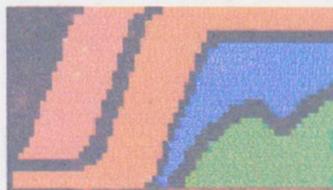


República de Cuba
Ministerio de Educación Superior
Instituto Superior Minero Metalúrgico
Dr. Antonio Núñez Jiménez



TRABAJO DE DIPLOMA

TITULO: Trabajos topográficos en la recultivación de los Terrenos Degradados
por Minería Laterítica

Autor: Yunier Esteban García Arce

Tutores: Ing. Idania Aguilera Fernández
Ing. Julio Batista Peña

Curso 2000/2001

"Año de la revolución victoriosa en el nuevo milenio"

Dedicatoria

A mis familiares y en especial a mi madre.

Pensamiento

En ciencia uno debe buscar ideas. Sin ideas no hay ciencia.

El conocimiento de los hechos,

solo es valioso si encierra ideas: los hechos sin ideas desordenan cerebro y memoria.

Belinski, V.G

Agradecimientos

A todos los que de una forma u otra me ayudaron en la realización de este trabajo;

A nuestra revolución socialista;

A todos los profesores que a lo largo de cinco años me formaron como un profesional.

A la Ing. Idania aguilera Fernández

A todos **Gracias**

Resumen

Resumen

El presente trabajo de diploma institulado Trabajo Topográfico en la recultivación de los Terrenos Degradados por la Minería Laterítica tiene como objetivo hacer una evaluación de los métodos vigentes en la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, con el fin de proponer los trabajos de rehabilitación.

Se aplican los distintos métodos de la Investigación Científica como el Matemático – Estadístico, Análisis y Síntesis, Inducción y Deducción, haciendo uso de la Observación y la Experimentación. Se hace un análisis de la influencia de las pendientes en la erosión de los suelos.

Algunas de las principales conclusiones a las que se llegan son:

1. La disminución de la pendiente del talud en las escombreras reduce la erosión del suelo y favorece las condiciones para la recultivación.
2. El empleo de trincheras antierosivas es un factor importante para reducir los índices de pérdida de suelo.
3. El índice de erosionabilidad o pérdida de suelo para las áreas analizadas se consideran moderados.
4. La tecnología empleada es adecuada y moderna.

Summary

The objective of the diploma work entitled "The topographic work on the recultivation of the degrading lands by lateritic mining" is to evaluate the existing methods of the Comandante Ernesto Che Guevara farm with the aim of proposing rehabilitation work.

Series of scientific investigative methods are applied such as the mathematical statistics, analysis and synthesis and induction and deduction basing on observation and experimentation. An analysis of the influence of the slope angle is also made on soil erosion.

Some of the conclusions arrived at are:

1. A reduction in the slope and of the mackerel reduces soil erosion and favours conditions for recultivation.
2. The application of antierosive trench coats is a factor that reduces the index of lost soil.
3. The erosionability index of lost soil for the areas analyzed is considered moderate.
4. The applied technology is adequate and modern.

Índice	Pág.
Introducción -----	1
Problema -----	3
Capitulo · I Generalidades -----	4
I.1 Caracterización del objeto de estudio -----	4
I.2 Ubicación geográfica -----	4
I.3 Geología de la región -----	5
I.3.1 Rocas que componen el yacimiento -----	5
I.3.2 Rocas mineralizadas -----	6
I.4 Condiciones Hidrogeología del yacimiento -----	7
I.5 Clima y vegetación de la región -----	8
I.6 Geomorfología -----	10
I.7 Flora y fauna de la región de estudio -----	11
I.8 Topografía -----	13
Capitulo · II Trabajos de recultivación -----	14
II.1 Historia de los trabajos de recultivación -----	14
II.2 Trabajos mineros que afectan al medio -----	15
II.3 Necesidad de los trabajos de recultivación para los suelos -----	17
II.4 Trabajos de recultivación que se están aplicando -----	20
II.4.1 Restauración técnica del terreno -----	20
II.4.2 Restauración biológica del terreno -----	22
II.4.3 Formas de plantar los árboles e hierbas -----	22
II.5 Alcance de las soluciones a los problemas -----	23
Capitulo · III Trabajos topográficos -----	24
III.1 Evaluación de los trabajos topográficos vigentes. Equipamiento-----	24
III.1.1 Metodología de trabajo empleada en la rehabilitación -----	24
III.1.2 Datos técnicos del instrumento TC-1100 L -----	27
III.1.3 Ejemplo de la metodología y fórmulas utilizadas por el instrumento para la recultivación -----	30
III.2 Análisis de las escombreras en la recultivación -----	32
III.2.1 Nivelación (aplanamiento) vertical de las escombreras -----	36
III.2.2 Disminución de la inclinación del talud de las escombreras exteriores -----	37
III.2.3 Medidas antierosivas en las escombreras -----	40
III.3 Análisis de pendientes. Influencia de las pendientes en la erosión de los suelos -----	42
III.3.1 Tipos de erosión producto a la escorrentía -----	49
III.3.2 Erosión eólica -----	51
III.4 Propuestas para mejorar la racultivación -----	52
Conclusiones -----	53
Recomendaciones -----	54
Bibliografía -----	55

Introducción

Desde que el hombre apareció sobre la faz de la tierra hace unos millones de años comenzó a incidir sobre el medio tan pronto como inicio su vida social. Con el uso del fuego y la invención de la agricultura alrededor de 800 años atrás se dio inicio al deterioro del medio ambiente. Las características de la capacidad para modificar su entorno deteriorándolo o protegiéndolo distingue el genero humano de las otras especies.

En los últimos 20 años, a través del mundo se ha producido un cambio fundamental en el sector minero por el auge de la conciencia ambiental. No obstante la actividad minera se ha expandido por todo el mundo durante la última década y los costos de producción se han reducido significativamente. Al mismo tiempo las empresas mineras han logrado avances de gran relevancia en la protección ambiental precaviendo impactos futuros y solucionando impactos pasados.

Cuba no está ajena a esa tendencia. Hoy en día, una mayor exigencia de la población, que ve la actividad minera como altamente contaminante, aunada a la amenaza por parte de países desarrollados de restricciones comerciales a los productos mineros, amparados en argumentos de carácter ambiental, ha hecho de la preocupación por el medio ambiente una realidad ineludible.

La Topografía Minera es una rama de la ciencia y la técnica, cuya tarea principal es efectuar levantamientos, dibujar objetos de la superficie y de las excavaciones mineras en los planos utilizando también los datos obtenidos de los levantamientos, mediciones y observaciones para resolver distintas tareas geometricas que se nos presentan en el transcurso de las exploraciones, confección de proyectos y construcción y explotación de las unidades minera.

Los trabajos de Topografía Minera tienen mucho en común con los de Geodesia. Pero la mayoría de los problemas de la Topografía Minera los resolvemos

valiéndonos de los datos de la exploración minera y geológica. Es por eso que la Topografía minera está estrechamente unida con la Minería y la Geología.

En los trabajos topográficos es necesario guiarse por las normas y reglamentos técnicos de la Topografía Minera, aprobadas por los organismos competentes en el país. Para esto la Topografía Minera cumple con las tareas principales en las minas en explotación tales como son:

1. Efectuar levantamientos en la superficie o bajo mina, así como confeccionar y completar los planos de superficies y de las excavaciones, basándonos en los datos obtenidos durante las mediciones.
2. Estudiar la geometría de la yacencia y calidad del mineral; dibujar y rectificar los gráficos de la geometría minera que dan la idea de la yacencia y calidad del mineral de los distintos lugares.
3. Trazar y efectuar trabajos de levantamientos en la superficies relacionados con las distintas construcciones; realizar trabajos en las excavaciones mineras; ejecutar el control periódico sobre los mecanismos de elevación.
4. Situar y dar dirección a las excavaciones subterráneas, cuidando que los trabajos de excavación coincidan con la dirección de estas en el plano; ejercer control sobre las dimensiones; hacer orientar los frentes de encuentros; y otras.
5. Llevar a cabo cálculos de control sobre los cambios operados en la reservas de mineral de la unidad para un período dado; calcular la cantidad de mineral extraído y dejado en el subsuelo, a fin de tomar las medidas necesarias encaminadas a una explotación racional.
6. Estudiar el desplazamiento y conformación de las rocas, de la superficie del terreno y de las construcciones de la mina para preservarlos de los efectos dañinos de las explotaciones mineras.

Debido a las insuficiencias en el empleo de estos trabajos topográficos nosotros relacionamos la Topografía con la recultivación y realizamos este trabajo con el fin de dar soluciones a problemas reales de la producción donde el problema radica en lo siguiente:

Problema

La insuficiencia de los trabajos topográficos aplicados a la recultivación de los terrenos degradados por la minería.

Objeto de investigación

Los procesos de recultivación en la minería de la Empresa Ernesto Che Guevara.

Campo de acción

Los métodos y medios de la topografía para la recultivación en la minería laterítica.

Objetivo

Evaluar los trabajos topográficos en la recultivación de los terrenos degradados por la minería laterítica de la Empresa Ernesto Che Guevara.

Hipótesis

La aplicación de métodos y medios de la Topografía y la introducción de nuevas variantes tale como sembrar el talud de las escombreras con hierbas para evitar la erosión, crear trincheras antierosivas, disminuir la pendiente de las escombreras, realizar trampas de sedimentación, etc. Esto garantizará un resultado eficiente en los trabajos de recultivacion.

