidas para prevenir, minimizar los impactos negativos.

CAPÍTULO III

ANALISIS DE LOS RESULTADOS

CAPÍTULO III. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

3.1 Introducción

En este capítulo se exponen y analizan los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación, a partir de la utilización de los materiales y métodos descritos en el capítulo II. Para el presente capítulo se establece como objetivo: analizar los resultados obtenidos a partir de la aplicación de los procedimientos descritos en el capítulo anterior.

3.2. Caracterización físico-geográfica de la región y geoambiental del área de estudio

La descripción Físico-Geográfica y Geológica de la región se muestra en el anexo 1.

La cantera El Pílon comenzó a funcionar en 1961 y se localiza al este de la ciudad de Mayarí a unos 7 Km aproximadamente, en el poblado con el mismo nombre, a 1 kilómetro al Sur de la carretera central Mayarí-Levisa, con las siguiente coordenadas Lambert, X = 624 600 - 625 000, Y =221 000 - 221 300. En la figura 3.1, se muestra la ubicación del área de estudio

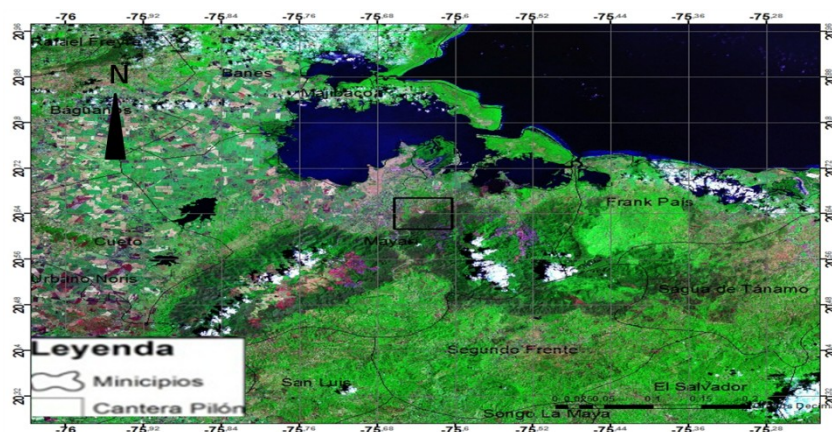


Figura 3.1. Ubicación del área de estudio

➤ Geología

El Pílon desde el punto de vista geológico pertenece al anticlinorium Mayarí-Baracoa y está conformado por calizas pertenecientes a la Formación Charco Redondo, que datan del Eoceno Medio. Son calizas órgano detríticas, brechozas en los horizontes superiores y estratificados en profundidad, y su color varía desde el blanco grisáceo y blanco cremoso hasta rosado.

El cuerpo de mineral útil se extiende hasta la cota +50 y el mismo tiene una yacencia monoclinical, con un ángulo de buzamiento suave de 5-10 grados y una dirección NW-SE. En esta área existe un gran desarrollo del carso tanto superficial como subterráneo, representado por diente de perro y un sistema de cavernas, algunas de las cuales han alcanzado un ancho de hasta 25 m y profundidades superiores a los 30 m. Las de mayores dimensiones de carso están protegidas y preservadas para otros fines, fundamentalmente militares.

El basamento de la secuencia carbonatada está constituido por serpentinita de color verdoso, con grietas que en ocasiones aparecen rellenas de carbonato de calcio.

Según la litología son rocas muy duras, compactas de color blanco y blanco cremoso menos frecuentemente con tonalidades rosáceas que yacen masivamente formando grandes espesores. En general son calizas muy puras con un contenido muy alto de CO_3Ca , solo se observan componentes terrígenos en los conglomerados calcáreos en que aparecen pequeños clastos de cuarzo en cantidades de 1 a 2 %. Se subdividen en 4 tipos principales de arriba hacia abajo: Calizas órgano brechosas; Organógenas y Órgano detríticas; Estratificadas y Serpentinitas (encajantes).

- **Calizas órgano brechosas:** conforman la inmensa mayoría de las reservas útiles de esta zona. Son rocas duras compactas, masivas, agrietadas, de colores que van desde el blanco amarillento hasta el rosado claro, generalmente estas rocas conforman la parte superior del yacimiento con una potencia variable desde 3 m en el pozo #43 hasta 65 m en el pozo # 11- A. Es en estas rocas brechosas donde se localizan la inmensa mayoría de las manifestaciones cársicas y principalmente hacia la parte central y suroeste del yacimiento, cerca del frente de cantera, representado por grandes cavernas vacías y rellenas.
- **Calizas organógenas y órgano detríticas:** estas rocas se localizan por debajo de la capa de caliza brechosa, recrystalizada, con muchos restos fósiles, sus colores varían desde el blanco gris hasta el rosado muy claro. Las potencias de estas rocas varían desde los 3 m como mínimo en el Pozo # 43 hasta 13 m como máximo en el pozo # 74. En la figura 5 se observan Imágenes de rocas calizas órgano brechosas y órgano detríticas (Anexo 2).

Las rocas calizas organógenas y órgano dendríticas poseen una capa, la cual es cortada por casi la totalidad de los pozos, donde se mantienen más o menos constante por el rumbo y buzamiento, sus propiedades físico mecánicas son más o menos estables y similares a los de la caliza brechosa, pero con tendencia a ser más bajos.

La porosidad tiende a ser algo mayor que en las calizas brechosas, pues tienen valores de hasta 15 % al igual que las dimensiones de los poros, que aumentó hasta un milímetro y en ocasiones mayores. En estas rocas de porosidad alta es donde disminuyen los valores de la resistencia a la compresión. Estas en su mayoría se encuentran agrietadas y los testigos están poco conservados.

- **Calizas estratificadas:** estas calizas son las menos potentes dentro de las secuencias de rocas carbonatadas que componen el yacimiento. Su potencia oscila desde 5 m en el pozo 43 hasta 15 m en el pozo 14 – A, son rocas duras, masivas, compactas de granos muy finos, con colores que van desde el gris al gris verdoso. Estas rocas se presentan estratificadas, en cuyos planos de estratificación se observa un material arcilloso carbonatado de color verdoso y en ocasiones pardo. En esta capa de calizas estratificadas es muy clara su posición en el corte y es donde mejor se pueden medir los elementos de yacencia. El anexo 3 muestra imagen de calizas estratificadas.

La carsificación es un proceso químico natural, similar al proceso de corrosión. Este proceso está condicionado por la presencia de factores geológicos y geográficos que ocurren en cientos y miles de años (Fagundo *et al.* 2016). En el yacimiento las manifestaciones cársicas están muy desarrolladas y son de gran importancia para el cálculo de reservas. Estas se pueden subdividir en 2 grupos: Carso superficial y subterráneo.

- a) Carso superficial: en la superficie el carso se localiza como cavernas vacías de 20 m de profundidad por 4 – 5 m de ancho generalmente en forma de embudo. También se localiza el diente de perro como resultado de este proceso.

El volumen del carso superficial presente en esta zona fue estimado en 10008 m³ (Mena, 2015), y el mismo se localiza principalmente en la parte central y suroeste del yacimiento, desarrollándose este fundamentalmente en la caliza

brechosa. Las cavernas superficiales se presentan en 2 formas diferentes: 1 como grandes cavernas amplias con 1 ó 2 pisos con un ancho promedio de 20 – 25 m, de profundidad y una abertura relativamente pequeña en la superficie. En la figura 7 se observa el Carso superficial. Ver anexo 4.

La otra forma de manifestación de las cavernas en la superficie es en forma de embudo de aproximadamente 20 m de profundidad con una abertura en la superficie de 2 – 7m. En el fondo de estas cavernas se localizan ramificaciones, que posibilitan la comunicación entre una y otra caverna. En estas formaciones se localizan además algunos bloques de calizas mezcladas con arcillas pardas rojizas.

- b) Carso subterráneo: según las perforaciones de los pozos realizados en el yacimiento se determinó la existencia de manifestaciones cársicas en gran escala, representadas por cavernas rellenas y vacías. El carso subterráneo, que aparece en esta zona se desarrolla fundamentalmente en la parte central aledaña a la cantera.
- **Serpentinitas:** las rocas ígneas conforman el basamento de la secuencia carbonatada, con relaciones tectónicas evidentes entre ellas, son de color verdoso, agrietadas, fracturadas en vetas de calcitas. Su potencia no se puede determinar en el yacimiento, pero todo parece indicar que son potentes mantos de cabalgamiento emplazados a finales del Cretácico Superior Maechtrichtiano.

El contacto de las serpentinas con la caliza es de tipo teutónico. Este contacto aparece cerca del mismo una mezcla de serpentinitas y rocas carbonatadas, las serpentinitas afloran en todo el este del yacimiento y no entran en el cálculo de reserva, tal como se indica en el anexo 5.

Las condiciones hidrogeológicas del yacimiento son favorables para la explotación ya que el nivel freático no fue cortado por ningún pozo.

- Propiedades físico-mecánicas de las rocas que componen el yacimiento
- A continuación en la tabla 3.1 y 3.2 se exponen las propiedades físicas--mecánicas y las características estructurales del yacimiento.

Tabla 3.1. Propiedades físicas-mecánicas de las rocas

Resistencia a la compresión (MPa)	100
Peso volumétrico (g/cm ³)	1,80
Densidad (g/cm ³)	2,50
Porosidad %	11,13
Peso específico (g/cm ³)	2,50

Tabla 3.2. Características estructurales del macizo, (ENIA, 2002)

Parámetro Geométrico	Clasificación Elegida	Clasificación
RMD(Descripción del macizo)	20	10
		20
		50
JF(Espaciamiento entre juntas)	0,2	Pequeño <0,1m
		Intermedio (0,1 a 1m)
		Grande (> 1m)
RDI (Índice de densidad de las rocas)	-----	RDI=25(ρ)-50 ρ= 2,50
		10
HF=Fortaleza de las rocas	-----	10

➤ Condiciones hidrográficas

La red hidrográfica de la zona está conformada fundamentalmente por el arroyo (El Polo), cuyo curso es intermitente y corre a menos de 100 m del área del yacimiento con una dirección sudeste – noroeste. Como afluentes de este arroyo se encuentran otros arroyos, así como, numerosas cañadas, que sólo corren en tiempo de lluvia.

Las aguas subterráneas yacen a profundidades mayores de 12 m, y se alimentan de las precipitaciones atmosféricas. Además estas, similar a las aguas las superficiales, son dulces, con una mineralización menor que 1 g/l.

➤ Geomorfología

El relieve del área es montañoso, modificado por las acciones del proyecto, actualmente con cotas aproximadas de 60, 75 y 80m de explanación que interceptan los frentes de explotación. La máxima elevación está al SE con 137,6 m de altura.

• Modelo digital del terreno (MDT O MDE)

A través del modelo digital de elevación del área de estudio, que es la representación cuantitativa en un formato accesible a los computadores (o raster) de la topografía del terreno (figura 3.2), se puede apreciar las unidades morfológicas existentes (Legrá *et al.* 2014).

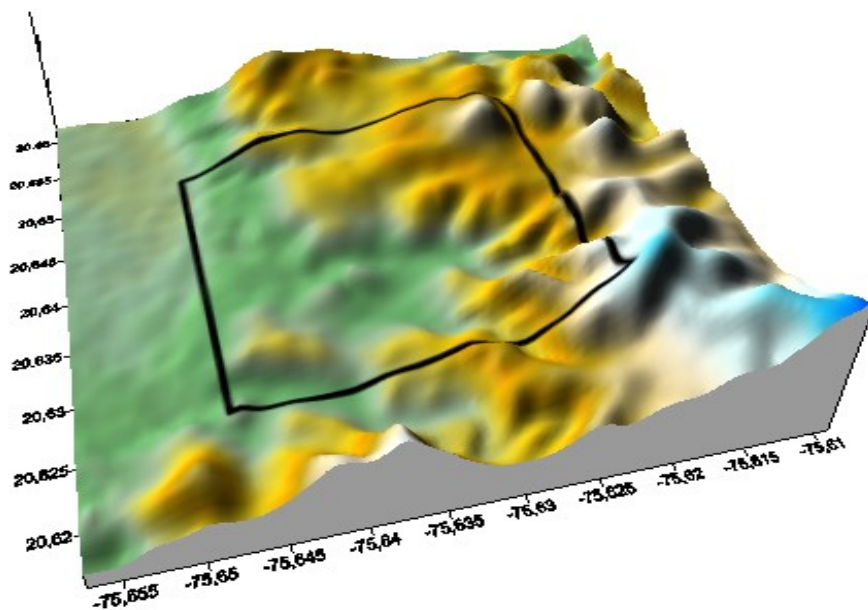


Figura 3.2. Modelo digital del terreno del área en estudio

➤ Biodiversidad

• Flora

La cantera de caliza, se encuentra situada en el distrito fitogeográfico Cristalense (Borhidi, 1996), una zona que contiene un elevado endemismo (Samek, 1973; Hernández, 2001, referenciado por Mulet *et. al.*, 2013). La

vegetación existente en esta zona paulatinamente ha ido desapareciendo, en la medida en que se han abierto nuevos frentes de explotación.

Actualmente en el área que refiere la cantera habitan especies pioneras, intrapófitas recurrentes, hemiagriófitas, así como, un gran número de especófitos son muestra palpable de la actividad antrópica y como testigo de la vegetación original solo quedan algunas especies que han renacido en las acumulaciones de bloques de caliza que han quedado en las áreas no explotadas hace algún tiempo.

- Fauna

La vegetación existente originalmente en el área de estudio sostenía comunidades de fauna higrófila de bosques semicaducifolios a los que eventualmente se le sumaban elementos (especies) de comunidades xerófilas provenientes de los charrascales aledaños y las formaciones cavernosas albergaban una rica y diversa fauna, correspondiente a este tipo de hábitat.

La fauna cavernícola ha sido una de las más impactadas debido a las explosiones; las poblaciones de murciélagos han desaparecido de muchas de las cuevas (de las que todavía se conservan) y con ellos toda una suerte de fauna guanofila asociada. Sin embargo aún hoy son utilizadas como refugio y nidificación de la golondrina de cuevas (*Pterochelidon fulva*) una especie migratoria, residente de verano que cría en Cuba.

➤ Caracterización socioeconómica y cultural

Cercano al área de la cantera se encuentra el asentamiento rural “El Pilón” que consta de aproximadamente 105 viviendas, con diferentes estilos constructivos, desde el típico bohío hasta otras más modernas del tipo chalet y una población estimada en 321 habitantes, dedicada al cultivo y a la silvicultura. Los cultivos de esta zona son fundamentalmente frutos menores y potreros, los bosques están más o menos desarrollados. Se componen de árboles maderables y arbustos. La actividad económica fundamental es la ganadería y en menor grado la agricultura.

3.3. Estado actual del medio ambiente

La calidad del aire se encuentra afectada por polvo y ruido fundamentalmente en las horas de extracción y procesamiento del mineral, específicamente por la

tecnología utilizada en el área del molino, que no es moderna, lo que unido a la circulación de los vehículos que trasladan el material, provoca, que grandes cantidades (superior a la concentración establecida por las normas) de polvo permanezca suspendido en la atmósfera, constituyendo un evidente peligro para la salud de los trabajadores, y del medio ambiente en general.