Tareas científicas

- Análisis de la metodología topográfica utilizada en la recultivacion.
- Análisis de las condiciones actuales de la recultivacion en los terrenos minados.
- Evaluación de los métodos y medios topográficos vigentes en la recultivación.
- Elaborar una propuesta para solucionar el problema de la recultivacion de las áreas minadas en la Empresa Ernesto Che Guevara.

Métodos de la investigación

1. Matemático estadístico
2. Teórico: histórico- lógico, análisis y síntesis, inductivo deductivo.
3. Empíricos: observación y experimentación

La técnica utilizada fue la entrevista.

Capitulo I

Capitulo #. I Generalidades

I.1 Caracterización del objeto de estudio

El centro administrativo de la zona de trabajo es el pueblo de Moa, cuyo desarrollo económico está relacionado con los yacimientos de Cromita y Níquel actualmente en desarrollo y explotación y además con la agricultura poco desarrollada, principalmente de autoconsumo en las zonas rurales y urbanas respectivamente.

Otros centros poblados son los barrios de Yamanigüey, Punta Gorda, y Quemado del Negro, situado a lo largo de las costas. Las zonas montañosas están prácticamente deshabitadas excepto las zonas de Farallones con un desarrollo sociocultural según el Plan Turquino.

Las principales vías de comunicación son las carreteras, que unen la ciudad de Moa con el resto del país, se cuenta con una pista de aterrizaje de mediano porte, así como con facilidades portuarias. El volumen principal de carga se traslada por vía marítima.

I .2 Ubicación geográfica

El yacimiento Punta Gorda está ubicado al Nordeste de la provincia Holguín en las costas del Océano Atlántico, comprende las reservas minerales lateríticas explotadas en la orilla del río Moa. Este yacimiento forma parte de la concesión minera de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.

Sus límites naturales son: al Norte el Océano Atlántico, al Sur el yacimiento Camarioca Este, al oeste el yacimiento Moa Oriental (separados por el arroyo Los Lirios) y al Este el río Yagrumaje. (Ver anexo #1)

Su ubicación en los sistemas de coordenadas nacionales es la siguiente:

E:699000-707000

N:217200-225500

El yacimiento lo conforman dos sectores:

- .Punta Gorda, situado entre los ríos Los Lirios y Yagrumaje.
- .Yagrumaje, situado entre los ríos Yagrumaje y Punta Gorda.

I.3 Geología de la región

El yacimiento Punta Gorda tiene la mayor parte ubicada en los límites de rocas ultrabásicas, compuesto fundamentalmente por Harzburgitas serpentínizadas, alrededor del 30% de su territorio está ocupado por los depósitos sedimentarios, cuya edad se refiere al Paleógeno Cuaternario. La corteza de intemperismo níquelífera está desarrollada casi en todas sus partes.

I.3.1 Rocas que componen el yacimiento

Estas rocas están representadas por el complejo de corte ofiolítico, el complejo cumulativo formado por gabros, olivinos y plagiogranitos.

Como representante del complejo ofiolítico en el contexto del yacimiento y por su abundancia tiene los siguientes tipos de rocas:

- .Serpentinitas Apoharzburguitas.
- .Harzburgitas Serpentínizadas.

Ambos tipos de rocas cubren casi la totalidad del área del yacimiento, siendo las primeras las más abundantes(alrededor de un 80%).

El complejo cumulativo aparece en las partes más orientales del yacimiento (zona de las proximidades del río Yagrumaje), son rocas poco abundantes y se encuentran representadas por: Plagioclasitas, Anfibolitas y Gabros.

Las dos primeras son de menas abundantes y se encuentran ubicadas al Este del yacimiento y la última es abundante y se encuentra diseminada por todo el área del sector oriental en forma de pequeños cuerpos aislados.

Las Serpentinitas Apoharzburguitas y las Harzburgitas Serpentinizadas se desarrollan a lo largo y ancho del yacimiento y a ella se asocia la masa fundamental de la mineralización mientras que las rocas del complejo cumulativo se desarrollan sólo en el sector oriental determinando áreas no mineralizadas para Ni, Co, y Fe.

I.3.2 Rocas mineralizadas

Las rocas mineralizadas están constituidas por los horizontes friables de la corteza de impenperismo, formada debido a la desintegración y lixiviación de estas rocas madres (Serpentinitas Apoharzburguitas y Harzburgitas serpentinizadas), esta mineralización puede estar presente desde los primeros horizontes de ocre inestructurales.

En la parte mineralógica predominan las fases de goethitas – hematitas y gibsitas, granulométricamente la fase predominante es la aleurítica, aunque la cromítica también es abundante. Además éstas se encuentran en la subzona de los ocre inestructurales sin concreciones ferruginosas, caracterizadas por el aumento del contenido de Fe y Ni.

También hallamos a las menas ocupando a los ocre estructurales que son rocas aunque ocrosas, conservan la estructura de la roca madre; ellas poseen coloraciones que van desde pardo oscuro hasta pardo amarillento con manchas negras, son deleznales y porosas; caracterizados por poseer una composición mineralógica con predominio de la fase goethita – hematita seguida por los minerales arcillosos y de serpentina, con una disminución de la gibsita con respecto al caso anterior.

Químicamente son rocas con un buen contenido de Fe y Ni, pero los valores de Dióxido de Silicio y dióxido de Magnesio se incrementan con respecto al horizonte anterior.

La materia prima mineral útil en el yacimiento está constituido por dos tipos de menas:

- Lateritas niquelíferas de balance (Lb)
- Serpentinias blandas niquelíferas de balance (Sb)

Los cuales presentan los siguientes caracteres de corte:

1. Las menas (Lb) se presentan en algunas ocasiones desde los mismos ocres inestructurales con concreciones ferruginosas hasta los ocres estructurales.
2. Las menas (Sb) las cuales subsisten en las serpentinitas lixiviadas, la potencia mínima del mineral es de 10m siendo la zona sur la de mayor potencia.

I.4 Condiciones hidrogeológicas del yacimiento

Los resultados en las investigaciones geológicas e hidrológicas han determinado la existencia de tres horizontes acuíferos en la corteza de intemperismo.

1. Aguas que se encuentran en los horizontes cercanos a la superficie.
2. Horizontes acuíferos de los estratos clásicos de la corteza de intemperismo de la superficie.
3. Horizonte acuífero de las serpentinitas agrietadas.

La zona se caracteriza por poseer una amplia distribución de las aguas subterráneas las que se encuentran relacionadas con la parte superficial agrietada de los macizos ultrabásicos, principalmente de las serpentinas.

El agrietamiento del yacimiento es intenso y la acuosidad relacionada con éste se presenta a varios metros y por lo general tiene una potencia de (2-5)m.

A grandes profundidades las rocas son prácticamente monolíticas y no tienen aguas subterráneas. Existen manantiales de agua ligadas a las zonas de agrietamiento.

La mayor afluencia de agua se encuentra en la parte norte del yacimiento, que es la más baja. La fuente principal de alimentación de las aguas subterráneas la constituyen las precipitaciones atmosféricas, que son abundantes para el área con valores entre 1 y 235,5 mm.

De acuerdo con la caracterización hidrogeológica de la provincia Holguín el área de estudio se divide en los siguientes complejos:

- Complejo acuífero de los sedimentos costeros.
- Complejo acuífero de los sedimentos aluviales.
- Complejo acuífero de los sedimentos lateríticos.
- Complejo acuífero de las rocas intrusivas y efusivas.

1.5 Clima y vegetación de la región

El clima de la región es tropical y la temperatura media anual es aproximadamente de 27 °C y en el invierno de 22-26 °C. En el año hay dos períodos de lluvia, correspondientes a los meses de mayo-junio y octubre-diciembre, y los períodos de seca febrero-abril y julio-septiembre.

Las precipitaciones medias anuales oscilan entre 1600-1800 mm; en la época de verano la lluvia se presenta en forma de aguaceros y en el invierno se caracteriza por su constancia. En los períodos de lluvia y seca el régimen de temperaturas permanece prácticamente invariable, las diferencias anuales de temperaturas en varias ocasiones sobrepasan los 5-6 °C. Para el verano la temperatura promedio es de 30-32 °C y para el invierno 22-26 °C.

En zonas montañosas la temperatura es menor de 5-6 °C, alcanzando diariamente los 15 °C, la humedad máxima de 98%. Es característico de la región la existencia de un régimen climático con ciertas peculiaridades que lo origina la presencia del

anticiclón del Atlántico que determina en gran medida el clima de la región. La evaporación se ha ido incrementando con relación a años anteriores.

La vegetación de una región está dada por los conjuntos de las plantas que existen en dicho lugar y le proporcionan al mismo una apariencia característica.

En Moa hay tres tipos de vegetación principales:

Bosques húmedos.

Pinares.

Charrascales.

Existen dos tipos de bosques húmedos: Uno más húmedo en el que pueden encontrarse árboles que alcancen hasta los 35 m de altura tales como Najesí, Cupey, Ocuje Amarillo, Yagruma, Pajua, y muchos helechos entre otras.

El otro tipo de bosque que existe es menos húmedo y sólo es encontrado en Moa y Sierra Cristal, donde los árboles alcanzan alrededor de 20 m de altura, pudiendo encontrarse también el Ocuje, La Sabina, El Manguillo, El Azulejo, Los Pinos, La Palma Pajua, y muchos helechos.

Los pinares están formados por el llamado Pino de Mayarí o Pino de Moa: *Pinus cubensis*. Estos son los Pinares que tienen mayor endemismo de los que encontramos en Cuba (70 % en Moa), aquí podemos encontrar además a la *Dracaena cubensis* y otras plantas como la Palma Maguana, Jazmín de Sabana, Palo Bronco y otras plantas, que conforman un bosque cuyo árbol predominante es el Pino.