Los trabajos sistemáticos de la explotación de la cantera han provocado una total transformación de las condiciones ambientales del lugar, proceso que con el tiempo, ha ido cediendo paso a un paisaje totalmente degradado, en el cual predominan grandes excavaciones a diferentes niveles, separadas por taludes casi verticales de más de 3 m de alto.

La vegetación que existía en el lugar, característica de mesetas de este tipo, fue desapareciendo en la medida que se abrían nuevos frentes de explotación; provocando que las especies de la fauna fueran emigrando hacia zonas cercanas no afectadas por la actividad. Las poblaciones de murciélagos que habitaban en las cavernas fueron desapareciendo, al igual que la fauna guanófila. Se puede resaltar que el área que ocupa la cantera se encuentra totalmente antropizada, no obstante en sus alrededores es posible encontrar zonas que aún conservan la diversidad biológica.

Actualmente son varias las afectaciones al medio ambiente en el área de estudio. Estas afectaciones pueden agruparse de la siguiente forma: deforestación de los suelos, cambio de la topografía del terreno, variación de los sistemas ecológicos, almacenamiento de desechos sólidos y contaminación de la atmósfera por polvo y ruido.

3.4. Características cualitativas del mineral

Los trabajos de exploración geológica del yacimiento se realizaron con el fin de abastecer con reservas industriales (piedras trituradas, y arena artificial) a la planta trituradora clasificadora con una capacidad de 300 000 m³ / año. Las calizas de este yacimiento se utilizan para producir las piedras trituradas, sin embargo es necesario considerar, que estas rocas antes de su utilización deben ser evaluadas en correspondencia con las exigencias de las normas GOST; que se muestran a continuación.

1. GOST – 10268 – 70 Agregado para hormigón pesado

2. GOST – 8224 – 72 Hormigón para carreteras
3. GOST – 9128 – 76 Mezclas de hormigón asfáltico de carreteras, aeródromos y hormigón asfáltico.
4. GOST – 8267 – 75 Piedras trituradas de la piedra natural para los trabajos de construcción.
5. GOST – 8736 – 77 Arenas para los trabajos de construcción.

3.5. Etapas de desarrollo del proyecto

El proyecto se desenrolla teniendo en cuenta:

- Tala y desbroce - Supone la eliminación de la vegetación que abunda el área que se va a explotar. Estas labores se llevan a cabo a partir del empleo de maquinarias tales como: buldócer, cargadores y camiones de volteo.
- Destape - Consiste en destapar el mineral útil que es en este caso la caliza, así como, eliminar todo el estéril que yace sobre el material útil. Esta labor se lleva a cabo a partir del empleo de buldócer y cargadores.
- Extracción - Actividad que consiste en el arranque del mineral útil. Las labores de extracción se llevan a cabo empleando métodos de perforación y voladura, y también se utiliza la carretilla barrenadora y el compresor. Actualmente se perfora a una profundidad de 13 m, con una longitud de sobre perforación de 1m, obteniéndose escalones de aproximadamente 12 m.
- Carga - Para la carga tanto de las rocas ya sean estéril o mineral, se utiliza un cargador Volvo de 5 m³ de capacidad. Existe como equipo de carga complementario, la excavadora Hitachi.
- Transporte - La transportación de las rocas (tanto estéril como mineral) desde la cantera hasta la escombrera, tolva de recepción o almacén de mineral, se realiza con camiones Belaz 540 de 27 t de capacidad.
- Preparación mecánica - La planta de tratamiento y clasificación cuenta con tres etapas de reducción de tamaño de la materia prima. En esta planta se obtiene los siguientes productos:
 1. Hormigón de 1/ 1/2, con granulometría de 38 a 19mm;
 2. Gravilla 3/4, con 19 a 10mm de granulometría;

3. Granito 3/8, con una granulometría que varía de 15 a 10mm;
4. Arena con granulometría de 5 hasta 0.15mm;
5. Polvo piedra cuya granulometría varia de 5 a 0mm.

Las características técnicas del equipamiento empleado en la explotación del yacimiento fueron establecidas según datos técnicos propios del equipamiento encontrado en la cantera se presenta en la tabla (Anexo 6).

La empresa EXPLOMAT es encargada de los trabajos de perforación y voladura con lo cual se extraen rocas de granulometría básica, a partir del empleo de carretillas barrenadoras Atlas Copco con diámetros de broca 85 y 115mm (Anexo 7). Estas labores son ejecutadas a partir de un sistema de gestión que cumple con las exigencias planteadas en el manual “procedimientos para la voladura”. (Guerrero, 2012).

La descripción del documento técnico para el desarrollo de los trabajos de perforación y voladura existentes en la cantera han sido diseñados por el técnico principal. Los parámetros del mismo se muestran en la tabla, ver anexo 8.

3.5.1. Estructura de los trabajos mineros

El régimen de trabajo es un aspecto importante, que se establece en cada cantera atendiendo a factores, como por: volumen de producción anual, características de las instalaciones que procesan la materia prima, estado técnico del equipamiento que interviene en el proceso productivo, etc.

En este caso la elección fue:

- Días laborables al año: 280;
- Días de paradas por reparación: 30
- Días de parada por afectaciones climáticas: 26;
- Cantidad de turnos diarios: 2 y duración del turno de trabajo: 12.5 y 8 horas nocturnos;
- Días efectivos a trabajar en el año: 224;
- Días de afectación por condiciones climáticas adversas: 26.

3.6. Cálculo de la productividad de la cantera

➤ Productividad diaria de la cantera

La productividad diaria de la cantera se determinó considerando lo establecido en la expresión 2.1. En esta ocasión la productividad anual de este yacimiento fue de $99\,900\text{ m}^3$, y los días laborables de 224, obteniéndose un valor de productividad diaria (Pd) igual a 446 m^3 .

➤ Productividad anual de la cantera

La productividad anual de la cantera se determinó con base a la expresión 2.2. Se obtuvo que la necesidad de materia prima para la planta del yacimiento fue de $99\,900\text{ m}^3$, el coeficiente que tiene en cuenta las pérdidas de material útil por efecto de las voladuras fue de 0,0025, el coeficiente que tiene en cuenta las pérdidas de materia prima útil por efecto de la transportación es de 0,003 y el coeficiente de esponjamiento fue de 1,5, por lo que la productividad anual es de $66,6 \times 10^3\text{ m}^3$.

3.7. Determinación del tamaño de la muestra

La determinación de la muestra fue hecha teniendo en cuenta los aspectos descritos en el capítulo anterior y los cálculos fueron realizados con el tabulador Microsoft Excel. En el problema en cuestión se asumió un grado de confiabilidad de un 95 %, por lo tanto: $z = 1,96$ conforme a la tabla 2.4. Se asume un error de 8 % (0,08), que es un valor recomendado para muestras mayores de 10 (Tabla 2.5). Del análisis anterior, como el número de la población es igual a 2 000, entonces aplicando la tabla para los valores de q , se asume trabajar con el 5 %, luego, $q = 0,05$ (Tabla 2.6), y $p = 0,95$ se determinó mediante la ecuación 2.5. La muestra teórica $n_0 = 28,51$ se calculó por expresión 2.4, y la muestra real con base a la ecuación 2.5 es de $n = 29$.

A continuación se muestran en la tabla 3.3, los puntos de muestreo de calidad del aire, relativo a concentraciones de polvo y ruido.

Tabla 3.3. Puntos de muestreo de calidad del aire

Puntos	Coordenadas		Lugar	Puntos de Polvo	Puntos de Ruido
	Lat	Long	Canteira		
1.	20,642922	-75,634525	Yacimiento	X	X
2.	20,642776	-75,635371	Yacimiento	X	X
3.	20,643155	-75,636114	Yacimiento	X	X
4.	20,643694	-75,636699	Yacimiento	X	X
5.	20,643121	-75,637357	Yacimiento	X	X
6.	20,642416	-75,637081	Yacimiento	X	X
7.	20,641897	-75,636709	Yacimiento	X	X
8.	20,642159	-75,636123	Yacimiento	X	X
9.	20,641326	-75,635032	Yacimiento	X	X
10.	20,640942	-75,634474	Yacimiento	X	X
11.	20,640942	-75,633868	Yacimiento	X	X
12.	20,642441	-75,633666	Yacimiento	X	X
13.	20,644040	-75,634158	P. Beneficio	X	X
14.	20,644796	-75,633823	P. Beneficio	X	X
15.	20,644617	-75,633067	P. Beneficio	X	X
16.	20,644581	-75,632295	P. Beneficio	X	X
17.	20,644381	-75,633099	P. Beneficio	X	X
18.	20,644043	-75,633405	P. Beneficio	X	X
19.	20,643551	-75,633027	P. Beneficio	X	X
20.	20,643391	-75,632357	P. Beneficio	X	X
21.	20,643630	-75,632022	P. Beneficio	X	X
22.	20,643961	-75,631236	P. Beneficio	X	X
23.	20,647619	-75,634245	P. El Pilón	X	X
24.	20,649364	-75,635581	P. El Pilón	X	X
25.	20,649532	-75,634609	P. El Pilón	X	X
26.	20,649247	-75,632119	P. El Pilón	X	X
27.	20,653021	-75,635536	P. El Pilón	X	X
28.	20,651662	-75,633311	P. El Pilón	X	X
29.	20,655000	-75,630397	P. El Pilón	X	X

En la figura 3.3, se muestra la ubicación de los puntos de muestreo de polvo y ruido.

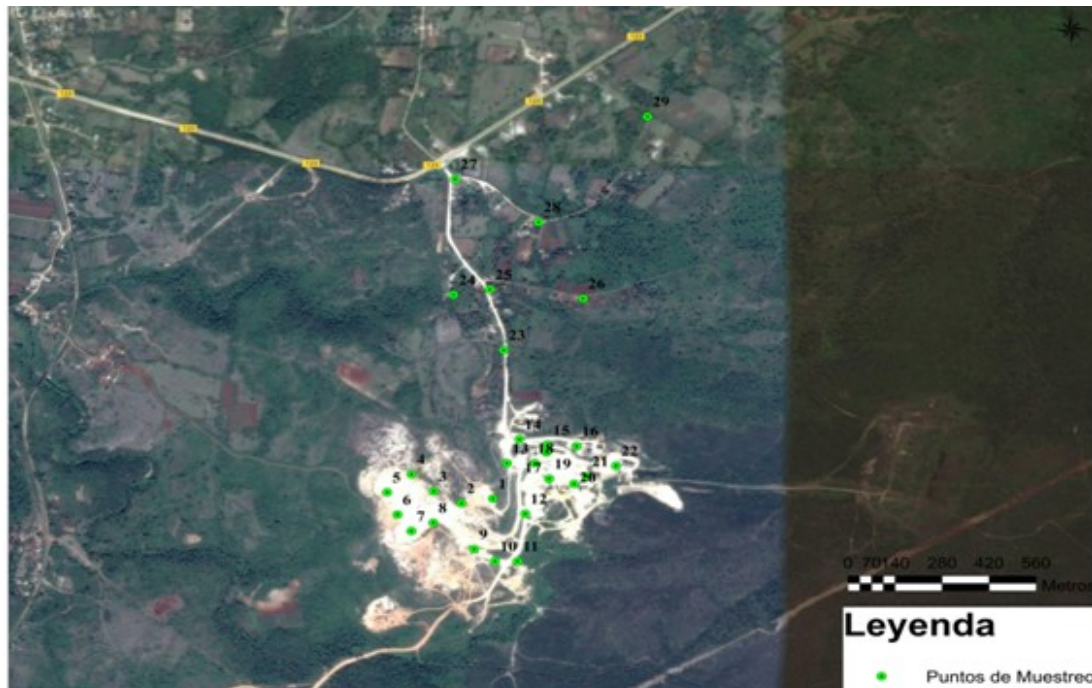


Figura 3.3. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo

Se determinó realizar tres mediciones en cada uno de los 29 puntos seleccionados, para obtener mayor representatividad en los resultados, sobre la base de ecuación 2.7, considerando un error máximo de estimación igual a la desviación típica y un nivel de confianza del 90 %.

Se calculó el valor promedio de las tres mediciones correspondiente a los niveles de ruido y de concentración de polvo, y el rango de normalidad para cada uno de los 29 puntos seleccionados, para lo cual se utiliza las ecuaciones desde la 2.8 hasta la 2.12, y se indica que todos los resultados están bajo control estadístico, al no mostrarse valores fuera de los rangos calculados.

3.7.1. Mediciones y cartografía del fondo de contaminación sónica

En total fueron medidos una serie de 29 puntos en áreas del yacimiento y sus alrededores, cuyos valores medios se presentan en la Tabla 3.4. Como se puede observar en la tabla todos los valores se encuentran entre 43 y 110 dB, lo cual la mayor parte sobrepasa los 45 dB, valor que representa de forma aproximada el recomendado por norma para zonas rurales no perturbadas (NC 26:2007. Ruido en zonas habitables).

Tabla 3.4. Resultados de las determinaciones de polvo y ruido ambiental en áreas del Yacimiento

Puntos	Puntos de Ruido Valor (dB)	Cantidad de partículas de Polvo / cm ²	Cantidad de Polvo en (mg / m ³)	Observaciones
1.	85,3	555,9	0,183	Trabajos de perforación y Buldócer trabajando a 30m
2.	98,8	243,9	0,147	Trabajos de perforación
3.	88,4	444	0,090	Buldócer trabajando a 12m
4.	79,3	408	0,099	Cargador trabajando
5.	72,4	468	0,242	Camiones transportando material para la planta
6.	63,2	336	0,060	Buldócer trabajando a 10m
7.	62,1	876	0,192	Maquinas circulando
8.	51,6	399,9	0,235	Maquinas circulando
9.	63,4	987, 9	0,174	Camino a los frentes de explotación, maquinas trabajando
10.	68,1	1048,8	0,193	Camino a los frentes de explotación, maquinas trabajando a menos de 70m
11.	73	919,8	0,235	Cargador trabajando a 70m
12.	76,8	1320	0,201	Camino, camión transportando el mineral para la planta
13.	102,9	618,9	0,267	Cargador depositando mineral a la mandíbula de trituración, Planta de preparación mecánica trabajando

Puntos	Puntos de Ruido Valor (dB)	Cantidad de partículas de Polvo / cm ²	Cantidad de Polvo en (mg / m ³)	Observaciones
14.	78,6	1267,8	0,387	Movimiento de camiones que llevan el producto final a las empresas de construcción
15.	85,7	876	0,235	Camino a la planta
16.	86,3	679,8	0,205	Área administrativa
17.	110	846,6	0,300	Planta trabajando y maquinas cargando los camiones
18.	103	960	0,399	Planta trabajando y camión depositando el mineral al triturador
19.	101,1	1351,8	0,404	Planta
20.	90,1	1002	0,500	Planta trabajando y Buldócer a 10m
21.	76,3	1128	0,525	Planta trabajando y cargador 20m
22.	59,2	963,6	0,486	Taller mecánico
23.	46,8	321,9	0,281	Camino al yacimiento
24.	48,6	138,8	0,217	Camino a cantera (Poblado El Pilón)
25.	44,7	258,9	0,190	Poblado El Pilón
26.	57,7	264	0,267	Poblado El Pilón
27.	67,9	547,8	0,319	Camino a cantera aproximadamente a 40 de la via principal n° 123
28.	43	271,8	0,299	Poblado El Pilón

Puntos	Puntos de Ruido Valor (dB)	Cantidad de partículas de Polvo / cm ²	Cantidad de Polvo en (mg / m ³)	Observaciones
29.	61	397,8	0,212	Poblado El Pílon
Valor mínimo	43	138,8	0,060	
Valor máximo	110	1351,8	0,525	
Valor Promedio	73,97	686,33	0,26	

3.7.2. Análisis de los límites de control de los niveles de ruido y polvo

El análisis de los límites de control se realizó con el objetivo de determinar el comportamiento de los variables nivel de ruido y concentración de polvo y la tendencia que muestran. Además se tuvo en cuenta el hecho de que es importante para resolver problemas de contaminación atmosférica reunir datos, que se deben tener en cuenta para la toma de decisiones y que el diagrama para control de mediciones constituye una técnica valiosa en tal sentido.