Estos pinares se encuentran en las montañas de la parte norte de Cuba Oriental. Como se puede apreciar la vegetación encontrada en Moa posee características únicas que hacen de esta región la más rica en la biodiversidad de Cuba, del Caribe y una de las más importantes del mundo.

I.6 Geomorfología

El territorio se divide en dos tipos fundamentales de zonas geomorfológicas:

- a) Zonas de montañas.
- b) Zonas de llanuras.

Con subtipos específicos que se enumeran a continuación:

Llanuras acumulativas Marinas.

Llanuras fluviales.

Llanuras fluviales Acumulativas.

Llanuras fluviales Abrasivas Acumulativas.

a) Zonas de montañas:

Premontañas aplanadas ligeramente diseccionadas, constituyendo la transición gradual del relieve de llanuras al de montañas bajas.

- Submontañas y Premontañas ligeramente diseccionadas.
- Montañas bajas aplanadas ligeramente diseccionadas.
- Montañas bajas diseccionadas.

b) Zonas de llanuras:

Se desarrolla en toda la parte Norte del área ocupada, la zona comprendida desde la barrera arrecifal hasta los 100-110 m de altura hacia el sur. Su formación está relacionada con la acción conjunta de diferentes procesos morfológicos que en ella han actuado, predominando los procesos fluviales y marinos.

1) Llanuras Acumulativas Marinas: ocupan el área comprendida entre la barrera coralina y el litoral. La actividad erosiva es prácticamente nula debido al oleaje y la protección que ofrece la barrera de arrecife, la cual evita la remoción de los sedimentos en períodos de intensas lluvias, resultado del aumento de la descarga de los ríos.

2) Llanuras fluviales: atendiendo al proceso que predomina en su morfología se clasifican en:

- Llanuras Fluviales Acumulativas.
- Llanuras Fluviales Abrasivas Acumulativas.

3) Llanuras fluviales Acumulativas: se desarrolla en toda la franja Norte del área entre la línea del litoral hasta los 100-110 m de altura hacia el sur.

Los procesos erosivos son escasos y sólo se ponen de manifiesto, a través, de los arrastres de suelo y acarreamiento, generalmente asociados a taludes locales en su mayoría de carácter antropogénico.

4) Llanuras Fluviales abrasivas acumulativas: se localizan en los valles de los ríos Quexigua y Cupey, los sedimentos que se acumulan son de origen fluvial y su deposición es generalmente de carácter temporal, siendo removido con afluencia en período de crecida.

Zonas de montañas:

Es la forma más extendida dentro de esta área, ocupa toda la parte sur y central del yacimiento.

1.7 Flora y fauna de la región de estudio

La flora de la región se ha desarrollado sobre los suelos derivados de las rocas ultrabásicas serpentinizadas, las cuales tienen abundantes elementos pesados y altas concentraciones de MgO y SiO_2 y son muy pobres en $CaCO_3$, por lo que la flora está constituida por plantas que se han ido adaptando a este medio a través de su evolución, tomando características muy particulares, llegando a alcanzar el 33 % de las plantas endémicas del país.

El microclima lluvioso y la combinación de montañas y costas contribuyen al aumento de la diversidad de plantas, por lo que se pueden encontrar pinares, pluvisilvas, charrascales y bosques de galerías.

En el área del yacimiento predominan los pinares en la parte más elevada donde también se encuentran otras especies muy difundidas.

Las especies más representativas de esta formación son:

<u>Nombre científico</u>	<u>Nombre común</u>
<i>Pinus cubensis</i>	= Pino
<i>Comocrodia dentada</i>	= Guao
<i>Cacaloba chafan</i>	= Ubilla
<i>Euphorbia helenae</i>	= Jazmín de pinar
<i>Crotus moensis</i>	= S/N
<i>Jacaranda arborea</i>	= Abey
<i>Dracaena cubensis</i>	= Dracaena

En los bordes de los cursos de agua se encuentran formaciones mixtas con especies de pluvisilva y de pinar. Las especies más abundantes en esta formación son:

<u>Nombre científico</u>	<u>Nombre común</u>
<i>Bactris cubensis</i>	= Pajua
<i>Calophyllum</i>	= Ocuje
<i>Ocatea cuneata</i>	= Canelón
<i>Diphofyllis cubensis</i>	= Jubilla
<i>Diorympanax morotonii</i>	= Yagruma macho
<i>Hibiscus elatus</i>	= Majagua azul
<i>Cyathea arborea</i>	= Helecho arborescente
<i>Carapa guianensis</i>	= Nagesí
Gran variedad de helechos.	

La fauna existente en el área de estudio se caracteriza por especies poco comunes en otros lugares y está en correspondencia con el clima y la vegetación existentes, por lo que abundan las especies raras, sobre todo en lo referente a los invertebrados.

Los vertebrados están representados mayormente por los anolis. La avifauna que no es muy abundante en cuanto a especies, cuenta con ejemplares poco comunes en otras regiones, como son los casos de la Cotorra, el Catey y el Toco-ro. Son muy abundantes la Cartacuba, el Colibrí el Querequeté y las populares Pechitas. Ocasionalmente se observan Zorzales y Arrieros.

La fauna edáfica es poco abundante y se encuentra en las áreas boscosas, los ácaros y los calémbolos son los más abundantes. En las áreas recién reforestadas y espacios afectados por la minería, sólo abundan los arácnidos.

Como la diversidad de la fauna está en estrecha relación con la abundancia de alimentación y refugio es preciso restaurar la vegetación para que la misma se asiente nuevamente.

El paisaje de la región ofrece un contraste entre las partes que aún se encuentran vírgenes o poco afectadas que tienen un aspecto paradisiaco, con respecto a las áreas donde se están realizando los trabajos mineros que tienen una superficie irregular de color marrón, que produce un impacto visual desagradable, el que se puede observar desde la ciudad y la carretera, lo que es una razón más para devolverle la vegetación y modelar el terreno.

1.8 Topografía

La topografía del área está caracterizada por su inclinación hacia el Norte con rangos de pendientes variables y desmembradas en tres sectores por valles muy profundos, correspondiente a las áreas interfluviales Moa- Los Lirios-Yagrumaje, que se caracterizan por las formas aplanadas con cañadas y valles formados en el período de peniplaniación con los desniveles relativos del relieve que oscilan entre 70-110 m, siendo las cotas absolutas de 0-360 m

Capitulo II

Capitulo # II Trabajos de recultivación

II.1 Historia de la recultivación

En el año 1975 se comenzaron los trabajos de preparación minera, del material de destape, una parte se traslado para la construcción de la carretera Moa-Punta Gorda y para el dique de la presa de colas de la propia fábrica en construcción.

En 1985 comenzaron los trabajos de extracción del mineral sobre áreas del yacimiento ya deforestado expuestos a los procesos erosivos.

Las labores mineras causan una destrucción total al medio ambiente del lugar donde se efectúan, afectando todos los ecosistemas existentes en el área y en áreas aledañas.

La reforestación no se pudo comenzar hasta el año 1996, debido al poco espacio que existía para depositar el escombros en las áreas minadas y para conservar el drenaje de los frentes; incrementándose las lagunas de sedimentación para que los azolves no fueran a parar al río.

La primera fase de la técnica consistió en plantar 4 Ha con diferentes especies para observar su comportamiento, posteriormente se han ido rehabilitando las áreas minadas con la reforestación y depósitos de aguas hasta alcanzar una superficie de 110,5 Ha de 236 Ha con el mineral extraído.

El grado de destrucción de la superficie cuantitativamente se puede caracterizar por el volumen de este o relleno, por la unidad del área, profundidad de corte o hundimiento y altura del suelo rellenado; la destrucción se caracteriza por la longitud y ancho del sector destruido. Los tipos de deterioro de la superficie terrestre están considerado por el volumen y complejidad en las relaciones tecnológicas de los trabajos de recultivación realizados.

Por eso en los dibujos topográficos es necesario reflejar con bastante exactitud todos los tipos existentes de deterioro de la superficie terrestre.

La recultivación de los territorios destruidos por las excavaciones mineras se lleva a cabo fundamentalmente en las siguientes direcciones:

- En la agricultura y terrenos labrados, pastos, jardines, hortalizas, etc.
- Con fines forestales.
- Creación de presas o embalses para necesidad de la población, para desarrollar la pesca, piscinas para competencias deportivas y otras actividades acuáticas.
- Para la construcción civil e industrial.

La recultivación debe realizarse con ciertas exigencias técnicas para devolver estas tierras a la economía nacional con un máximo de rendimiento. Los trabajos de exploración geológica, de construcción y otros trabajos deben llevarse a cabo, pensando en dañar lo menos posible.

II.2 Trabajos mineros que afectan al medio ambiente

La realización de las labores mineras en el yacimiento Punta Gorda provocan impactos negativos en el paisaje, la flora y fauna.

Como resultado de los trabajos de desbroce la flora se ve afectada por la realización de trochas y caminos, los trabajos de prospección geológica comprenden la tala de árboles lo que afecta la flora y la fauna, por la existencia en este medio de un determinado tipo de vida que se ve afectado por la ruptura del equilibrio ecológico y de igual forma sobre el paisaje convirtiéndose en una zona rara; un área que se encontraba poblada de árboles y quedando afectada la belleza del paisaje.

Acciones causantes de impactos durante la realización de las labores mineras en el yacimiento Punta Gorda. (ver tabla:1)

1. Tala de árboles. A)
2. Construcción de trochas y caminos. B)

3. Desbroce. C)
4. Extracción del mineral. D)
5. Carga y transporte del mineral. E)
6. Formación de escombreras. F)

Factores del Medio Ambiente que se ven afectados por las labores mineras.