El análisis estadístico relativo a la normalidad de las variables niveles de ruido y polvo se efectuó con la utilización de las ecuaciones 2.7 a la 2.11, considerando al estadístico t, puesto que las muestras son pequeña, y un nivel de significancia de 0,05. Los resultados del cálculo se refieren en la tabla 3.5, que se muestra a continuación.

Tabla 3.5. Resultados del cálculo de los límites de tolerancias de niveles de Ruido y Polvo

Variables	Unidades	Ecua. 2.8	Ecua. 2.9	Ecua. 2.10	Ecua. 2.11
		$\bar{X}$	Ltmáx.	Ltmín.	S
Ruido	dB	73,97	112,80	35,14	18,97
Polvo	mg/m ³	0,26	0,51	0,01	0,12

Para la realización del cálculo anterior fue utilizado el tabulador Microsoft Excel, esto permite disminuir los errores y aumentar la productividad. Los resultados

mostrados en la tabla 3.5, pueden visualizarse y entenderse mejor si se construye un diagrama de control para mediciones. El diagrama de control para mediciones relativo a las mediciones del nivel de ruido se muestra a continuación en la figura 3.4.

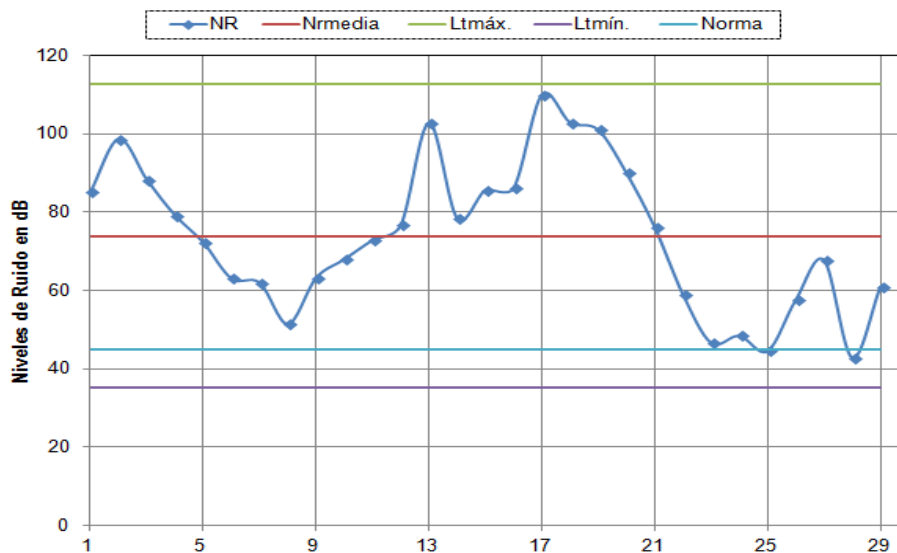


Figura 3.4. Diagrama de control para mediciones relativo al ruido

En la Figura 3.4, se puede apreciar que el nivel de ruido muestra un comportamiento normal puesto que todas las observaciones se encuentran situadas dentro de los límites de tolerancia calculados. Se puede afirmar con un nivel de confianza del 95 % de que si se realiza una medición del nivel de ruido bajo condiciones similares, el valor de dicha medición estará incluido en el rango de 35,14 a 112,80 dB y que por tanto la media 73,98 dB representa la tendencia del conjunto de datos observados.

Polvo

En la Tabla 3.5, se mostró los resultados de las determinaciones de los niveles de concentración de polvo en suspensión para cada uno de los puntos correspondientes al yacimiento y el poblado El Pilón. Se quiere hacer notar que estos resultados representan los valores promedio de polvo. En la figura 3.5 se aprecia la construcción del diagrama para control de mediciones relativo a la concentración de polvo.

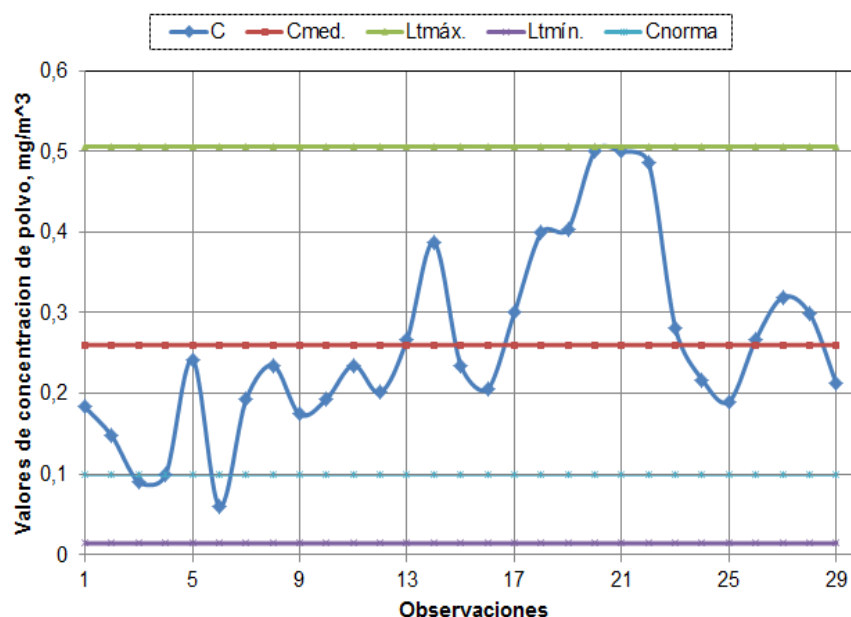


Figura 3.5. Diagrama de control para mediciones relativo al polvo

En la Figura 3.5 se puede apreciar que la concentración de polvo muestra un comportamiento normal puesto que todas las observaciones se encuentran incluidas dentro de los límites de tolerancia calculados. Se puede plantear con un nivel de significancia de 0,05 de que si se realiza una medición de la concentración de polvo bajo condiciones similares, el valor de dicha medición estará incluido en el rango de 0,01 a 0,51 mg/m^3 , y por consiguiente la media de 0,26 mg/m^3 se puede asumir como que representa la tendencia del conjunto de valores obtenidos.

Como se puede apreciar tanto en la tabla como en el gráfico los puntos correspondientes a las áreas del yacimiento como del asentamiento El Pilón, la mayoría de los valores sobrepasan la concentración recomendada en las normas (CMA) vigente en Cuba (0,1 mg/m^3) para zonas habitables, conforme la NC 1020: 2014. Calidad del aire.

3.7.3. Prueba de hipótesis relativa a la media real de nivel de ruido y concentración de polvo

La comparación entre los niveles de ruido y de concentración de polvo real en el proceso y los establecidos por norma se efectuaron conforme al procedimiento descrito en el capítulo anterior. La prueba se realiza a un nivel de significancia de 0,05. El cálculo se desarrolla considerando la media obtenida por medio del cálculo y el valor definido en la correspondiente norma.

En la tabla 3.6, se muestran los resultados del cálculo del estadístico t conforme a la ecuación 2.12, para cada una de las variables analizadas.

Tabla 3.6. Cálculo del estadístico t.

Ecuación 2.12	Variables	Resultado
t	Ruido	8,23
	Polvo	7,18

Sobre la base del criterio de rechazo definido en el del procedimiento se arriban a las siguientes decisiones:

- Puesto que para la variable nivel ruido el estadístico t calculado es mayor que es estadístico crítico (8,23 es mayor que 1,699) la hipótesis nula se rechaza. En otras palabras existe diferencias significativas entre la media obtenida por medición y la media admitida por norma, además se infiere que la media real es superior a la media estandarizada, al nivel de confianza del 95 %.
- De manera similar para la variable concentración de polvo se obtiene que el estadístico t calculado es mayor que es estadístico crítico (7,18 es mayor que 1,699) por lo que la hipótesis nula se rechaza. Dicho de otra manera existe diferencias significativas entre la media real y la media establecida por norma, además se infiere que la media real es superior a la media estandarizada, al nivel de significancia del 0,05.

3.7.4. Representación cartográfica de los niveles de ruidos y de polvo

En la Figura 3.6, se presenta la cartografía de los niveles de ruido y de polvo, donde es posible apreciar el comportamiento de este parámetro en todo el yacimiento, con valores que no son típicos de zonas rurales.

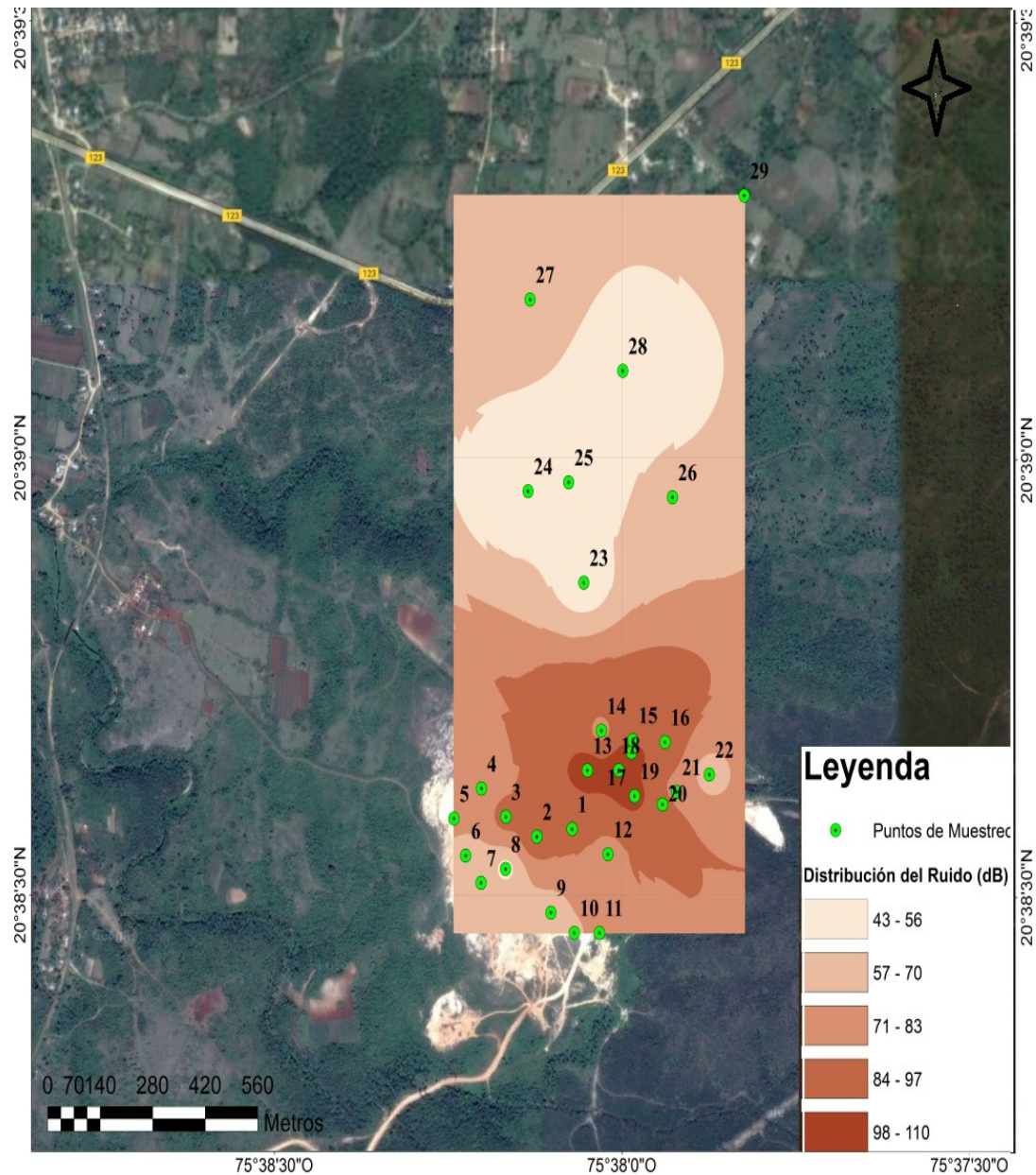


Figura 3.6. Mapa de ruido

Estos resultados concuerdan con los valores existentes para la región y corroboran el hecho de que la presencia de material particulado suspendido representa uno de los principales problemas de la calidad del aire en el territorio. En la Figura 3.7, se presenta la cartografía de estos valores.