1. Medio físico: sistema constituido por elementos y procesos del Medio Ambiente Natural. Se incluyen el medio abiótico (Tierra, aire, agua); biótico (flora y fauna) y el medio perceptual (unidades de paisajes, cuencas, valles).
2. Medio socioeconómico: sistema constituido por las condiciones sociales, histórico-culturales y económica en general de las comunidades o poblaciones de un área determinada.

Impactos producidos por la exploración geológica

Durante la exploración geológica el impacto que se produce es la afectación a la vegetación por la construcción de caminos, trochas y plataformas de perforación el cual se va acentuando en la medida que se densifica la red.

Impactos producidos por el desbroce y el destape

La etapa en que se producen los impactos ambientales es cuando es removida la parte superficial de la corteza de intemperismo y con ella la capa de materia orgánica donde se asienta la vida vegetal y animal, quedando el área expuesta a la erosión, la cual se manifiesta con gran intensidad debido a las altas precipitaciones que se registran en la región y a la friabilidad de la lateritas.

Este fenómeno negativo no sólo se manifiesta en el área donde se realiza el destape sino también en las escombreras y a lo largo de arroyos y cañadas donde las partículas sólidas ejercen su poder abrasivo en los torrentes y deponiéndose en los remansos donde sepulta la flora y la fauna acuícola.

Los impactos producidos por este concepto se localizan en el yacimiento Punta Gorda formando un cinturón alrededor de las áreas minadas, en este concepto se

han incluido las áreas que fueron desbrozadas para construir almacenes a cielo abierto, y para material de relleno para la fábrica y el dique de colas, también en el yacimiento Yagrumege Sur hay una pequeña parte que fue desbrozada para construir almacenes.

Impactos producidos por la extracción del mineral

La extracción del mineral se realiza en áreas que previamente fueron desbrozadas y destapadas por lo que al realizarse la misma se reduce el proceso erosivo, pero la morfología del área sufre un fuerte impacto ya que toma el aspecto de paisaje lunar debido a los cráteres que produce la extracción del mineral, también el régimen hídrico se modifica tanto el de las aguas subterráneas como superficiales.

El área impactada por este suceso ocupa una superficie de 200 hectáreas de las cuales 110 hectáreas se han restaurado y repoblado con árboles nuevamente.

Impactos producidos por el transporte del mineral

El transporte del mineral se realiza en camiones EUCLI R-60(5) y VOLVO A-35(7) de 35 m³ y 20 m³ de capacidad respectivamente por terraplenes desde el frente de extracción hasta el punto de recepción.

Los impactos que produce la transportación son: el sonido y la expulsión de gases pero sólo nos detendremos en la contaminación con polvo que produce el mismo la cual está dada por la estimación de la dispersión del polvo en el aire, para la cual se utilizó un modelo gaussiano considerando a cada uno de los camiones como una fuente lineal emisora continua, el valor promedio del factor emisión para los equipos que extraen mineral de un frente es 10,26 Kg (Km Vehículos) considerado como promedio de 3 camiones en cada frente con una frecuencia de 4 viajes/h arroja una tasa de emisión de la línea unitaria de 68,4 mg m⁻¹ s⁻¹ en cada espacio que siguen las mediciones realizadas (Reyes, Y; 1999).

II.3 Necesidad de los trabajos de recultivación para los suelos

El suelo es un cuerpo natural independiente que se desarrolla con leyes propias que caracterizadas por una serie de cualidades inherente a él siendo fundamental

su fertilidad, la capacidad del suelo de darle la vida a la vegetación. Con la capa del suelo la sociedad obtiene los productos agrícolas para su alimentación, grandes contenidos de materia prima para la producción de ropa, calzado y para material de construcción de todo tipo.

Como medio de producción agrícola el suelo no puede ser sustituido por nada y por eso es necesario conservar estas riquezas incalculables. La conservación de los suelos fértiles en los territorios sujetos al laboreo es una de las tareas fundamentales y un factor importante de la recultivación exitosa del suelo.

En el laboreo a Cielo Abierto la eliminación de la capa vegetal se planifica teniendo en cuenta el adelanto del escalón superior de destape (progresivo) o del contorno de la escombrera exterior cuando más de un año de trabajo, y por la cantidad de suelos eliminados no menos de seis meses. La eliminación del suelo debe hacerse por la traza de ubicación de las trincheras de acceso y de corte, caminos, tuberías, canales y plazoletas.

La extracción de minerales útiles siempre conlleva a la destrucción de la superficie terrestre. La tierra destruida como resultado de la explotación minera no se puede utilizar sin tomar previamente medidas especiales.

Terreno destruido es el que se le ha extraído su contenido económico, es una fuente de influencias negativas al medio ambiente con relación a la destrucción o sea es aquel al que se le ha destruido su capa vegetal, el régimen hidrológico y la formación del relieve (geomorfología) como resultado de la actividad productiva del hombre.

Los principales focos de destrucción producidos por la minería en general son: los drenajes mineros destruidos, las canteras abandonadas, las escombreras, presas de colas de las fábricas de enriquecimiento, las franjas a lo largo de la vías férreas, las trazas de las diferentes tuberías, plazoletas de perforación, sectores con la capa vegetal eliminada, suelos sucios o contaminados y áreas industriales en empresas en liquidación.

Los tipos de destrucción de la superficie terrestre dependen de muchos factores, el factor más importante es el método de extracción (Subterráneo, Cielo Abierto, Combinado), el sistema de explotación, las propiedades físico – mecánica de las rocas, ángulo, potencia y profundidad de yacencia del mineral útil y el relieve del terreno.

La solución de los problemas de la recultivación de los suelos en esta región es la tarea más importante, por el carácter de destrucción debido a las excavaciones mineras de la parte superior de la capa de la corteza terrestre todos los territorios destruidos se pueden dividir en tres tipos fundamentales:

- Con la capa superior de la corteza terrestre deteriorada como resultado del corte del suelo y del mineral (canteras).
- Con suelo cubierto por escombreras secas, hidroescombreras, desechos de la fábrica de beneficio, diques, caminos y sectores cubiertos por rocas y desechos de la producción minera.
- Suelos inundados por aguas subterráneas y aguas de mina es decir depósitos y embalses para distintos destinos y aguas de las precipitaciones.

Con la culminación de los trabajos de recultivación el suelo recibirá impactos positivos; lo que estará determinado por la conformación, subsolación, oxigenación e hidratación y la aplicación de pequeñas cantidades de materia orgánica.

Al plantar los árboles, este componente recibirá un beneficio a largo plazo, producido por la acción conjunta de la modelación, hidratación, e incorporación de la materia orgánica que produzcan las plantaciones.

El suelo del área se ha desarrollado a partir de los residuos de la corteza de intemperismo de las rocas básicas y ultrabásicas, sólo posee una capa muy

delgada de materia orgánica en la superficie. Las características físico-químicas de la corteza varían con la profundidad; dando lugar a cuatro horizontes:

Primer horizonte: este horizonte varía desde algunos centímetros hasta varios metros; el mismo está constituido por ocre inestructurales con perdigones. Los minerales predominantes son la hematita, gohetita- limonita y gibsita (FB, FF) sobre el mismo se asienta la mayor parte de la flora y la fauna existente.

Segundo horizonte: el segundo horizonte está constituido por ocre inestructurales sin perdigones y puede alcanzar un espesor de 20 m. Los minerales predominantes son la gohetita-limonita. Este horizonte se extrae y se envía al proceso, es rico en Ni (LB) y se desecha el pobre en Ni (LF).

Tercer horizonte: este horizonte está formado por serpentinas y peridotitas-serpentinizadas, lixiviadas, seritizadas, y nontronizadas en distintos grados. Este se extrae y se envía al proceso.

Cuarto horizonte: este horizonte es la zona de desintegración de las ultrabásicas carbonatadas y forma el piso de las zonas donde se ha extraído el mineral (SD,SF).

II.4 Trabajos de recultivación que se están aplicando

Los trabajos de recultivacion se realizan en estos momentos de dos formas fundamentales(Ver anexo: 2):

- La restauración técnica.
- La restauración biológica.

II.4.1 Restauración técnica del terreno

Para la restauración técnica del terreno se ha partido del estudio de las características del material; así como de los factores climatológicos y ambientales con el fin de lograr una mayor eficiencia en la rehabilitación.

La restauración técnica del terreno, se realizará teniendo en cuenta los siguientes criterios:

1. Los depósitos de las zonas de escombros a rehabilitar no sobrepasan los 3.5 m de altura.
2. Dejar la última capa (1-1,5 m) con el material mullido.
3. Modelar la superficie que alcance lo más posible las formas naturales del relieve
4. Usar como capa superior el material de escombros obtenido del primer horizonte de los frentes de destape.
5. Proteger con capa herbácea todos los taludes de las áreas a rehabilitar.
6. Dejar sin proteger los bordes donde se continuará el relleno con escombros.

Los trabajos de rehabilitación se realizan conjuntamente con las labores de destape y conformación de escombreras; o sea el material procedente del destape de reservas se destinará al relleno de las áreas a rehabilitar que aún no están rellenas de una forma adecuada y hasta la cota de proyecto; por lo que con los trabajos de destape, los depósitos de escombros quedarán conformados de manera tal que el área quede lista para proceder a la rehabilitación.

Equipos necesarios para la rehabilitación excluyendo los trabajos que se realizan con la preparación minera.