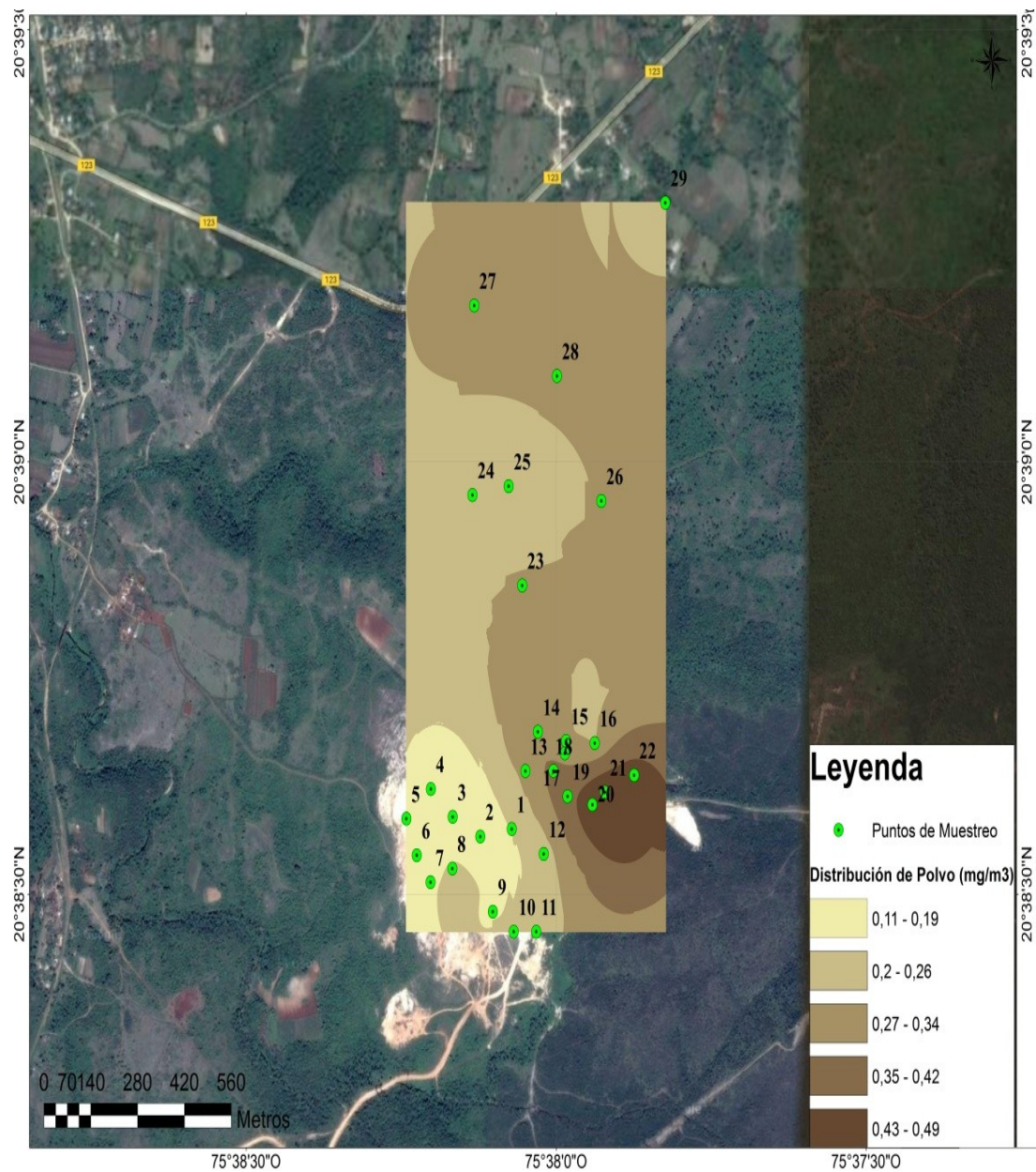


Figura 3.7. Mapa de concentración de polvo

3.8. Identificación de los impactos ambientales producidos en el área de estudio

Tabla 3.7. Impactos Identificados

Código	Impactos
Medio Físico	
MF-01	Emisión de polvo y gases a la atmósfera.
MF02	Emisión de ruidos y Vibraciones.
MF-03	Cambios en la morfología y topografía
MF-04	Incremento de la erosión.
MF-05	Contaminación de las aguas superficiales.
MF-06	Impacto visual por la presencia de maquinaria y el desarrollo del proyecto de explotación.
Medio Biológico	
MB-01	Remoción de la capa vegetal.
MB-02	Afectación a nichos de fauna local (migración y muerte) por la actividad minera.
Medio Socioeconómico	
MSE-01	Aumento del nivel de empleo.
MSE-02	Aumento de la demanda por servicios sociales.
MSE-03	Enriquecimiento de la diversidad cultural.
MSE – 04	Aumento de la probabilidad de riesgo de accidentes por incremento del tráfico de vehículos y maquinas.

Componente Medio Físico

A continuación se caracterizan los impactos que afectan el medio físico. La puntuación asignada a cada criterio de valoración se estableció considerando técnicas tales como: tormentas de ideas, y consultas a especialistas, trabajadores, y técnicos que actualmente laboran en esta cantera.

MF- 01: Emisión de polvo y gases a la atmósfera.

- **Medio Afectado:** Aire.
- **Localización:** Cantera.
- **Acciones generadoras:** tráfico de máquinas y vehículos durante la carga y transportación del mineral, perforación, carga y voladura, movimiento de tierras y preparación mecánica (Vía seca).
- **Efectos:** la alteración en la calidad del aire por las emisiones de polvo y gases, afecta la flora, fauna y la salud del propio hombre.
- **Descripción del impacto:** los principales contaminantes del aire en la cantera son las nubes de polvo causadas particularmente por el tráfico de vehículos y maquinas por caminos no pavimentados, por la actividad de voladura, la producción de la planta de preparación mecánica por vía seca, las perforaciones hechas para la actividad de voladura, las que se encargan de poner las partículas en suspensión en función de su granulometría, humedad y vientos predominantes, siendo transportadas a distancias variables aumentando principalmente en épocas de sequia (Figura 3.8). Los gases productos de la combustión que producen los equipos, e igualmente los nitratos emitidos por la acción de la voladura, como por ejemplo el monóxido de carbono, que al ser absorbido por los pulmones reacciona con la hemoglobina formando carboxihemoglobina, lo cual reduce la capacidad de transporte de oxígeno en la sangre.



Figura 3.8. Imágenes de la contaminación atmosférica

➤ **Criterios de valoración del impacto**

- **Intensidad:** este impacto es el que ha traído consigo mayor afectación a los factores ambientales en la cantera y en las áreas circundantes, por lo que se considera como de alta intensidad, con valor de 10.
- **Extensión:** se manifiesta en toda el área de estudio y su efecto, se presenta en todo el entorno, su nivel de extensión es 8, generalizada.
- **Duración:** el criterio de duración del impacto está asociado al tiempo de duración del mismo desde el momento en que aparece hasta que pueda el medio regresar a sus condiciones iniciales. A partir del funcionamiento de la cantera, ha sido alterada la calidad del aire, debido a las emisiones de polvo y gases ya a más de 5 años, por lo que se considera de valor 7, como de larga duración.
- **Reversibilidad:** teniendo en cuenta este tipo de impacto, se puede alcanzar a corto plazo (menos de 10 años) para que el medio retome su condición inicial, lo que se puede conseguir una vez que cese la actividad de la minería. Este efecto se considera reversible con un valor de 1.
- **Riesgo:** dado que este impacto representa un alto nivel de riesgo para el medio físico, debido a las afectaciones que causa en el entorno, principalmente por el exceso de polvo en el ambiente, se considera de alto riesgo con valor 7.

Los datos determinados se introducen en la fórmula

$$VIA = 10 \times 0.3 + 8 \times 0.2 + 7 \times 0.1 + 1 \times 0.2 + 7 \times 0.2 = 6.9$$

Los resultados obtenidos en la ecuación anterior se establecen la tabla.

Tabla 3.8. Jerarquización del impacto sobre el Aire

Medio Afectado	I	E	D	Rv	Ri	VIA	Categoría
Aire	10	8	7	1	7	6.9	II

MF- 02: Emisión de ruidos y Vibraciones.

- **Medio Afectado:** Aire.
- **Localización:** Cantera.

- **Acciones generadoras:** perforación, carga y voladura, preparación mecánica (Vía seca y húmeda) y el tráfico de máquinas y vehículos durante la carga y transportación del mineral.
- **Efectos:** la alteración en la calidad del aire por las emisiones de ruido y vibraciones afecta la fauna y la salud del propio hombre. Son conocidos los efectos que el ruido produce, no solo sobre el sistema auditivo, sino sobre otros elementos del organismo. En el aspecto fisiológico el ruido actúa sobre el sistema auditivo, cardíaco, ritmo cardíaco, tensión arterial, respiratoria, digestivo y el sistema neurovegetativo. En el aspecto psicosocial presenta igualmente efectos negativos sobre las diferentes fases del sueño, comunicación oral, relaciones personales, en el rendimiento en el trabajo, produce estrés, molestia, irritabilidad, etc. (García 2007). Debido a la importancia que dichos efectos tienen sobre la salud y el bienestar de las personas se hace necesario desarrollar mecanismos que estudien y planteen soluciones.
- **Descripción del impacto:** el ruido es uno de los contaminantes físicos de mayor presencia en el sector de la minería a cielo abierto así como en sus industrias auxiliares (García 2007). En la cantera el hombre se ve sometido durante la mayor parte del día a la influencia directa del ruido y vibraciones producidos por la maquinaria durante el desarrollo del proyecto (Figura 3.9). Las vibraciones de mayor intensidad se producen durante la actividad de voladura en la apertura de un nuevo horizonte de explotación, liberándose una energía potencial muy grande en un periodo de tiempo relativamente corto. Generalmente los explosivos utilizados en la explotación minera producen presiones entre 2000 y 6000 bars, a una potencia altísima de aproximadamente 16 Gigawatts liberada al medio ambiente.



Figura 3.9. Imágenes de emisión de ruidos y Vibraciones

➤ **Criterios de valoración del impacto**

- **Intensidad:** la intensidad de este impacto es alta con un valor de 8, afectando varios factores del medio.
- **Extensión:** este impacto se manifiesta en toda el área de estudio y su efecto, se presenta en todo el entorno, su nivel de extensión es generalizada con valor 7.
- **Duración:** la duración del impacto está dada desde el inicio de las actividades en la cantera, se considera de larga duración 8.
- **Reversibilidad:** este impacto se considera reversible con un valor de 1, una vez que cese la actividad de minera.
- **Riesgo:** este impacto se considera de medio riesgo con valor 5.

$$VIA = 8 \times 0.3 + 7 \times 0.2 + 8 \times 0.1 + 1 \times 0.2 + 5 \times 0.2 = 5.8$$

Tabla 3.9. Jerarquización del impacto sobre el Aire

Medio Afectado	I	E	D	Rv	Ri	VIA	Categoría
Aire	8	7	8	1	5	5.8	III

MF- 03: Cambios en la morfología y topografía.

- **Medio Afectado:** Relieve.
- **Localización:** Cantera.
- **Acciones generadoras:** perforaciones y fragmentación, excavaciones y

Voladura.

- **Efectos:** en el área que refiere la cantera El Pílon han ocurrido notables modificaciones en el relieve, como consecuencia del laboreo minero, puesto que se diferencian las condiciones actuales a las que inicialmente existían, tal como se muestra en la figura 3.10. A través de los cambios que suceden en la inclinación y largo de la ladera, estos intervienen directamente en la velocidad de los torrentes, en los que se genera pérdidas de suelo estos efectos son visibles en áreas puntuales de la cantera.



Figura 3.10. Modificaciones del relieve

- **Descripción del impacto:** este impacto es el resultado de los trabajos de perforación, voladura, excavaciones y transportación del mineral a través del cargador Volvo de 5 m³ de capacidad y el camión Belaz – 540 de 27 t de capacidad de fabricación rusa hasta la planta de preparación mecánica, y el estéril para la escombrera.
- **Criterios de valoración del impacto.**
 - **Intensidad:** este impacto se considera como de intensidad alta, con un valor de 10.
 - **Extensión:** lo mismo se manifiesta de forma generalizada, con un valor 10.
 - **Duración:** este impacto acciona desde el inicio de la explotación, alcanzando un valor de 8, debido a que se considera como de larga duración.

- **Reversibilidad:** se considera Irreversible, con un valor de 9, puesto que al pasar a la etapa de cierre no se podrá restablecer.
- **Riesgo:** este riesgo se considera como alto, con un valor de 7.

$$VIA = 10 \times 0.3 + 10 \times 0.2 + 8 \times 0.1 + 9 \times 0.2 + 7 \times 0.2 = 9$$

Tabla 3.10. Jerarquización del impacto sobre el Relieve.

Medio Afectado	I	E	D	Rv	Ri	VIA	Categoría
Relieve	10	10	8	9	7	9	I

MF-04: Incremento de la erosión.

- **Medio Afectado:** Suelo.
- **Localización:** Cantera.
- **Acciones generadoras:** perforaciones, fragmentación, construcción de taludes, de viales, y el tráfico de vehículos y equipos pesados.
- **Efectos:** los efectos de este impacto se agravan cada vez más, debido a que el medio no es capaz de restablecerse con la misma intensidad en que se degrada. Las actividades de construcción de los caminos de acceso en el área de estudio y el frente de trabajo, así como, la explotación de los bancos se realiza con maquinarias tales como: buldócer, retroexcavadora, cargador y camiones. Durante estas labores se remueven gran parte del suelo, lo que provoca un incremento de la erosión en el área de la cantera.
- **Descripción del impacto:** se trata de un proyecto, que está en su etapa operativa, lo que representa un constante accionar sobre el suelo, acciones que originan la erosión del mismo.
- **Criterios de valoración del impacto**
 - **Intensidad:** el grado de incidencia de estas acciones sobre el suelo, es notable, por lo que se considera como de media intensidad con un valor de 4.
 - **Extensión:** lo mismo se manifiesta en toda la zona de estudio, con un nivel de extensión 4.
 - **Duración:** el criterio de duración de este impacto se manifiesta a más de cinco años, se considera de larga duración con un valor de 7.

- **Reversibilidad:** se logrará alcanzar su mayor estabilidad y recuperación luego del cese de la minería, se considera reversible con un valor de 2.
- **Riesgo:** el riesgo que representa este impacto, se considera como medio con un valor de 5.

$$VIA = 4 \times 0.3 + 4 \times 0.2 + 7 \times 0.1 + 2 \times 0.2 + 5 \times 0.2 = 4.1$$

Tabla 3.11. Jerarquización del impacto sobre el suelo

Medio Afectado	I	E	D	Rv	Ri	VIA	Categoría
Suelo	4	4	7	2	5	4.1	III

MF- 05: Contaminación de las aguas superficiales.

- **Medio Afectado:** Aguas superficiales.
- **Localización:** Cantera
- **Acciones generadoras:** excavaciones, perforaciones, preparación mecánica (Vía húmeda), vías de transporte y infraestructura.
- **Efectos:** en el área de estudio se encuentra el arroyo El Polo sobre cuyas aguas se ejerce un impacto negativo. La fuente de contaminación de estas aguas está dada por el arrastre de lodos procedentes de la planta de preparación mecánica (Figura 3.11). Estos son depositados directamente en el suelo que señala la parte trasera del taller mecánico muy cerca de la piscina de recirculación de agua. Esta piscina actualmente está en mal estado, lo que provoca su constante desbordamiento. Debido la existencia de gran cantidad de lodo en la cantera, con la escorrentía también se contamina la bahía de Nipe.



Figura 3.11. Imágenes de la contaminación de las aguas.

- **Descripción del impacto:** la minería es uno de los principales focos contaminantes de las aguas, las cuales son impactadas negativamente, produciendo de algún modo el encausamiento de las aguas superficiales. Se han creado sistemas de drenaje, los cuales están cubiertos de sedimentos, y en otros casos se han formado lagunas de sedimentación de gran espesor de granulometría muy fina.
- **Criterios de valoración del impacto**
 - **Intensidad:** la afectación está asociada con el caudal y el grado de contaminación, principalmente las pluviales que arrastran grandes cantidades de lodo que contamina la bahía de Nipe. Se considera como de baja intensidad con valor de 3.
 - **Extensión:** la superficie afectada directamente es la zona de los cauces de agua que se encuentran en el área. Por lo tanto, el nivel de afectación se considera como local con valor 3.
 - **Duración:** este impacto ha permanecido vigente hace varios años, y a la vez se incrementa cada vez más. Tiene un valor de 6, por lo que se considera de larga duración.
 - **Reversibilidad:** con el término de la explotación minera, existe la posibilidad de que estas aguas recuperen su calidad. Su efecto se considera reversible con un valor de 1.