Buldozer para preparación técnica ----133 h

Camiones para traslado de materia orgánica ---- 128 h

Cargador para materia orgánica ----35 h

Camión para personal y posturas ---- 500 h

II.4.2 Restauración biológica del terreno

Teniendo en cuenta la baja cantidad de nitrógeno, fósforo, potasio, y materia orgánica de estos suelos, es necesario aplicar una dosis de un kilogramo por planta de una mezcla de estiércol con cachaza al 50 % en los árboles maderables la cual ha sido probada con éxito en las plantaciones anteriores.

La capa herbácea se plantará para proteger de la erosión los taludes de las áreas rehabilitadas, se emplearán los siguientes métodos:

1. Riego de yerbas procedentes de la chapea en todo el talud y polvoreo de materia orgánica.
2. Siembra de la *Wedelina trilobata*; sólo requiere de unos gramos de materia orgánica dispersos en el hoyo a la hora de plantarlas.
3. Sembrar yerbas napier en las cárcavas.

Estos métodos han sido aplicados con anterioridad dando buenos resultados.

Asociaciones propuestas:

Asociar el ocuje con la casuarina con relación de 1*1 para que la casuarina aporte la materia orgánica con hojarasca y la sombra que necesita para desarrollarse, luego eliminar la casuarina.

Asociar el mango con la casuarina con relación de 1*3 para que la casuarina cubra el espacio que queda libre, cuando comience el crecimiento hay que eliminar la casuarina.

II.4.3 Formas de plantar los árboles e hierbas

Se abrirá un hueco de 30*30*30 Cm donde se deposita 1 Kg ó 1.5 Kg de materia orgánica; se toma el bolso con la postura, se aprieta éste con la tierra hasta que se haga una masa consistente se retira el bolso, se coloca la masa con la postura

en el fondo del hueco cubriendo con tierra procurando que esta se quede rasante y la postura queda vertical, se aprieta la tierra suavemente. Eliminar las yerbas que vengan junto con la postura y se recupera el nylon.

II.5 Alcance de las soluciones a los problemas

Hasta el momento todas las soluciones que se han dado a estos problemas han tenido gran eficacia, debido a que logran el propósito planteado. Estas soluciones están dadas de la siguiente manera:

Se hacen lagunas de sedimentación con el propósito de retener las partículas y que no sean arrastradas al mar; también ésta sirve para mantener las áreas recultivadas húmedas en los tiempos de sequía; en cuya laguna existe un sedimento de 13 m de espesor.

Se reforestó con plantas de mango, marañón, aguacate y otras con el propósito de atraer la fauna, la cual había desaparecido producto a la actividad minera.

Las áreas al ser desbrozadas son afectadas por la erosión debido a la friabilidad de las lateritas y a las altas precipitaciones que se registran en la zona, para contrarrestar esto se desbroza en el mismo momento que se comienza el destape; se trata que el agua de esas zonas valla a las áreas minadas.

Se construyen las escombreras planas con trincheras antierosivas para la retención del escombro en dicha trinchera la cual hace función de laguna sedimentadora.

Capitulo III

Capitulo #III. Trabajos topográficos

III.1 Evaluación de los trabajos topográficos vigentes. Equipamiento

La proyección de los trabajos de recultivación del suelo destruido por los trabajos mineros se llevan a cabo con la utilización de los dibujos topográficos (planos de la superficie terrestre, perfiles, etc) obtenidos en base a los levantamientos.

El servicio topográfico de las empresas mineras replantea los elementos geométricos del proyecto, realiza el control de la formación de las superficies recultivadas, en la etapa de los trabajos de recultivación se lleva a cabo el levantamiento y se confeccionan los planos topográficos.

En la Minería a Cielo Abierto la Topografía es uno de los elementos fundamentales de control debido a que es ella la que indica los diferentes estados de la geometría de la explotación minera y es una de las formas de conocer aproximadamente la calidad del material que se extrae y del que aun queda.

Además la Topografía tiene relación con la toma de decisiones en la planificación de la geometría, cantidad y calidad del mineral de las próximas remociones o extracciones.

III.1.1 Metodología de trabajo empleada en la rehabilitación

Durante la realización de los trabajos de recultivación es de gran importancia realizar los siguientes trabajos topográficos:

1. Red de apoyo geodésica

La red geodésica del yacimiento Punta Gorda es una red local amarrada al sistema geodésico nacional a partir de puntos de IV orden situados en el yacimiento. Desde los cuales se han efectuado poligonales de enlace para la colocación de los nuevos puntos de 1^{ra} y 2^{da} categoría que permiten el control de los trabajos mineros de rehabilitación.

Con estos puntos se realizan los levantamientos de los fondos mineros, realizando enlaces trigonométricos entre dos o más puntos para determinar las coordenadas x, y, z de los nuevos puntos de poligonal que nos permiten detallar el relieve en la zona prevista a rehabilitar.

El levantamiento se realiza a escala 1:500 con piquetes a una distancia de 20 a 25 m tomando detalles de los fondos con diferencias mayores a 30 cm, lo que en ocasiones por irregularidades del fondo es necesario disminuir la distancia de los piquetes para lograr el máximo de precisión en la conformación del relieve.

La toma de los datos se realiza con una estación total con una precisión de 2 mm x ppm o se pueden utilizar otros instrumentos topográficos de menor precisión como son los teodolitos auto reductores Daltha 010A y 010B con una precisión de 1', los datos se pueden tomar en la libreta electrónica del instrumento o en la libreta de campo establecida al efecto según sea el instrumento utilizado. (Ver tabla 2)

Para la determinación de la cota del punto debemos sumar o restar la altura del instrumento a la cota del punto de salida si la altura del instrumento es mayor a 1.40 se suma; si es menor se resta. Después procedemos al cálculo de las cotas de los piquetes restando o sumando los desniveles.

Con los teodolitos electrónicos no es necesario el registro de anotaciones pues los datos se gravan en la tarjeta de memoria de éste pudiendo anotar todas las lecturas que estime pertinente el topógrafo lo que permite un aumento considerable de la productividad del trabajo y un ahorro de recursos humanos al no necesitar el anotador.

Los datos se transfieren a la computadora a través de un cable RS-232 instalado al equipo desde un puerto de la computadora, o con poner la tarjeta PCMCIA en un lector de tarjetas o directamente en una (Laptop).

Estos datos están en ficheros previamente preparados en la memoria del equipo con el nombre del trabajo desde 1 a 12 con extensión GSI los que a través de un programa de computación se convierten en ficheros TXT, DXF, DAT, etcétera, según el uso que vayamos a hacer de éstos, procesando posteriormente los mismos con el SURFER en cualquiera de sus versiones, mediante el cual se determinan las curvas de nivel del terreno.

Seguidamente se procede a la confección del plano de la zona, el que se entrega en el departamento técnico para la ejecución del proyecto de rehabilitación.

2. Replanteo del proyecto de rehabilitación

Después de elaborado y aprobado el proyecto por las entidades, es necesario la ejecución del mismo en la zona de trabajo, para lo cuál se introducen los datos del proyecto de las terrazas en la memoria del equipo y luego previamente desde los puntos que utilizamos para el levantamiento comenzamos a estaquillar las líneas de las terrazas con un programa que posee el equipo el cual determina la línea de azimut de ubicación del punto, desplazando el ayudante el bastón de mediciones hasta lograr alcanzar la distancia deseada.

El instrumento topográfico al realizar la lectura del punto, determina si es necesario rellenar o excavar en dicho lugar. Chequeando constantemente las operaciones de los equipos mineros (Buldózer) hasta alcanzar la cota proyectada.

3. Realizar el trabajo relacionado con la protección contra la erosión de los territorios recultivados participar en el trabajo por comisión para la entrega de la tierra recultivada a los agricultores y preparar el material gráfico con acta de entrega del suelo restablecido.

El topógrafo en toda su actividad al igual que en las empresas mineras debe contribuir a que todo el trabajo se realice en correspondencia con el proyecto en los plazos establecidos y con calidad. Durante la realización de los levantamientos topográficos y replanteos deben conservarse los siguientes tres principios conocidos:

- Ir de lo general a lo particular. De las magnitudes menores a las mayores.
- Las mediciones angulares y lineales deben comprenderse con exactitud respondiendo al tipo de trabajo concreto.
- Todos los trabajos de campo y de gabinete deben realizarse con un control seguro.

III.1.2 Datos técnicos del instrumento TC-1100 L

En la actualidad la empresa Ernesto Che Guevara cuenta con una estación total modelo TC-1100 L de fabricación suiza y la firma se llama Leica.

Este sistema representa la integración de la tecnología de informática en las estaciones totales. La manejabilidad y flexibilidad del sistema garantizan una productividad elevada. La pantalla de gran tamaño permite visualizar rápidamente toda la información requerida. El teclado posee una serie de teclas de funciones sencillas de comprender y permite la introducción de caracteres numéricos y alfanuméricos.

La tarjeta de memoria intercambiable, la mayor capacidad de las baterías y los programas integrados en el instrumento contribuyen a simplificar la tarea al operador.

Datos técnicos del instrumento TC-1100 L:

1. Medida de ángulos

Tipo ----- 1100

Precisión ----- 3" (1mgon)

2. Medida de distancia

Tipo -----Infrarrojo

Alcance:

Condiciones desfavorables -----1200/1500m

Condiciones medianas ----- 2500/3500m

Condiciones muy buenas ----- 3500/5000 m

3. Medida de precisión

1 mm +2 ppm ----- 3 seg.