- **Riesgo:** por no trabajar en el mantenimiento y mejor conformación del sistema de drenajes, no se podrá lograr el mejoramiento de la calidad de estas aguas. Se considera como alto, con un valor de 9.

$$VIA = 3 \times 0.3 + 3 \times 0.2 + 6 \times 0.1 + 1 \times 0.2 + 9 \times 0.2 = 4.1$$

Tabla 3.12. Jerarquización del impacto sobre el Agua.

Medio Afectado	I	E	D	Rv	Ri	VIA	Categoría
Aguas Superficiales	3	3	6	1	9	4.1	III

MF- 06: Impacto visual por la presencia de maquinaria y el desarrollo del proyecto de explotación.

- **Medio Afectado:** Paisaje.
- **Localización:** Cantera.
- **Acciones generadoras:** desbroce de la vegetación, residuos de estériles, perforación, carga, voladura y almacenamiento, construcción de caminos.
- **Efectos:** la alteración del paisaje que refiere la cantera Pilon está dada por la presencia de maquinaria, apertura de los caminos, escombreras de estéril, construcción de bancos de explotación, así como las voladuras, tal como se indica en la figura 3.12.



Figura 3.12. Imágenes de la alteración del paisaje.

- **Descripción del impacto:** este impacto conlleva a notables modificaciones del medio, trayendo consigo el deterioro del paisaje efecto, que en la

mayoría de los casos es irreversible, pues permanece aún después de terminadas las actividades mineras.

➤ **Criterios de valoración del impacto**

- **Intensidad:** se considera como de intensidad alta con un valor de 10, pues se manifiesta desde inicio hasta después del cierre de la cantera.
- **Extensión:** este impacto se manifiesta de forma generalizada bordeando toda el área de la cantera, con un valor de 9.
- **Duración:** según el tiempo, este impacto tiene valor 8 ya que se ha manifestado por más de cinco años, se considera de larga duración.
- **Reversibilidad:** al finalizar las labores mineros los daños provocados en el área de la cantera tienen un carácter irreversible, con un valor de 7.
- **Riesgo:** se debe trabajar en la rehabilitación, se considera medio con un valor de 4.

$$VIA = 10 \times 0.3 + 9 \times 0.2 + 8 \times 0.1 + 7 \times 0.2 + 4 \times 0.2 = 7.8$$

Tabla 3.13. Jerarquización del impacto sobre el suelo.

Medio Afectado	I	E	D	Rv	Ri	VIA	Categoría
Paisaje	10	9	8	7	4	7.8	II

MB - 01: Remoción de la capa vegetal.

- **Medio Afectado:** Flora.
- **Localización:** Cantera.
- **Acciones generadoras:** tala, desbroce, destape, perforación, voladura y construcción de caminos.
- **Efectos:** en el área de estudio se observa como las especies vegetales disminuyen constantemente, ello unido a la gradual destrucción de la misma. Estos daños son ocasionados por la continua tala de árboles, construcción de caminos, entre otras.
- **Descripción del impacto:** el impacto generado sobre el área que actualmente ocupa la cantera Pilón es negativo, ello se evidencia dada la escasa existencia de algunas especies, las cuales han resurgido en las acumulaciones de bloques de caliza en las áreas no explotadas.

➤ **Criterios de valoración del impacto**

- **Intensidad:** su intensidad es alta con un valor de 10, teniendo en cuenta que este es uno de los impactos más latentes.
- **Extensión:** se extiende de manera generalizada en toda la cantera, con un valor de 9.
- **Duración:** este impacto se manifiesta por más de 5 años, con un valor de 10, se considera de larga duración.
- **Reversibilidad:** Este impacto es reversible, con valor 4, luego del cierre de la mina se puede restablecer no en su totalidad.
- **Riesgo:** considerando la importancia que reviste restablecer el ecosistema de la cantera el riesgo en esta área se evalúa de alto, con un valor de 10.

$$VIA = 10 \times 0.3 + 9 \times 0.2 + 10 \times 0.1 + 4 \times 0.2 + 10 \times 0.2 = 8.6$$

Tabla 3.14. Jerarquización del impacto sobre la Flora.

Medio Afectado	I	E	D	Rv	Ri	VIA	Categoría
Flora.	10	9	10	4	10	8.6	I

MB-02: Afectación a nichos de fauna local (migración y muerte) por la actividad minera.

Medio Afectado: Fauna.

- **Localización:** Cantera.
- **Acciones generadoras:** construcción vial, perforación, carga y voladura, excavaciones, transporte de material, desbroce y infraestructura.
- **Efectos:** debido a las modificaciones que introduce la actividad minera, fundamentalmente la actividad de voladura en el área de estudio se manifiestan entre otras, migraciones de animales, tal es el caso del murciélago que habita en cuevas existentes en el área de explotación, fundamentalmente provocados por la actividad de voladura.
- **Descripción del impacto:** se trata de un impacto, que evidencia la pérdida, y migración de algunas de las especies que habitan en esta zona, ejemplo

las poblaciones de reptiles, mamíferos, y aves cuyas especies se han visto afectadas por tales impactos (Figura 3.13).



Figura 3.13. Destrucción de la vegetación y fauna por la actividad minera

➤ **Criterios de valoración del impacto**

- **Intensidad:** su intensidad es alta con un valor de 10.
- **Extensión:** se extiende de manera generalizada con un valor de 10.
- **Duración:** el impacto generado ha sido producto de más de 5 años de explotación, y el mismo tiene un valor de 8.
- **Reversibilidad:** este impacto es medianamente reversible con un valor de 4, considerando la posible rehabilitación luego al cierre de mina.
- **Riesgo:** el riesgo es alto con un valor de 7.

$$VIA = 10 \times 0.3 + 10 \times 0.2 + 8 \times 0.1 + 4 \times 0.2 + 7 \times 0.2 = 8$$

Tabla 3.15. Jerarquización del impacto sobre la Fauna.

Medio Afectado	I	E	D	Rv	Ri	VIA	Categoría
Fauna	10	10	8	4	7	8	II

MSE - 01: Aumento del nivel de empleo.

- **Medio Afectado:** Sociedad.
- **Localización:** Cantera.

- **Acciones generadoras:** control de los equipos mineros, maquinarias, medios técnicos, comercialización, construcción de vías, infraestructura y transporte.
- **Efectos:** con el aumento del nivel de empleo en la actividad minera, se benefician económicamente todo el personal que labora en la cantera, contribuyendo de esta manera a la disminución de la tasa de desempleo en el país en general y en el municipio en particular.
- **Descripción del impacto:** el aumento del nivel de empleo en la cantera es uno de los impactos positivos que se manifiesta en la fase operativa del proyecto, pero dada las dimensiones de demanda de mano de obra, el mismo es de baja intensidad.
- **Criterios de valoración del impacto**
 - **Intensidad:** su intensidad es baja con un valor de 2, teniendo en cuenta que el nivel de empleo es bajo.
 - **Extensión:** se extiende de manera local con un valor de 3.
 - **Duración:** este impacto es de larga duración, se manifiesta a más de 5 años, con un valor de 9.
 - **Reversibilidad:** este impacto es irreversible con un valor de 8, dado que siempre va a existir la necesidad del empleo, producto a la carga de trabajo y la demanda de materiales para la construcción.
 - **Riesgo:** el riesgo es bajo con un valor de 1.

$$VIA = 2 \times 0.3 + 3 \times 0.2 + 9 \times 0.1 + 8 \times 0.2 + 1 \times 0.2 = 3.9$$

Tabla 3.16. Jerarquización del impacto sobre la Sociedad.

Medio Afectado	I	E	D	Rv	Ri	VIA	Categoría
Sociedad	2	3	9	8	1	3.9	IV

MSE - 02: Aumento de la demanda por servicios sociales.

- **Medio Afectado:** sociedad y economía.
- **Localización:** Cantera.

- **Acciones generadoras:** comercialización, construcción de vías, infraestructura y transporte.
- **Efectos:** con la explotación y aprovechamiento de la cantera se produce la demanda de los servicios sociales como transporte, educación, servicios de salud, beneficiando incluso a la población cercana a la area en estudio.
- **Descripción del impacto:** este impacto repercute en el medio económico y social ya que los servicios sociales como transporte, educación y servicios de salud, contribuye a mejorar la calidad de vida de la población.
- **Criterios de valoración del impacto**
 - **Intensidad:** su intensidad es notablemente alta con un valor de 8.
 - **Extensión:** se extiende de manera generalizada con un valor de 6.
 - **Duración:** este impacto acciona con un valor de 9.
 - **Reversibilidad:** este impacto es irreversible con un valor de 10.
 - **Riesgo:** el riesgo es alto con un valor de 9.

$$VIA = 8 \times 0.3 + 6 \times 0.2 + 9 \times 0.1 + 10 \times 0.2 + 9 \times 0.2 = 8.3$$

Tabla 3.17. Jerarquización del impacto sobre la economía

Medio Afectado	I	E	D	Rv	Ri	VIA	Categoría
Económico	8	6	9	10	9	8.3	I

MSE - 03: Enriquecimiento de la diversidad cultural.

- **Medio Afectado:** Sociedad.
- **Localización:** Cantera.
- **Acciones generadoras:** comercialización y transporte del material a los diferentes puntos del país.
- **Efectos:** en un mundo de mercado es común olvidar o menospreciar la dimensión cultural de los impactos en canteras, solamente se atribuye mayor importancia a los impactos físicos, biológicos y socioeconómicos. No obstante las alteraciones de naturaleza cultural que resultan de la

implementación del proyecto puede ser más importante que los demás impactos. La importancia de la dimensión cultural debe estar insertada en la política empresarial y tomada en cuenta en los planes de superación profesional.

- **Descripción del impacto:** la dimensión no material se expresa en el siguiente concepto de cultura, manifestado por Morin (1993): “Conjunto de reglas, conocimientos, técnicas, valores, mitos, que permiten y aseguran la alta complejidad del individuo y de la sociedad humana, y que no siendo innato precisan ser transmitidos y enseñados a cada individuo en su periodo de aprendizaje, para poder auto perpetuarse y perpetuar la alta complejidad antropono – social”.
- **Criterios de valoración del impacto**
 - **Intensidad:** su intensidad es alta con un valor de 10.
 - **Extensión:** este impacto es extensivo, con un valor de 5.
 - **Duración:** se considera de larga duración con un valor de 9, hace más de 5 años.
 - **Reversibilidad:** este impacto es irreversible con un valor de 10.
 - **Riesgo:** el riesgo es reversible a corto plazo, con un valor de 1.

$$VIA = 10 \times 0.3 + 5 \times 0.2 + 9 \times 0.1 + 10 \times 0.2 + 1 \times 0.2 = 7.1$$

Tabla 3.18. Jerarquización del impacto sobre la sociedad

Medio Afectado	I	E	D	Rv	Ri	VIA	Categoría
Sociedad	10	5	9	10	1	7.1	II

MSE - 03: Aumento de la probabilidad de riesgo de accidentes por incremento del tráfico de equipos.

- **Medio Afectado:** Sociedad
- **Localización:** Cantera.
- **Acciones generadoras:** tráfico de vehículos y máquinas durante la carga y transportación del mineral desde los diferentes puntos de la de mina.

- **Efectos:** como parte de los efectos que causa este impacto, se establecen medidas de seguridad para facilitar el tráfico de los camiones y demás equipos.
- **Descripción del impacto:** la probabilidad de riesgo de accidentes no solo está dada por el incremento del tráfico de equipos, sino también por las condiciones irregulares existentes en el terreno (Figura 3.14).



Figura 3.14. Riesgo de accidentes por incremento del tráfico de equipos

- **Criterios de valoración del impacto**
 - **Intensidad:** su intensidad es alta con un valor de 7.
 - **Extensión:** este impacto es extensivo en la cantera con un valor de 3.
 - **Duración:** se manifiesta hace más de 5 años con un valor de 7.
 - **Reversibilidad:** este impacto es irreversible con un valor de 10. Al tomarse medidas, se asegura la vida del trabajador.
 - **Riesgo:** el riesgo es alto con un valor de 10.

$$VIA = 7 \times 0.3 + 3 \times 0.2 + 7 \times 0.1 + 10 \times 0.2 + 10 \times 0.2 = 7.4$$

Tabla 3.19. Jerarquización del impacto sobre la Sociedad.

Medio Afectado	I	E	D	Rv	Ri	VIA	Categoría
Sociedad	7	3	7	10	10	7.4	II

3.9. Evaluación final de los impactos sobre cada medio afectado

Tabla 3.20. Jerarquización de los impactos a partir del (VIA)

Impactos sobre el	Categoría	Ocurrencia	Valor de VIA
Relieve Flora Economía	I	Muy alta	8,3 al 9
Aire Fauna Sociedad Suelo Paisaje	II	Alta	6,9 al 8
Agua	III	Moderada	4,1

➤ **Medidas para minimizar, prevenir o corregir los efectos negativos a cada medio impactado**

- Medio afectado: aire
- 1. Racionalización de las áreas de excavación.
- 2. Empleo de captadores de polvo en la perforación.
- 3. Reducción del tiempo entre explotación y rehabilitación.
- 4. Instalación de barreras rompe vientos.
- 5. Uso de cintas transportadoras con protección.
- 6. Cubrimiento con lonas del material a transportar.
- 7. Reducción de las cargas operantes de explosivo y uso de detonadores sin micro retardo.
- 8. Regar agua periódicamente a los caminos para reducir la suspensión de las partículas de polvo sedimentadas.
- 9. Utilizar detonantes de baja intensidad.
- 10. Reducir las velocidades de los equipos que circulan en la cantera para disminuir las emanaciones de polvo.
- 11. Uso de protectores auditivos, en las áreas que lo es necesario.
- 12. Emplear silenciadores en motores y plantas.

- Medio afectado: suelo

1. Extraer la capa de suelo antes de realizar el destape en las zonas con una capa superficial de escombros y darle un uso apropiado.
2. Utilizar los escombros en la lucha contra la erosión y emplear gaviones en los lugares más críticos para evitar la erosión y el derrumbe de laderas.

- Medio afectado: relieve

1. Destinar escombros, desechos, o materiales de rechazo que propicien la acumulación del suelo de destape de la capa superior, contribuyendo así, al proceso de rehabilitación del mismo.
2. Explotar de acuerdo a la topografía circundante con taludes vertical y horizontal.
3. Elaborar un plan de manejo ambiental para el yacimiento teniendo en cuenta la legislación vigente.
4. Establecer controles topográficos y geotécnicos en los taludes.
5. Realizar con anticipación los proyectos de rehabilitación de las áreas en explotación.
6. Relleno de los huecos con los materiales estériles de la extracción.

- Medio afectado: agua

1. Establecer sistemas adecuados de drenaje para aguas de escorrentía a nivel de frentes de explotación y patios de carga.
2. Reparar la piscina de recirculación del agua que se utiliza en la planta.
3. Evitar el lavado o enjuague de equipos de transporte y máquinas que puedan producir escurrimiento o derrames de contaminantes cerca del río.
4. Realizar el análisis de las aguas residuales para evaluar el impacto producido en el arroyo y tomar las medidas pertinentes de acuerdo con la afectación.
5. Evitar la contaminación de las aguas del arroyo con los residuos de los talleres, con posibles derrames de aceites y combustible, manteniendo la limpieza del decantador y trampas de grasas.

- Medio afectado: flora

1. Favorecer el crecimiento de vegetación en forma de pantalla arbórea por los bordes de la cantera.

2. Promover la revegetación de la zona priorizando árboles y arbustos propios del lugar.
3. Elección correcta del área de desbroce para la apertura de los frentes.
4. Efectuar estudio antes a la explotación, de las especies presentes que serán eliminadas para su posterior reposición.
5. Reducir al mínimo las áreas a desbrozar.
 - Medio afectado: fauna
1. Se extraerán arboles solo donde se explotará.
2. Monitorear en la etapa de cierre la restauración del terreno para insertar varias especies endémicas en la zona.
3. Mantener protegidas aquellas especies sobre las cuales existen evidencias de peligro de extinción.
4. Efectuar detonaciones de baja intensidad y solo si es necesario.
5. Dar prioridad a toda investigación, dirigida a evaluar el estado y la tendencia de la población de los animales presentes en el yacimiento.
6. Control de la maquinaria empleada en la cantera de manera, que estas funcionen solo cuando sea necesario.
7. Aplicar métodos de cuidado y vigilancia, con el fin de minimizar las alteraciones sobre la vida animal en las distintas fases del sistema de explotación.
- Medio afectado: paisaje
1. Remodelar la topografía alterada de modo que se ajuste lo más posible a lo natural.
2. Exponer en lugares visibles avisos indicando las medidas de protección y prevención que deben adoptarse respecto a los riesgos ambientales del proyecto.
3. Conservar la capa vegetal para su posterior reubicación.
4. Utilizar pantallas visuales para evitar la observación directa del área y de la planta de preparación mecánica desde la carretera en el desarrollo del proyecto.
5. Explotación en banco y terraza para lo cual una vez terminado las actividades, se plantaran vegetación de rápido crecimiento, además se considerar la posibilidad de incluir nuevas especies vegetales en el perímetro.

6. Buscar un uso alternativo de los estériles y materiales no aprovechables.
 - Medio afectado: sociedad
1. Realizar chequeos médicos con rigor y frecuencia al personal que labora directamente en la cantera.
2. Uso de los medios de seguridad, respeto a las señales del tránsito, y no exceso del uso del claxon de los camiones.
3. Señalización adecuada de los frentes de trabajo, para evitar el ingreso de personas ajenas a la explotación.
4. Concienciación y capacitación a operarios y así como, la provisión de elementos de seguridad industrial, tales como: cascos, guantes, tapa bocas, gafas, extintores, trajes especiales, etc.
5. Apoyar programas de salud dirigidos al asentamiento poblacional cercano al yacimiento.
6. Establecimiento de un canal de negociación y dialogo con la comunidad afectada por los impactos negativos resultantes de la actividad en el yacimiento.
7. Reparación, mejoramiento y mantenimiento de las vías de acceso al yacimiento, con el fin de evitar accidentes.
8. Disposición de carteles indicadores de peligro en zonas vulnerables.
9. Instruir a los trabajadores mineros sobre la importancia del respeto y valores culturales, y sensibilizarlos en sus tradiciones y estilo de vida, incluyéndolos en cursos en los planes de capacitación.
10. Introducir la dimensión ambiental como parte de la educación formal e informal, especialmente en lo relacionado a la minería en el cuidado del medio ambiente.
- Medio afectado: económico
1. Realizar estudios de mercados que permitan establecer una correcta relación entre oferta y demanda.
2. Implementar controles de calidad al producto final para eliminar las no conformidades de los clientes.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

1. El estudio geoambiental realizado evidencia, que las principales acciones susceptibles de producir impactos son: tala y desbroce, destape de la materia prima, perforación y voladura, excavación, transportación y procesamiento de la materia prima, así como, su almacenamiento, y los factores del medio susceptibles de recibir impactos como: suelo, aire, agua, flora, fauna y paisaje.
2. La aplicación del método Criterios Relevantes Integrados (CRI) permitió identificar y valorar los impactos ambientales producto de la explotación de calizas en el yacimiento estudiado en tres categorías: I, II y III, con probabilidades de ocurrencia moderada, alta y muy alta.
3. Existen diferencias significativas entre los valores obtenidos por medición y los valores permitidos por las normas para la concentración de polvo y nivel de ruido.
4. Los impactos con mayor probabilidad de ocurrencia en la cantera son: MF-01 (Aire), MF-03 (Relieve), MF-06 (Paisaje), MB-01 (Flora), MB-02 (Fauna), MSE-01 (Sociedad) y MSE-02 (Economía), con un VIA de 6 al 9.

RECOMENDACIONES

1. Para mantener los estándares ambientales y lograr la aplicación de las medidas recomendadas se debe implementar un sistema de gestión ambiental que responda los criterios de las normas ISO.
2. Actualizar el proyecto de rehabilitación de la cantera para tener mejor apreciación de la situación real de la concesión minera a la hora de realizar cualquier investigación.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera I. *et al.*, 2003. Incidencia ambiental de la extracción de arena del río Nibujón. *Minería y Geología* Nos. 1-2.
- Ayala F. *et al.*, 1989. Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería. Serie: Ingeniería Geoambiental. Instituto Tecnológico GeoMinero de España. 332 pp.
- 1994. "La identificación de alteraciones y la evaluación del impacto ambiental", en Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería, pp. 59-71, Instituto Tecnológico GeoMinero de España.
- Aguiló M. *et al.*, 1993. Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología. Madrid, 809 págs.
- Almenares A. 2014. Caracterización Minero – Ambiental de las Canteras de Materiales de Construcción de la Provincia Granma. Trabajo de Diploma en opción al título de ingeniero de minas. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Holguín, Cuba.
- Arboleda, J. 2008. Manual para la Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos, Obras O Actividades. Disponible en: http://evaluaciondelimpactoambiental.bligoo.com.co/media/users/20/1033390/files/255491/1_Manual_EIA.pdf. Consultado 04/07/2015.
- Bertoni, A. 2008. Evaluación geoecológica de los paisajes del departamento Minas (Provincia de Neuquén), para el estudio de la degradación de la tierra. Jornada del Doctorado en Geografía. La Plata. Territorios en movimiento: nuevas transformaciones en la Argentina de hoy. Disponible en: http://www.fuentesmemoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.744/ev.744.pdf. Consultado 26/10/2016.
- Buroz. E, 1990. Mitología de los Criterios Relevantes Integrados.
- 1998. La gestión ambiental: Marco de referencia para las evaluaciones de impacto ambiental. Fundación Polar, Caracas, ISBN 980-6397-51-7, 376 p.

- Cambuta J. 2014. Caracterización minero ambiental de la Sociedad Minera Catoca de la República de Angola.
- Conesa V. 1997. Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental. 3ra edición. Mundi-Prensa, Madrid.
- 2000. Guía metodológica para evaluación de impacto ambiental 3ra edición Editorial Mundi-Prensa Madrid. Vol 1, 416 p.
- CISAT. 2007. Diagnóstico Ambiental de la Cuenca del Río Mayarí. Holguín. 151 p.
- Carcavilla L. *et al.*, 2014. Geodiversidad y patrimonio geológico. Instituto Geológico y Minero de España. 21 p.
- Castellanos M. 1998. Cuaderno de trabajo de economía y medio ambiente. Curso- Seminario, Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, Moa. Cuba.
- Cabrera J. 2013. Actualización del Proyecto de Explotación de la cantera El Pilón, Instituto Superior Minero Metalúrgico.
- Camargo A. 2002. Percepción social de la Contaminación del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de México. Disponible en: http://www.flacso.edu.mx/biblioiberoamericana/TEXT/MPOD_IX_promocion_2010-2012/Camargo_A.pdf. Consultado 02/05/2016.
- Correia F. 2016. Diagnóstico tecnológico de la cantera de áridos El Pilón de la provincia Holguín. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Holguín, Cuba.
- Espinoza G. 2007. Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. BIC/CED. 259 p. Santiago - Chile.
- Etter A. 1990. "Estructura y Funcionamiento del Paisaje". En: Manual de Ciencia del Paisaje. Teoría, métodos y aplicaciones. Barcelona, pág. 58-70.
- Etter A. *et al.*, 2006. Modelling the conversion of Colombian lowland ecosystems since 1940. Drivers, patterns and rates. Journal of environmental management 79: 74-87.

- Edivaldo J. 2010. Espaço da Geografia. Universidade Federal de Goiás (UFG). Disponible en: <http://edivaldobessa.blogspot.com/2010/12/unidades-geoambientais-do-ceara.html>. Consultado 22/12/2016.
- Fagundo C. *et al.*, 2016. Procesos Biogeoquímicos. Editores: Facultad de Química, Universidad de La Habana; Academia de Ciencias de Cuba; Cátedra Lomonosov de Química. – La Habana: ISBN (PDF) 978-959-16-3133-6. Espacio de la Geografía
- Fernández, A. 2008. Estudios de la evaluación de impacto ambiental. “Proyecto de explotación de la cantera SANTUTIS”. Peña cerrada.
- Freud E. *et al.*, 1992. Modern Elementary Statistics. United States of America, Editorial New York University, ISBN 0-13-602699-0.
- Fonseca E. *et al.* 1985. Structure features of the ophiolite association of Cuba. Geotectonic. 19(4):321-329 p.
- Flores L. 2004. Estudio sobre las percepciones y la educación ambiental. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31121072004>. Consultado 08/02/2016.
- García I. 2007. Ambientes laborales de ruido en el sector minero de la comunidad de de Madrid: Clasificación y predicción y soluciones. Tesis doctoral, Universidad de Politécnica de Madrid.
- Guerrero E. 2012. Manual procedimiento para voladuras.
- Gallardo D. *et al.*, 2013. Evaluación de impactos ambientales provocados por la actividad minera en la localidad de Santa Lucía, Pinar del Río.
- Gallardo D. 2009. Impacto ambiental de la actividad geólogo-minera: Caso de estudio, el yacimiento Santa Lucía, Pinar del Río. En: III Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, GEOCIENCIAS. Habana, ISBN 978-959-7117-19-3.
- García O. 2013. Caracterización minero-ambiental del Grupo Empresarial de la Construcción del MICONS de Holguín. Trabajo de Diploma en opción al título de ingeniero de Minas. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Holguín, Cuba.

- Gómez D. 2014: Evaluación del Impacto Ambiental. Ed. Mundi-Prensa y Editorial Agrícola Española, S.A. Madrid. 2ª edición. 760 p.
- Guindo A. 2013. Caracterización minero - ambiental de la Industria de Materiales de la Construcción de la provincia Guantánamo. Trabajo de Diploma en opción al título de ingeniero de Minas. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Holguín. Cuba.
- Handjaba J. 2012. Estudio Minero Ambiental de la cantera "El Cacao". Trabajo de Diploma en opción al título de ingeniero de Minas. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Holguín, Cuba.
- Hernández N. *et al.*, 2011. Impacto ambiental de la explotación del yacimiento de materiales de construcción El Cacao. *Minería y Geología*, v.27 n.1, p. 38-53.
- 2014. Determinación del método de arranque de la roca en la cantera Pilón, Mayarí. *Minería y Geología*, 30, 16.
- 2015. Evaluación ambiental asociada a la explotación del yacimiento de materiales de construcción la Inagua, Guantánamo, Cuba.
- 2015. Procedimiento para la elección del método de arranque de las rocas en canteras para áridos. Tesis doctoral. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
- Lacreu L. 2004. Sostenibilidad de los recursos geoambientales y la ambientalización curricular en la enseñanza de la geología. 1º Congreso de Educación Ambiental para el Desarrollo Sustentable en la República Argentina.
- Legrá A. *et al.*, 2014: Contribución al método de interpolación lineal con triangulación de Delaunay. *Minería y Geología* 15(2): 58-72.
- López G. 2014. Geografía. Una visión de tu espacio (S. A. d. C. V. Grupo Editorial Patria Ed. Primera edición, México.
- Mena I. 2015. Efecto sobre el medio ambiente de la explotación del yacimiento de calizas "El Pilón". Trabajo de Diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

- Mongoro N. 2013. Evaluación ambiental de la extracción de materiales de construcción en la cantera Km 34. Universidad Nacional de Guinea Ecuatorial.
- Moráguez A. 2016. Cómo seleccionar el tamaño de una muestra para una investigación educacional? Holguín.
- Mbó M. 2013. Incidencia ambiental de la extracción del material de construcción en la cantera Socopetete de la empresa SOGECO. Universidad Nacional de Guinea Ecuatorial (Guinea Ecuatorial).
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (2011). Restauración ecológica, rehabilitación y recuperación. Plan nacional de restauración de ecosistemas de la república de Colombia. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/documentos/DocumentosBiodiversidad/publicaciones/plan_nacional_restauracion_2012.pdf. Consultado 10/12/2015.
- Montes de Oca A., M. Ulloa. 2012. Estudio del impacto ambiental y medidas de rehabilitación en la cantera "los Guaos".
- Mulet Góngora I., Molina Rodríguez P. & Piña Domínguez E. 2013. Estudio del Impacto Ambiental en el yacimiento de caliza "El Pílon". (Diploma), Escuela "Raúl Tamayo Sarmiento" Micons-Holguín, Centro Provincial de Capacitación y Superación Técnica.
- Miller R. *et al.* 2005. Probabilidad y Estadística Para Ingeniero. Editorial Félix Varela. La Habana Cuba.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2013). Plan Nacional de Restauración: Restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas, México. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/documentos/DocumentosBiodiversidad/publicaciones/plan_nacional_restauracion_2013.pdf. Consultado 25/11/2015
- Oyarzún J. 2008. Evaluación de Impactos Ambientales. Diplomado en Sustentabilidad Ambiental Minera (ULS.). Depto. Ingeniería de Minas Universidad de La Serena (Chile).
- Paula S. *et al.* 2010. Estudio geoambiental de la cuenca del río Huaura, Perú.

- Paulo A. 2016. Perfeccionamiento de los trabajos de perforación y voladura en la cantera “El Pílon”. Trabajo de Diploma en opción al título de ingeniero de Minas. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Holguín, Cuba.
- Pérez L. 2015. Caracterización Geológico- Ambiental de la Unidad Experimental “Santa Barbará” Municipio Cañada de Urdaneta, Estado Zulia, Venezuela.
- Pérez A. 2015. Caracterización Minero–Ambiental de las Canteras en la Industria de Materiales de la Construcción de Santiago de Cuba. Trabajo de Diploma en opción al título de ingeniero de Minas. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Holguín, Cuba.
- Rojas A. *et al.* 2009. Guía de gestión ambiental para la minería no metálica (M. M. Alpízar & M. V. Flórez-Estrada Eds.). UICN, Oficina Regional para Mesoamérica y la Iniciativa Caribe. San José, Costa Rica.
- Ramírez Y. 2016. Estudio geoambiental del depósito de la UBMina de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara. Tesis de maestría. Instituto Superior Minero Metalúrgico “Dr. Antonio Núñez Jiménez”.
- Ruiz D. *et al.* 2010. Estudio geoambiental de la cuenca de Guanabo. Cuba. Universidad de La Habana.
- Sánchez J. 2001. El medio ambiente en Colombia: Uso del territorio. Instituto de Ciencias Naturales y Estudios Ambientales. Colombia.
- Sanches E. (2000). Notas de clases dictadas en el II Curso internacional de aspectos geológicos de protección ambiental: Campinas, SP, Brasil. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd29/impacto-ecosis.pdf>. Consultado 30/06/2016.
- Tovar G. 2013. Análisis preliminar de los impactos ambientales y sociales generados por la minería de arcillas a cielo abierto en la vereda el Mochuelo Bajo, ciudad Bolívar, Bogotá.
- Torres M. 2015. Evaluación geoambiental de la cuenca hidrográfica del río Pontezuelo, Mayarí. Trabajo de Diploma en opción al título de ingeniero Geólogo. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Holguín, Cuba.