4. Anteojo

Ampliación /imagen del anteojo ----- 30 x / derecha

Diámetro libre del objetivo ----- 42 mm

Distancia mínima del enfoque ----- 1,7 m

Enfoque ----- Aproximado y fino

Campo visual ----- 1° 33'

Rango de inclinación ----- Vasculable

5. Compensador

Tipo ----- Compensador líquido

Número de ejes ----- dos (conectable y desconectable)

Amplitud de oscilación libre ----- 3'47"

Precisión de estabilización ----- 1"

6. Sensibilidad del nivel

Nivel de burbuja ----- 4'/2 mm

Nivel de alidada ----- ninguno, nivel electrónico resolución 2"

7. Plomada óptica

Ubicación ----- en la base nivelante

Ampliación (x) ----- 2

8. Plomada láser

Precisión ----- 0,8 mm/1,5 mm

Diámetro punto láser ----- 2,5 mm a 1,5 mm

9. Batería

Tipo / tensión ----- Ni Cd / 12v

Capacidad ----- 1,1 Ah

Numero de mediciones --- 600 ángulos y distancias

10. Teclado y pantalla

Soporte de caracteres alfanuméricos ----- Caracteres ASCII y listas de códigos
Diversos idiomas ----- Juegos de caracteres IBM y otros
Tipo de visualización ----- LCD
Tamaño ----- 8x35 (caracteres por línea)
Posibilidad grafica ----- sí
Ayuda en líneas, mensajes ----- sí

11. Peso

TC-1100-L ----- 6,1 Kg. (13,5 Lbs)
Base nivelante ----- 0,9 Kg. (2 Lbs)
Batería ----- 0,3 Kg. (0,7 Lbs)

12. Características especiales

Programable ----- sí

13. Correcciones automáticas

Error de colimación ----- sí
Error de índice vertical ----- sí
Error de perpendicularidad -- no
Inclinación del eje vertical --- sí
Curvatura terrestre ----- sí
Refracción ----- sí
Excentricidad del círculo ----- sí

14. Registro

Interfaz RS 232 ----- sí
Memoria interna ----- sí
Para datos / programas ----- programas
Capacidad ----- 3 MB

Memoria de datos enchufables --- Tarjeta PCMCIA

Para datos / programas ----- Ambos

Capacidad ----- 0,5; 2;4 MB
Número de bloques de datos ----- 4500 a 3600

15. Mandos laterales

Cantidad Hz / V ----- 2 Hz / 1V

Marcha ----- una, fina

III.1.3 Ejemplo de la metodología y fórmulas utilizadas por el instrumento para la recultivación

1. Cálculo de superficie

Una superficie puede estar delimitada por rectas o arcos. Un arco puede definirse por tres puntos o por dos puntos de arco y el radio.

2. Replanteo

Una vez realizada la medida de distancia, en la pantalla de medición se visualizan diversos valores en base al método elegido. Es imprescindible conocer las coordenadas de los puntos a replantear; los instrumentos motorizados orientan el anteojo automático al punto por replantear.

3. Distancia de enlace

Las medidas en posición 1 y 2 deben efectuarse de forma seguida. Si la diferencia angular no excede los 27' y la diferencia de distancias es inferior o igual a 0,5 m (1,64 pies), el programa calcula las medidas.

Estas tolerancias se emplean para evitar errores en la identificación del punto visado. Si se excede una tolerancia, se emite un aviso de error.

Algunas fórmulas que utiliza el equipo para el cálculo:

1. Cálculo de promedios

$$L_{mean} = \frac{\sum P_i * L_i}{\sum P_i}$$

$$V_i = L_{mean} - L_i$$

Fe de Errata

En el resumen en inglés existen errores los cuales los veremos a continuación.

1. El nombre dice summary lo correcto es summary.
2. En el primer párrafo primera oración donde dice objective lo correcto es objective; en esa oración donde dice entitled lo correcto es entitled; en la segunda oración donde dice laterieic lo correcto es lateritic; en esa misma oración donde dice existen lo correcto es existent.
3. En el segundo párrafo segunda oración donde dice stadistic lo correcto es statistic; en esa oración donde dice analisis lo correcto es analysis; en la tercera oración donde dice imfluence lo correcto es influence; y en la última oración donde dice suel lo correcto es soil.
4. En el tercer párrafo donde dice redation lo correcto es redution; en la segunda oración donde dice amtiosive lo correcto es antiosive y donde dice coates lo correcto es cotas; en la tercera oración donde dice suel lo correcto es soil; en la última oración donde dice morder lo correcto es modern.
5. El anexo 4 está encuadrado de forma incorrectal, y el plano posee una escala de 1:500.
6. El anexo 1 no posee número, debe ser: anexo 1 Ubicación Geográfica de la Región.

$$ml = \sqrt{\frac{\sum (P_i * V_i)}{n-1}}$$

$$M_{mean} = \frac{Ml}{\sum P_i}$$

Donde:

Lmean : Promedio de las mediciones

Vi : Rectificación de mediciones

ml : Error medido de algunas mediciones

Mmean : Error medido de promedio

2. Cálculo de coordenadas

$$\Delta E = E_i - E_0$$

$$\Delta N = N_i - N_0$$

$$dh_{p_0} - P_i = \sqrt{\Delta E^2 + \Delta N^2}$$

Donde:

ΔE : Diferencia de la coordenada

ΔN : Diferencia de la coordenada en la posición norte-sur

$P_0 (E_0; N_0; H_0)$: Posición y coordenadas

3. Transformación de coordenadas

$$\Delta X = Y_0' - Y_0$$

$$\Delta X = X_0' - X_0$$

$$Y_i = \Delta Y - Y_i * \cos \varphi - X_i * \sen \varphi$$

$$X_i = \Delta X - X_i * \sen \varphi + Y_i * \cos \varphi$$

Donde:

φ : Ángulo de rotación entre dos sistemas de coordenadas

$\Delta X, \Delta Y$: Sistemas de coordenadas

$Y_i; X_i$: Coordenadas del viejo sistema

$Y_i'; X_i'$: Coordenadas del nuevo sistema

4. Cálculo del triángulo

$$a = \sqrt{b^2 + c^2 - 2bc \cos \alpha}$$

$$\beta = a * \cos \left(\frac{a^2 + c^2 - b^2}{2ac} \right)$$

$$\gamma = a * \cos \left(\frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab} \right)$$

Donde:

a, b, c: Lados del triángulo

β, γ : Angulos

5. Cálculo de distancia

$$\alpha = Z_{p1-p2} - Z_{p1-p3}$$

$$X = a * \text{sen} \alpha$$

$$Y = a * \text{cos} \alpha$$

III.2 Análisis de las escombreras en la recultivación

Las escombreras se desarrollan a partir de un conjunto de mediciones topográficas, un conjunto de ecuaciones que describen su conformación geométrica.

El modelo que se utilizó para el cálculo y los gráficos mediante el programa SURFER es el de Triangulación con Interpolación Lineal el cual puede desarrollarse sobre una red XY que sea o no rectangular, puesto que las mediciones topográficas disponibles son generalmente no rectangulares, este método se completa mediante estimaciones puntuales.

Para su desarrollo se propone el siguiente algoritmo:

1. A partir de los datos iniciales se forma la red rectangular incompleta.
2. Completar la red rectangular usando como método de estimación el inverso del cuadrado de la distancia.
3. Obtener un modelo geométrico y a partir de él un método de estimación.

Las escombreras de las canteras ocupan áreas significativas de tierras recultivadas; para una utilización más racional de estas áreas se realiza la recultivación de las escombreras, incluyendo su aplanamiento y disminución de los ángulos de inclinación de las mismas hasta alcanzar su estabilidad en contra de la erosión por el agua y el viento y realizando la conformación de su superficie y la siembra de yerbas y árboles con el objetivo de crear una futura capa vegetal. (Ver anexo 4).

Los trabajos de aplanamiento son las labores más difíciles de la recultivación. Estos trabajos se realizan en dos etapas:

1. Aplanamiento vertical inicial; (nivelación vertical)
2. Aplanamiento luego de la compactación del terreno.

El volumen principal del trabajo se realiza en la primera etapa. En la segunda etapa se rectifica el relieve creado. Estos trabajos se realizan antes de depositar la capa vegetal o terreno con buenas propiedades para el cultivo. La nivelación vertical puede ser con un solo nivel o con varios niveles. En el caso de un sólo nivel se realiza la nivelación completa de toda la superficie de la escombrera desnivel necesario para escurrimiento del agua superficial. En el caso de varios niveles, se corta la superficie de la escombrera creando plazoletas horizontales no muy anchas con accesos entre ellas con pendientes no mayor de 10° .

Para la nivelación vertical se pueden usar los siguientes equipos: Buldózer, Mototrailla, Excavadora y otras máquinas mineras y de transporte. La tarea del Departamento Topográfico es realizar el levantamiento topográfico del proyecto y el control durante su ejecución. La formación de las escombreras debe realizarse teniendo en cuenta su influencia en el medio ambiente que le rodea y la utilización

posterior que se le va a dar al área. En correspondencia con esto las escombreras deben cumplir los siguientes requisitos:

1. Ocupar el menor espacio posible.
2. Tener la posibilidad de ser recultivadas en breve tiempo con mínimo volumen de movimiento de Tierra.
3. Tener buena presencia y que encaje bien en el relieve natural circundante.

La economía de la etapa minero técnica en la recuperación de terreno en las escombreras depende en gran medida de su forma geométrica en el plano del relieve superficial de las mismas, de la geología del macizo rocoso sobre el cual yacen, de las propiedades químicas de las rocas que forman las escombreras y a la distribución de las mismas en ellas. Algunos de estos requerimientos pueden tenerse en cuenta ya que en el proceso de organización y planificación de la ejecución de los trabajos mineros en las canteras y en la formación de escombreras.