- Vega R. 2007. Los impactos sobre la salud humana de los polvos de minerales y el desarrollo sustentable de la minería como alternativa para mitigar sus efectos. Revista Futuros. Disponible en: <http://www.revistafuturos>.
- Vílchez O., M. Ulloa. 2015. Evaluación del impacto ambiental por presencia de hidrocarburos en el fundo los Clavelitos. Minería y Geología v.31 n.3, p. 91-108.
- Vicente A. *et al.* 2011 .Minería en Colombia a qué precio. Boletín informativo no. 18. PBI Colombia. Disponible en: http://www.peacebrigades.org/fileadmin/user_files/projects/colombia/files/colomPBla/111122_boletin_final_web.pdf. Consultado 09/11/2015.

ANEXOS

Anexo 1

1. Caracterización Físico-Geográfica y Geológica de la región

El municipio de Mayarí, se localiza en la parte centro–este de la provincia Holguín, limitada al norte con la Bahía de Nipe y el Océano Atlántico, al sur con la provincia de Santiago de Cuba, al este el municipio Frank País y al oeste los municipios Cueto y Báguanos (Figura 1). Su extensión territorial es de 1,310.6km².

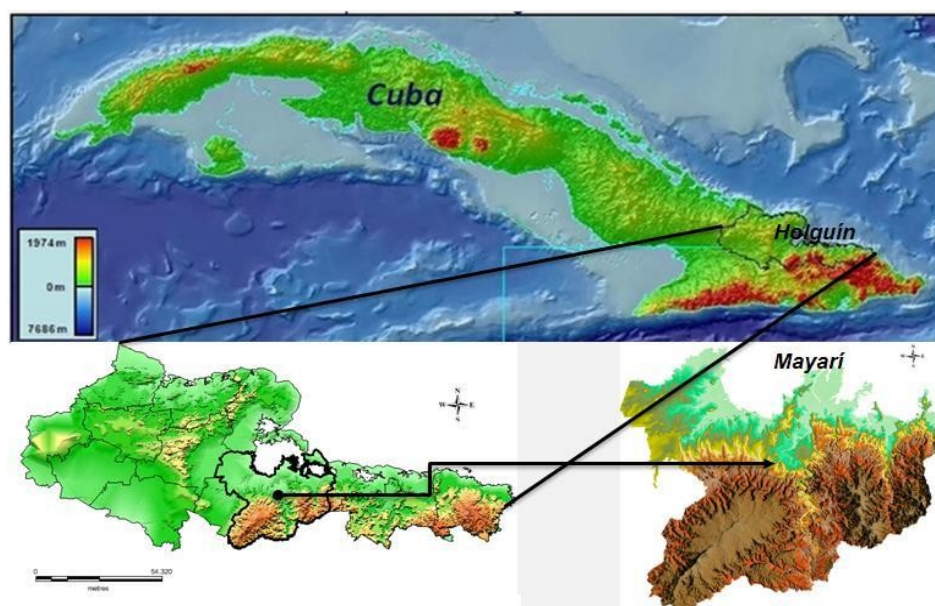


Figura 1. Ubicación geográfica del municipio Mayarí.

Clima de la región

Desde el punto de vista climático el municipio presenta un régimen que se diferencia con la media nacional, lo que está dado por la posición que ocupa la misma con respecto al anticiclón del Atlántico y a sus condiciones de relieve montañoso. La precipitación media en el área que comprende la meseta Pinares de Mayarí es de unos 1650mm a unos 600m.s.n.m. (CISAT, 2007).

Con evidencia de la existencia de dos estaciones, un periodo lluvioso de mayo a octubre (verano), siendo los meses más lluviosos mayo y septiembre, los cuales presentan precipitaciones promedio mensual de 275 y 214mm respectivamente. La estación relativamente seca corresponde a los meses de noviembre a abril (invierno), los meses más secos son enero y diciembre con lluvias menores a los 100mm y por encima de los 50mm. La temperatura media

anual es de 21.6°C, las temperaturas bajas son producidas por el gradiente vertical (0.6°C/100 m) en las áreas montañosas y por el paso de los frentes fríos. Los vientos predominantes son los alisios del noreste durante casi todo el año y la velocidad de los mismos oscila alrededor de los 13 km/h.

La humedad relativa del aire es de 84.1%, siendo ésta superior a la media normal (80%), lo cual demuestra que se está en presencia de una zona con características climáticas húmedas, determinadas por la abundancia de lluvias caídas, así como las bajas temperaturas que reinan durante casi todo el año. Estas condiciones climáticas caracterizan la altiplanicie de Nipe. En esta área el clima es clima es tropical con abundantes precipitaciones, estando estrechamente relacionadas con el relieve montañoso.

Las condiciones climáticas de Cuba influye notablemente la cantidad de radiación solar incidente sobre la superficie. El régimen de radiación en el país presenta variaciones espaciales relacionadas fundamentalmente con factores orográficos, de manera que mientras en zonas costeras aparecen promedios diarios anuales superiores a 16.6 MJ/m², en las alturas los registros son inferiores a 15.6 MJ/m² (Mulet *et. al.* 2013).

Relieve de la región

La geomorfología del municipio Mayarí está compuesta por dos macizos montañosos, Sierra de Nipe y Sierra Cristal. Su relieve ha sido condicionado tectónicamente, donde se reflejan las particularidades de la compleja estructura geológica obtenida como resultado de los movimientos compresivos de la Orogenia cubana y las adquiridas en la etapa neotectónica. En la Sierra Cristal se encuentra la mayor elevación del territorio, la Mensura, con 995 metros sobre el nivel del mar (Figura 2). En esta zona se encuentran diferentes categorías geomorfológicas determinadas por las diversas amplitudes de los movimientos neotectónicos como son las montañas, las alturas y las llanuras. Las montañas son el resultado de ascensos neotectónicos moderados e intensos (CISAT, 2007).

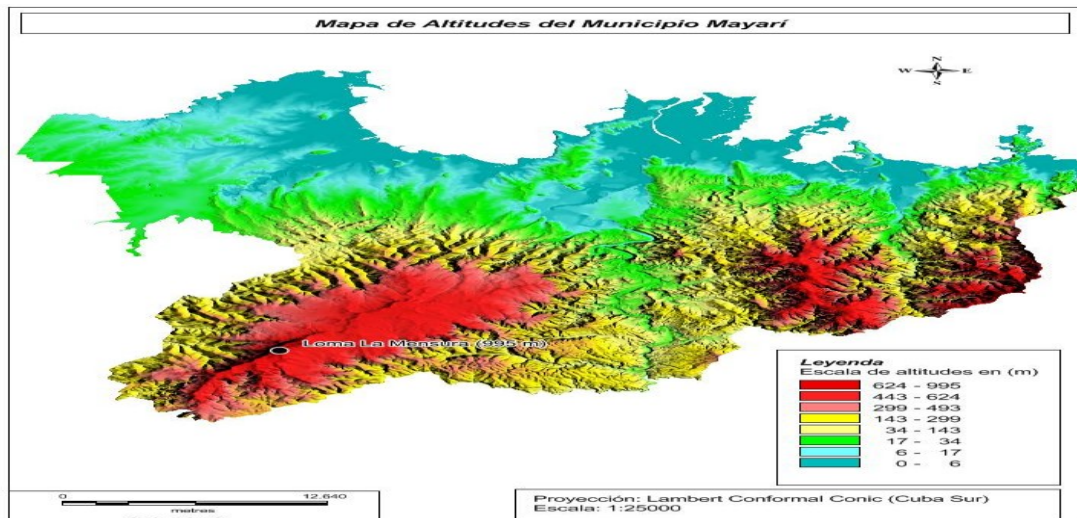


Figura 2. Mapa de de Altitudes del Municipio

Geología regional: el municipio Mayarí se encuentra ubicado en el complejo ofiolítico Mayarí-Baracoa, el cual se localiza en el extremo oriental de la Isla de Cuba. En este macizo se pueden distinguir diferentes mantos de cabalgamiento, en los que se aprecian espejos de fricción y escamas tectónicas de diferentes espesores. En los estudios realizados por Proenza 1998, citado por Torres (2015), este divide las fajas ofiolíticas en dos grandes macizos: 1) El macizo Moa-Baracoa y 2) El Macizo Mayarí-Cristal.

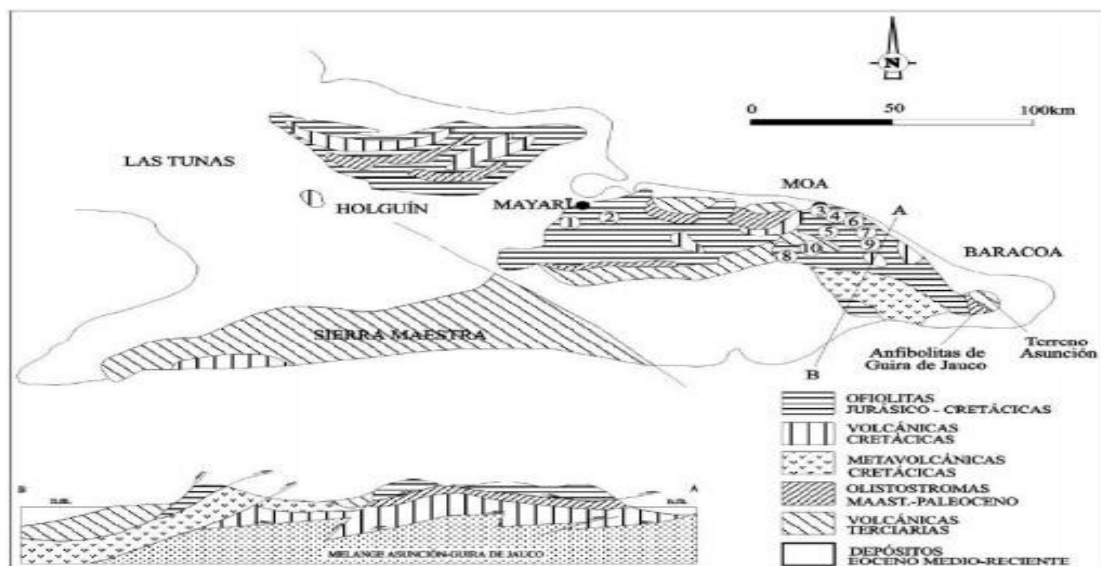


Figura 3. Ubicación de la faja ofiolítica Mayarí-Baracoa (Iturralde-Vinent, 1996). Los números indican la ubicación de las principales áreas de distribución de los depósitos lateríticos de níquel y cobalto: 1 - Pinares de Mayarí, 2- Nicaro, 3- Moa, 4- Punta Gorda-Yagrumaje, 5- Las Camariocas, 6-Cantarrana-La Delta, 7- Santa Teresita, 8- La Fangosa, 9- Iberias y 10- Piloto.

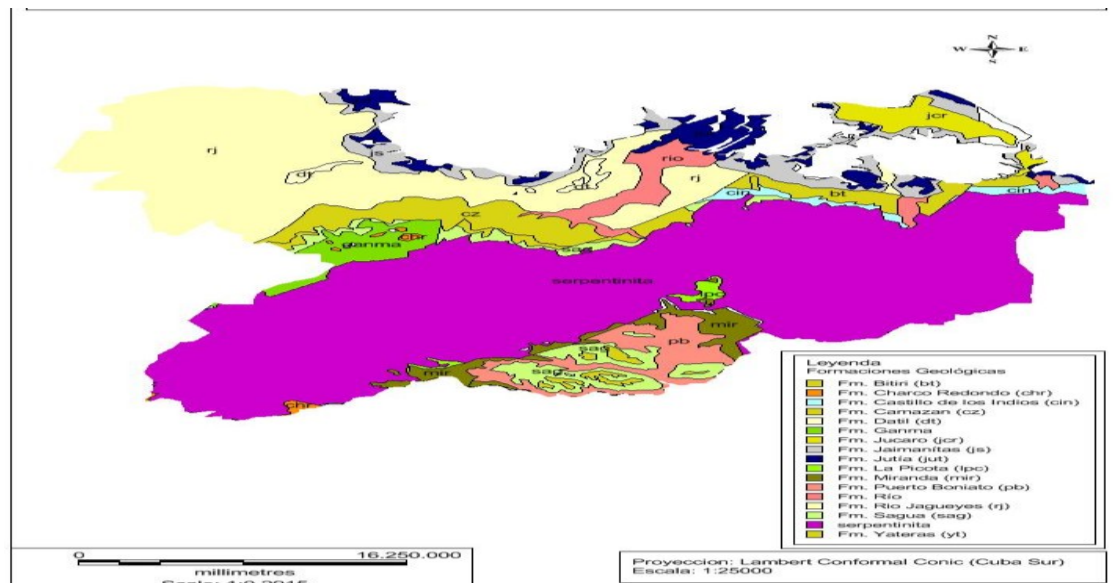


Figura 4. Mapa Geológico de Mayarí. Escala: 1:25000.

Rocas Serpentinizadas del Complejo Ofiolítico: son rocas constituidas por harzburgitas y periodotitas. Estas datan de la era Jurásico-Cretácico Temprano (Iturralde- Vinent, 1996). Se considera que estas rocas serpentinizadas poseen un espesor superior a los 1000 metros, se presentan en forma de escamas tectónicas muy fracturadas (Fonseca *et al.*, 1985).

Formación Río Macío (Holoceno): está integrada por depósitos en valles aluviales de composición y granulometría heterogénea. Estos depósitos están formados por sedimentos arenosos, areno-arcillosos y conglomerados, estos últimos los conforman fragmentos de rocas ultramáficas serpentinizadas (peridotitas y harzburgitas).

Formación Bitirí (P3-N1(1)): calizas algáceas, duras, carsificadas, que contienen ocasionalmente fragmentos de corales.

Formación Camazán (P3-N1(1)): calizas biotetríticas, calcarenitas, calciruditas, limolitas con intercalaciones de margas y arcillas.

Formación Río Jagüeyes (N1 (1)-N1 (2)): dentro de este tipo de rocas encontramos: limonitas, areniscas, gravelitas, margas, calizas, calcarenitas y arcilla.

Formación Castillo de los Indios (Eoceno Inferior-Medio): margas con intercalaciones de calizas arcillosas, areniscas polimícticas, conglomerados polimícticos, limolitas y tobas.

Formación Charco Redondo (P2 (2)): calizas compactas órgano-detríticas, fosilíferas, de color variable.

Formación Dátil (N2-Q1): conglomerados polimícticos masivos, poco rodados y seleccionados.