El topógrafo necesita controlar sistemáticamente el perfil de la deposición de la escombrera. La deposición del área superior de la escombrera, cuya superficie será destinada para la recultivación, debe tener un permanente control del topógrafo. La nivelación inicial a la escombrera se le hace de forma inmediata a la deposición del mineral estéril, ya que esto posibilita una compactación uniforme de la superficie de la misma en toda el área. Es conocido que las escombreras conllevan a la formación de elevaciones en el relieve en la mayoría de los casos y las mismas sirven para el escurrimiento de las aguas superficiales y como resultado se forman las redes hidrográficas locales.

Es por eso que se necesita realizar un estudio del relieve, la hidrología local y de las propiedades del macizo antes de comenzar la deposición de los materiales en las escombreras, con el objetivo de no obstruir los desagües locales, lo que conllevaría a tener que afrontar consecuencias negativas no deseadas.

No se puede permitir que el agua superficial proveniente de las escombreras, arrastre con ella la Tierra de la superficie y se mezcle con el agua subterránea, ya que contaminaría las mismas, no sólo en la zona de las escombreras sino a una distancia considerable de las mismas. La deposición del escombro en las escombreras sería ideal hacerla de forma selectiva en correspondencia a sus características físico-químicas y agrobiológicas.

En la parte inferior de la escombrera se depositan las rocas tóxicas y duras y en la parte superior las rocas con mejores propiedades, cultivables y beneficiosas para la formación de la capa vegetal. Como se muestra en la práctica mundial la combinación de la explotación minera con la recultivación de las escombreras disminuye el volumen de los trabajos y los gastos en la preparación de la superficie de las mismas para su ulterior utilización.

Para la determinación del intervalo de nivelación final (compactación) de las escombreras es necesario conocer la secuencia del proceso de asentamiento (compactación) del material depositado. Para este objetivo se realizan las observaciones instrumentales topográficas del proceso de compactación.

Las observaciones se llevan a cabo a través de estaciones de observación que constituyen una red de líneas de perfiles o cuadrados; los principales tipos de trabajos son: nivelación geométrica o trigonometría y mediciones con cintas de las distancias entre los puntos de observación en los perfiles. Los intervalos entre las observaciones se toman en dependencia de la intensidad de deposición del escombro y de la velocidad de su deformación. Las observaciones del asentamiento del mineral estéril de las escombreras determinan dos períodos de deformación.

En el transcurso de los primeros 8-15 días bajo la acción de las tracción y la sobretrituración del material estéril, la compactación de la escombrera crece bruscamente. En el transcurso de 1.5-3 meses la compactación (asentamiento) prácticamente se detiene. La compactación más intensiva de las escombreras se observa en el transcurso de 6 a 10 meses.

La práctica demuestra que la compactación del material en las escombreras no es uniforme y con grandes variaciones de las cotas en los distintos puntos. La experiencia de trabajo demuestra la necesidad de realizar los trabajos de nivelación y aplanamiento después de depositado el material en las escombreras, lo que asegura una deposición y asentamiento uniforme en todo el área de la misma.

III.2.1 Nivelación (aplanamiento) vertical de las escombreras

Como nivelación vertical se conoce el volumen de trabajo necesario para la transformación del relieve existente en el relieve proyectado que responde a las exigencias para lo cual fue destinado.

Durante la proyección se determina el tamaño de los pedazos de roca a depositar y su volumen, el volumen del movimiento de tierra, las vías para el movimiento de la masa rocosa, etc. La variante más óptima será aquella en la cual el movimiento de tierra sea el mínimo.

En las empresas mineras, estos problemas son resueltos por el Departamento de Topografía. Para esto se utilizan planos topográficos de las escombreras en las escalas desde 1:1000, hasta 1:5000, los cuales son determinados por el topógrafo. De la precisión con que se presente el relieve en el plano topográfico depende la precisión del Proyecto de Nivelación Vertical. Para la determinación de la superficie en proyecto de las escombreras en alturas se usan los métodos gráficos, analíticos y grafo-analítico.

En la práctica actual de proyección el método más usado es el grafoanalítico que es el que menos se necesitan las construcciones gráficas y se usan cálculos sencillos. Para la proyección de la Nivelación Vectorial en superficies irregulares es recomendable usar el método de perfiles con representación en el plano de las secciones horizontales.

con curvas de nivel

Utilizar este método conlleva a lo siguiente:

- Cada 25-50 m se hacen perfiles transversales en los límites del área de nivelación, en los cuales se observan particularidades del relieve y el contenido litológico del material estéril.
- Perpendicular a los perfiles transversales se trazan 3 ó 4 perfiles longitudinales.
- En los perfiles transversales y longitudinales se plasman los parámetros proyectados y se construyen las superficies proyectadas con curvas de nivel.

En la recultivación de escombreras alargadas y trabajos de nivelación por el método de perfiles, los volúmenes de movimiento de tierra con frecuencia se realizan por el método de las secciones verticales. Para simplificar los cálculos es aconsejable que las escalas tanto vertical como horizontal sean iguales en la construcción de los perfiles.

Para la nivelación inicial de la superficie de la escombreras el traslado de los puntos proyectados en el terreno es conveniente utilizar el método polar. Las coordenadas polares se determinan gráficamente del plano; los trabajos se realizan por los métodos geodésicos conocidos.

Al final de cada etapa se realiza la actualización topográfica, se calculan los volúmenes de los trabajos realizados y se verifica con los datos del proyecto. Luego de la compactación de la superficie se realiza la segunda nivelación, su objetivo es la eliminación de los desniveles surgidos durante la autocompactación irregular del material. En estas condiciones mejoradas del terreno el topógrafo realiza fundamentalmente la nivelación técnica y mediciones lineales.

III.2.2 Disminución de la inclinación del talud de las escombreras exteriores

La defensa de las áreas recultivadas de la erosión y deslizamiento es una de las medidas fundamentales para garantizar el equilibrio ecológico en la naturaleza.

Erosión: se conoce como el proceso mecánico de la destrucción de la corteza terrestre por las corrientes de agua y el viento. Se diferencian la erosión por el agua y la erosión por el viento.

La causa fundamental del surgimiento de la erosión por el agua es la ruptura del balance, el % de la cantidad de lluvias caídas y su absorción por la tierra. La caída de una gran cantidad de lluvia en un período pequeño de tiempo conlleva al surgimiento de fuertes corrientes de agua que arrastra la tierra suelta y la traslada a distancia considerable, fundamentalmente este fenómeno se observa en superficies inclinadas. Mientras mayor es la pendiente y mayor es la corriente de agua, pues mayor es el proceso de erosión.

La erosión por el agua puede aparecer en dos formas:

1. Erosión por toda el área: producto del lavado superficial de las capas de material terroso de manera uniforme por toda el área (ocurre en pendiente suave)
2. Erosión de forma lineal: ocurre por el lavado superficial de la capa de material terroso por el perfil en profundidad formando zanjas profundas.

En las áreas donde no hay condiciones para el escurrimiento del agua superficial de forma permanente durante largo tiempo ocurren los deslizamientos. En la erosión producto del viento se trasladan por medio de la corriente de aire pequeñas partículas secas de material terroso; la distancia de transportación de las partículas depende de la fuerza del viento y el grosor de las partículas transportadas. El viento es capaz de trasladar partículas producto de la erosión en cualquier dirección e incluso hacia arriba por la pendiente.

Depositando el polvo en la hierva dificulta el proceso de fotosíntesis ocasionando una acción negativa en su crecimiento. Las lluvias lavan este polvo y lo arrastran junto a las corrientes de aguas hasta las presas y ríos contribuyendo a su contaminación.

El método más efectivo en la lucha contra la erosión es determinar las causas que la provocan; para este objetivo es que se realiza la disminución de la inclinación del talud de las escombreras exteriores creando las condiciones necesarias para el crecimiento de las plantas y la hierba evitando la erosión.

Para la recultivación de las escombreras exteriores su talud debe disminuir con el objetivo de que esté preparado para la siembra de árboles. La disminución de la pendiente del talud de las escombreras puede realizarse por dos métodos. De arriba hacia abajo (calderilla) y de abajo hacia arriba (realce).

Por el método de arriba hacia abajo se realiza el transporte del material de arriba hacia abajo por capas, bajo el ángulo de disminución de la pendiente del talud con Buldózer, Excavadoras, Dragalinas y otros equipos.

La disminución de la pendiente del talud por el método de abajo hacia arriba a veces se realiza con el movimiento del escombros con excavadoras y dragalinas desde el talud a las escombreras. La terminación se realiza con Buldózer y Mototraillas. Este tipo de trabajo en comparación con la primera variante es más difícil y el movimiento de tierra es varias veces mayor. Este método se usa cuando no hay espacios libres alrededor de la escombrera.

Para la formación de la capa vegetal es recomendable usar el material vegetal inmediatamente después de extraído ya que de esta forma las semillas y las raíces se mantienen vivas y gracias a esto ocurre un rápido crecimiento de las plantaciones lo que disminuye el peligro de erosión.

El esquema de disminución del talud de las escombreras con sus elementos fundamentales se representa a continuación: (Ver anexo: 5)

1. Talud de la escombrera
2. Talud de la terraza
3. Plazoleta de la terraza
- h- Distancia vertical entre las terrazas

L1- Distancia entre los árboles

b- Ancho de la terraza

α - Ángulo del talud disminuido

δ - Ángulo de estabilidad del talud de la terraza

III.2.3 Medidas antierosivas en las escombreras

Es conocido que mediante el laboreo de yacimientos por el método a Cielo Abierto las escombreras ocupan grandes áreas. Los taludes de las escombreras que no presentan ángulos estables no sólo son fuentes de formación de polvo sino que empeoran las condiciones estéticas, estos taludes son inclinados e inestables, no son recomendables como área de cultivos, en estos es preferible sembrar árboles o arbustos más resistentes a la erosión, combinándolo con diversos métodos.