Formación Júcaro (N1 (3)-N2): calizas arcillosas, calcarenitas, margas, limolitas, arcillas yesíferas y dolomitas.

Formación La Picota (K2): conglomerados polimícticos con intercalaciones de areniscas y conglobrechas mal seleccionadas que se intercalan con argilitas.

Formación Puerto Boniato (P2 (2)): alternancia de calizas y margas, con intercalaciones de sílice.

Gabros del Complejo Ofiolítico: los cuerpos de gabros forman grandes bloques y diques incluidos en el macizo ofiolítico, cuyos contactos con los otros tipos litológicos son generalmente tectónicos, las dimensiones de los cuerpos de gabros varían de uno a tres kilómetros de ancho y de 10 a 15 kilómetros de longitud. Se estima que presentan un espesor medio de 500 metros (Fonseca et al., 1985).

Formación Miranda (P1(1)-P2): tobas con intercalaciones de tufitas, areniscas tobáceas, calizas, conglomerados, limolitas, margas, gravelitas y conglomerados vulcanomícticos.

Formación Sagua (P2 (2)-P2 (3)): margas con intercalaciones de calizas arcillosas, areniscas polimícticas, conglomerados polimícticos, limolitas y tobas.

Formación Yateras (P3-N1(1)): alternancia de calizas biodetríticas y detríticas, y calizas biógenas de grano fino a grueso, estratificación fina a gruesa o masivas, duras, de porosidad variable, a veces aporcelanadas que frecuentemente contienen grandes *Lepidocyclinas*. Estas rocas por lo general presentan coloración blanca blanca, crema o rosácea, y con menos frecuencia carmelitas.

Formación Jaimanitas (Q3-4): calizas biodetríticas masivas, generalmente carsificadas, muy fosilíferas conteniendo principalmente conchas bien preservadas y corales de especies actuales y ocasionalmente biohermos. Las bolsas cársicas se encuentran rellenas por una fina mezcla carbonato- arcillosa

ferruginosa de color rojo ladrillo. Estas rocas producto de la cementación pasan a calcerenitas masivas o finamente estratificadas y a veces contienen intercalaciones de margas. La cementación es variable, además la coloración predominante es blancuzca o amarillenta. Y la formación jutía (Q4): depósitos de pantanos, de mangles, limos, limos arenosos.

Tectónica regional

Esta región se caracteriza por su actividad tectónica actual vinculada a la última etapa de evolución geológico – tectónica de la Isla, en la cual permanecen con un grado de actividad significativa los movimientos verticales y horizontales. La génesis de estos movimientos está vinculada con su ubicación en las proximidades de la zona de fallas Bartlett–Caimán, principal estructura tectónica activa de este territorio, al tiempo que constituye el límite transformante entre las placas litosféricas Caribeña y norteamericana. Por las investigaciones sismotectónicas de la región, se comprobó que los movimientos recientes, condicionaron la desarticulación del territorio en un sistema de bloques tectónicos con un régimen peculiar de desarrollo, teniendo los límites de los bloques por lo general una naturaleza disyuntiva, destacándose en la región nororiental, los bloques Holguín, Mayarí-Moa-Baracoa y la cuenca Cauto–Nipe.

Características hidrográficas regionales

La abundancia de precipitaciones atmosféricas, así como la morfología son factores que condicionan el desarrollo de una compleja y densa red hidrográfica, la cual constituye una valiosa reserva del potencial hídrico con el que cuenta la región, como lo son los ríos: Mayarí, Nipe, Guaro, Piloto, Naranjo, Sojo y Birán, entre otros. Existe en la zona una cantidad considerable de pequeños ríos, arroyos y cañadas, los cuales son tributarios de los ríos principales (Mayarí, Nipe, Guaro). Alguno de estos pequeños ríos en su curso por los flancos de la meseta forman cascadas que caen desde alturas de algunos metros hasta decenas de metros formando cañones profundos y estrechos. La red de drenaje es variada, distinguiéndose la red fluvial de tipo radial y en menor grado de desarrollo las redes del tipo sub-paralela con orientación SE, y angular en los límites y flancos de la meseta. El río Mayarí, como río fundamental, corre principalmente de sur a norte, el mismo en su

curso arrastra un gran caudal y atraviesa una llanura denudativa sobre un lecho de rocas onduladas y diseccionadas. A lo largo del río se desarrolla un valle en forma de (U) lo cual denota su madurez.

Procesos y fenómenos geodinámicos

Meteorización: es uno de los fenómenos físico-geológico más importante y está vinculado a la descomposición física y química que producen las alteraciones en la roca o suelo, las cuales modifican substancialmente los parámetros de resistencia y permeabilidad. En el municipio Mayarí estos procesos están vinculados a la formación de potentes cortezas lateríticas sobre rocas ultrabásicas y básicas principalmente. Las condiciones climáticas, geomorfológicas, tectónicas y características mineralógicas de las rocas existentes en esta zona favorecen los procesos de meteorización química del medio. La corteza de meteorización está desarrollada principalmente sobre peridotitas de tipo harzburgitas serpentinizadas en distinto grado y por serpentinitas, las cuales ocupan la mayor parte del territorio y en menor grado por materiales friables producto del intemperismo químico.

Movimientos de masas: este proceso está vinculado a los movimientos de laderas naturales y taludes condicionados naturalmente o generados por actividades mineras o construcciones civiles. Los mecanismos de rotura y las tipologías de los movimientos de masas desarrollados en las cortezas residuales, están condicionados por las características estructurales del macizo rocoso, aunque en las zonas de desarrollo de cortezas redepositadas, las condiciones geotécnicas de los materiales inciden con más fuerza sobre el tipo de movimiento (Almaguer, 2005). Las propias condiciones naturales de las cortezas lateríticas como alta humedad, granulometría muy fina, altos contenidos de minerales arcillosos, baja permeabilidad, así como la intensa actividad sismo-tectónica en la región y elevados índices pluviométricos, hacen que este fenómeno sea muy común y se convierta en un peligro latente, capaz de generar grandes riesgos no sólo en la actividad minera sino en otros sectores del territorio.

Erosión: es un proceso, que aunque se produce de forma natural en las potentes cortezas lateríticas, cuyo desarrollo en los últimos años se ha visto

favorecido por la actividad antrópica vinculada a la minería a cielo abierto y a la deforestación. La erosión tiene lugar, sobre todo en las zonas desbrozadas donde los suelos han quedado sin protección alguna, lo cual unido al carácter muy friable de los mismos propicia un rápido acarreo pendiente abajo.

Sismicidad: en el municipio Mayarí se encuentran 4 estructuras activas, las cuales son las más significativas desde el punto de vista de peligrosidad sísmica por su cercanía al área del Trasvase, son la Sabana 1, Baconao 1 y la Cauto – Nipe, así como Santiago-Moa, pero con magnitudes menores.

Vegetación regional

La vegetación natural actual de la región se encuentra altamente afectada por la actividad antrópica. El resto de las áreas está ocupado por matorrales secundarios y vegetación cultural.

Bosque Tropical Aciculifolio: pinar con *Pinus cubensis*. Que ocupan las montañas pequeñas desde los 500m de altura en los macizos montañosos Sierra de Nipe – Cristal, y está sobre suelo ferrítico púrpura, profundo con grandes áreas convertidas en pastos.

Bosques Tropicales Latifolios: bosque siempre verde mesófilo de baja altitud. Estos bosques se ubican principalmente en la zona de premontaña y submontaña sobre suelo pardo sin carbonato, cuya composición florística es la siguiente: Júcaro amarillo, Yagruma macho, Macurije, Achotillo, Copal, Aguacatillo, Yaba, y la Palma Real.

Bosque semidecíduomesófilo: matorral secundario con bosques y comunidades herbáceas. Estos bosques ocupan parte de las alturas de rocas sedimentarias carbonatadas. Se desarrollan sobre suelos pardos con carbonatos. La composición florística actual en el estrato arbóreo es la siguiente: Ceiba, Ayúa varía, Cuajaní hembra, Caguairán, Majagua.

Matorral Tropical Latifolio: Xeromorfosubespinoso sobre serpentinita. Se encuentra en las premontañas y submontañas formadas por serpentinita hasta una altura de 450 m.s.n.m, sobre suelos fersialíticos pardo rojizo y amarillento, poco profundo y esquelético. La altura máxima alcanzada por el estrato superior es de 7 a 10 m. El estrato arbóreo de este tipo de maleza está compuesto por Jaragua, Carmín, Rojo de Charrasco y Meloncillo.

Complejo de Vegetación de Mogote: este tipo de vegetación se encuentra en las alturas de rocas sedimentarias carbonatadas sobre suelos pardos con carbonatos, principalmente en la subcuenca del río Piloto y está formada por matorrales secundarios, bosque semidecídúomesófilo y vegetación de mogote.

Manglar: ubicado en la llanura fluvio-marina, deltáica sobre suelos hidromórficos, pantanosos y turbosos. La composición florística actual es la siguiente: estrato arbóreo: Mangle rojo, Mangle prieto, Patabán, Yana.

La cubierta vegetal constituye un factor importante a la hora de evaluar la estabilidad de taludes y laderas, produciendo indudables efectos beneficiosos, sobre todo en lo que se refiere a la protección de la superficie. Las raíces de las plantas producen un aumento de la resistencia al esfuerzo cortante en la zona de suelo que ocupan, de forma que la resistencia de un suelo con raíces puede llegar a ser del orden de dos veces la del mismo suelo sin ellas. Las raíces de ciertas hierbas pueden llegar a alcanzar profundidades de 0,5 a 0,75 metros, y en algunos casos concretos hasta más de 1,5 metros. En definitiva el efecto de las raíces se puede considerar como el aporte al suelo de una cohesión aparente, de forma que el aumento de la resistencia al corte se traduce en un aumento del coeficiente de seguridad del talud frente a posibles inestabilidades superficiales. No obstante muchos de estos bosques han sido afectados por la actividad antrópica transformándolos para la utilización de los suelos en la agricultura, la ganadería, la minería, construcción de obras hidráulicas y la explotación de los recursos forestales sin tener en cuenta su importancia para la conservación de los suelos.

Características Ingeniero-Geológicas de la región

Debido la manifestación de los procesos de meteorización en gran parte del municipio Mayarí, (predomina el intemperismo químico), se forma la típica corteza laterítica, a partir de la cual surgen los yacimientos de tipo residual ricos en Ni, Fe y Co. La formación y desarrollo de estas cortezas están condicionada por la existencia de un macizo rocoso de composición ultrabásica, la existencia de un clima cálido y húmedo, así como, por la presencia de pendientes favorables y que no permiten que el escurrimiento superficial favorezca la erosión y el transporte de los productos de la

meteorización, y la existencia de sistemas de discontinuidades de diversos orígenes.

Los potentes horizontes lateríticos en estas cortezas reflejan la combinación de estos factores en el territorio, con particularidades en sus propiedades geotécnicas, considerándose en ocasiones suelos especiales. Estos suelos presentan particularidades específicas en cuanto a su densidad seca (d), composición granulométrica e índice plástico (I_p). La densidad seca se caracteriza en estos suelos por disminuir con respecto a la profundidad, aumentando a su vez el índice de poros (e), la composición granulométrica manifiesta una variación con la profundidad similar a la densidad seca, es decir, es gruesa hacia la superficie disminuyendo con la profundidad estableciéndose una relación biunívoca entre la densidad y la composición granulométrica, correspondiendo a los suelos gruesos densidades altas y a los suelos finos densidades más bajas. (Carmenate, 1996 citado por Torres, 2015).

En la cuenca del Río Mayarí, encuentra cinco tipos de suelos entre los que destacan: oscuros plásticos, húmicos carbonatados, pardos con y sin carbonatos y ferríticos, y que desde el punto de vista físico el comportamiento para los cinco tipos de suelos es esta: La densidad real, presenta valores altos comparados con otros suelos, lo que explica el predominio de minerales tales como la gibsita, y hematita muy ricos en Hierro y Aluminio. La densidad aparente de estos suelos está afectada por las concreciones de hierro que aparecen en el suelo y aumentan su valor (CISAT, 2007).

La textura, muestra, para el suelo en condiciones naturales, que las diferentes fracciones (arena, limo y arcilla), alcanzan, en la parte superior del perfil (20, 45 y 35 % respectivamente), dando lugar a una textura franco arcillosa. Se ha de destacar además, que en esta área no existe una distribución homogénea en la textura de los suelos producto a que son áreas donde se ha depositado suelo de otra parte para la recuperación de áreas devastadas por la minería. La porosidad de aireación y la compactación son propiedades dinámicas que dependen de los espacios porosos y del contenido de humedad presente en el suelo en el momento que se realice la evaluación, para el caso la porosidad de aireación presentan buenos valores. La humedad es mayor, y en este caso, cercana a la Capacidad de Campo, por lo que hay una disminución de

compactación que lógicamente tiene que ver con el contenido de agua presente en el suelo.

Anexo 2



Figura 5. Rocas calizas órgano brechosas y órgano detríticas

Anexo 3



Figura 6. Imagen de calizas estratificadas

Anexo 4



Figura 7. Imagen del Carso superficial

Anexo 5



Figura 8. Contacto entre las calizas de la Bitirí y las serpentinitas, ambas fuertemente tectonizadas

Anexo 6

Tabla 1. Características técnicas del equipamiento empleado en la explotación del yacimiento El Pilón

No	EQUIPO	MARCA	MODELO	RENDIMIENTO	CANTIDAD
1	Excavadora	Hitachi	UH – 181	1.5 m ³	1
2	Cargador	Volvo	L – 180E	4.6 m ³	1
3	Bulldócer	Komatsu	D-85	220 hp	1
4	Camión volteo	Belaz	7540 –A	15 m ³	2
5	Compresor	Betico	-	4 m ³ /h	1
6	Carretilla barrenadora	Segeda	-	10.5 m/h	1
7	Cargador	Volvo	L-60E	1.75 m ³	1

Anexo 7



Figura 9. Carretilla barrenadora que utiliza EXPLOMAT en la cantera

Anexo 8

Tabla 2. Parámetros de perforación y voladura

No.	PARÁMETROS	U/M	CANTIDAD
1.	Altura del escalón	M	11.0
2.	Carga de explosivo industrial / barreno	Kg	17.91
3.	Carga de explosivos nacional / barreno	Kg	61.0
4.	Diámetro de los barrenos	Mm	115
5.	Distancia entre filas	M	3.5
6.	Distancia entre barrenos	M	4.5
7.	Gasto específico de explosivo total	kg/ m ³	0.46
8.	Índice de barrenación	m /m ³	0.051
9.	Línea de menor resistencia	M	3.5
10.	Longitud de carga total / barreno	M	7.6
11.	Longitud de atraque	M	1.0
12.	Longitud de explosivo industrial / barreno	M	1.5
13.	Longitud de explosivo nacional / barreno	M	6.1
14.	Perforación	M	1.0
15.	Productividad por barrenos	m ³	288
16.	Por ciento de rocas sobre medidas	%	5
17.	Red de perforación	M	3.5 x 4.5
18.	Volumen de roca a extraer por barreno	m ³	173
19.	Volumen de roca a extraer	m ³	120 000