Existe gran variedad de métodos para controlar la erosión producida por el agua, los que se agrupan en tres categorías:

- a. Culturales
- b. Agronómicas
- c. Mecánicas

Es de señalar que también existen métodos químicos con el empleo de la lignina. Los más acertados para nuestras condiciones son los mecánicos, los cuales se aplican con maquinarias para realizar movimientos de tierras que modifican el escurrimiento de las lluvias.

1. Terrazas de desagüe
2. Terrazas individuales
3. Causas de derivación o derivadores
4. Causas de desagüe
5. Pequeñas presas o diques

1. Son malecones de tierra con una combinación de cause y malecón que se construyen transversalmente a la pendiente de una ladera a intervalos fijos o variables.

Las terrazas controlan la erosión de la siguiente forma:

- a) Reducen la longitud de la pendiente.
- b) Conducen el agua del escurrimiento a la pendiente, a velocidad incapaz de arrastrar el suelo hasta un desagüe apropiado.

2. Las terrazas individuales cambian una ladera con pendientes largas en áreas con varias pendientes cortas que recogen y regulan el agua del escurrimiento.

Las terrazas no son tan efectivas para el control del escurrimiento total como lo son para disminuir la velocidad del escurrimiento.

3. Un derivador es un cause individualmente diseñado y que se construye a través de la ladera con el fin que se intercepte el escurrimiento superficial y la lleve a una salida segura de desagüe.

Los derivadores se emplean para:

- Disminuir la longitud de la pendiente
- Desviar las aguas, apartarlas de arroyos activos formadores de cárcavas.
- Desviar el agua de las actividades productivas.
- Proteger los suelos bajos de una inundación posible o exceso de agua.
- Cortar las aguas que escurren de una terraza que se encuentra mas arriba que no tiene otra forma de desaguar.

4. Constituyen una de las prácticas más comunes y fundamentales en la conservación de suelos. Siempre que llueve mucho se produce escurrimiento y los causes de desagüe recubiertos de hierbas pueden facilitar la evacuación del escurrimiento.

El canal de desagüe debe estar diseñado de modo que tenga dimensiones suficientes para conducir toda el agua del escurrimiento de los aguaceros mas intensos y voluminosos que ocurran durante un periodo de diez años.

5. Las presas pequeñas o micro presas constituyen un método muy eficaz para el control de la erosión, ya que reduce los movimientos del suelo producido por las lluvias, al mismo tiempo que almacenan el agua para emplearla posteriormente en las actividades productivas.

Estas micro presas se construyen levantando un relleno de rocas en un barranco o valle estrecho. No hay dos lugares para embalses que sean iguales, cada uno de ellos se debe proyectar separadamente de acuerdo con el sitio donde se ha de construir, el tipo de suelo, subsuelo, características topográficas y clima.

III.3 Análisis de pendientes. Influencia de las pendientes en la erosión de los suelos

La pendiente está dada por la inclinación que poseen las escombreras o los depósitos de mineral y ésta se caracteriza por poseer un nivel alto de erosión debido a los fuertes vientos y a las lluvias que son características en esta zona la cuál referimos en el segundo capítulo, esto se puede observar en el perfil de la escombrera OP-50,(ver anexo 3) el cual se escogió para el calculo de la pendiente por poseer una mayor inclinación y a la vez un alto nivel de erosión.

Cálculo de la pendiente de la escombrera OP-50 la cual se refiere en el anexo # 4:

$$P = \frac{Hb - Ha}{Dab} * 100$$

$$P = \frac{23,81m}{40m} * 100$$

$$P = \frac{126,97m - 103,16m}{40m} * 100$$

$$P = 59,525\%$$

Análisis de la pérdida de suelos en el territorio

Para este análisis es preciso utilizar la ecuación universal de pérdida de suelos (Wischmeier y Smith, 1958) por ser la más comprensiva y útil para el cálculo de la erosión hídrica del suelo. El resultado de la estimación de cada uno de los parámetros que interviene en la ecuación se presenta a continuación:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

$$A = 0.425 * 0.37 * 9.13 * 1 * 1$$

$$A = 1.43 \text{ Kg/m}^2$$

El valor obtenido de A es para un metro cuadrado, si lo multiplicamos por el área de la escombrera entonces A quedaría de la siguiente forma:

$$A = 1.43 \text{ Kg/m}^2 * 10321 \text{ m}^2$$

$$A = 14579.03 \text{ Kg / m}^2$$

Luego este valor lo llevamos a Ton/Ha

$$A = 14.79903 \text{ Ton/Ha}$$

Donde:

- A. Pérdida de suelo.
- R. Índice de erosión pluvial
- K. Índice de erosionabilidad del suelo.
- L. Longitud de pendiente.
- S. Pendiente de talud.
- C. Cubierta vegetal y uso del suelo.
- P. Práctica de conservación del suelo.

Índice de erosión pluvial (R)

La escasez de datos de pluviómetros para la estimación de la intensidad de las precipitaciones obliga a utilizar el índice de torrencialidad calculado por Icona – Intecsa (1988) que establece la correlación entre el índice de erosión pluvial (R) y el índice de agresividad del clima, de Fournier expresada por: P^2/p , donde P es la precipitación del mes más lluvioso y p es la precipitación media anual.

Índice de erosionabilidad del suelo (K)

Este factor varía entre 0,3 y 0,7 y depende de las propiedades del suelo, especialmente del contenido de materia orgánica (MO), la textura, la estructura y la permeabilidad. Estos suelos son clasificados en seis clases según su tipo.

Tipo de suelo	K
Ferralítico	0.37
Fersialítico	0.44
Pantanosos	0.46
Ferrítico	0.50
Aluviales	0.56
Pardo	0.64

Longitud (L) y pendiente(S) del talud

Estos dos factores suelen evaluarse conjuntamente como factor topográfico (LS). Ellos afectan la capacidad de la escorrentía para desprender y transportar los materiales de los suelos al aumentar la velocidad, por consiguiente, al potencial erosivo del agua. Estos se calculan por las siguientes fórmulas:

$$L * S = \left(\frac{\lambda}{2.1} \right)^{0.2} * \left(\frac{S}{9} \right)^{1.2} \quad \text{Para } S > 9\%$$

$$L * S = \left(\frac{\lambda}{22.1} \right)^2 * (0.065 + 0.0454 * S^2) \quad \text{Para } S < 9\%$$

Para nuestro trabajo se escoge la primera fórmula por ser la pendiente mayor a los nueve grados.

$$L * S = \left(\frac{\lambda}{2.1} \right)^{0.2} * \left(\frac{S}{9} \right)^{1.2} \quad \text{Para } S > 9\%$$

$$L * S = \left(\frac{97,23}{2.1} \right)^{0.2} * \left(\frac{30^0}{9} \right)^{1.2}$$

$$L * S = 9,13\text{m}$$

Longitud del tramo de pendiente:

$$\lambda = \frac{L_t}{\cos S} \quad \lambda = \frac{84,20}{\cos 30} \quad \lambda = 97,23$$

S: Pendiente

λ : longitud del tramo de pendiente

L_t : Longitud de la traza

El factor de cubierta vegetal y uso del suelo (C)

Este factor incluye los efectos interrelacionados del tipo de cubierta vegetal y la secuencia de la misma en el caso de cultivos, entre otros. Este parámetro se toma por la siguiente tabla:

Tipo de cubierta	C
Maleza y arbusto	0.07
Plantas herbáceas	0.16
Cultivos anuales	0.25
Bosque mangle	0.28
Arboleda	0.39
Suelos removidos	1

El parámetro C toma valores entre 0 y 1. En la región de Moa el valor más bajo es 0,07 para el suelo cubierto por maleza y arbustos y el valor máximo corresponde a suelos removidos, como es el caso de las áreas minadas y zonas de cárcavas.

Factor de práctica de conservación o de cultivo (P)

Expresa la influencia que ejercen las prácticas de cultivo, corrección y conservación en la erosión hídrica. Para este trabajo se tomó el valor de 1 ya que

no se realizan prácticas de conservación de cultivo y los suelos son removidos por ser un área minada la que se está analizando.

De acuerdo con los cálculos podemos llegar a la conclusión que la erosión en el territorio es moderada si analizamos los siguientes parámetros:

Pérdida de suelo	Grado de erosión hídrica
10	Ninguna o ligera
10—15	Moderado
50—200	Alto
200	Muy alto

Agentes de la erosión:

1. Las lluvias: Las cuales provocan la erosión por el impacto de las gotas de agua sobre la superficie.
2. La escorrentía: Provoca la erosión por lavado de la superficie del suelo al arrastrar partículas del mismo.
3. El viento: Causa la erosión eólica o arrastre de partículas de menor tamaño con lo que se provocan las nubes de polvo en el suelo descubierto.
4. La gravedad: Causa la erosión por gravedad, es el principal agente de los deslizamientos de los terrenos.

La erosión por las lluvias y por la escorrentía está agrupada por la erosión hídrica. El impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo es la causa principal del desprendimiento de partículas del mismo; el cual es un proceso complejo y comprende cambios en el nivel de energía del sistema suelo-agua. La cantidad de suelo desprendido y salpicado depende del tamaño de las gotas y de la distribución de la lluvia siendo proporcional a ella la dispersión partículas del suelo.

La acción de la escorrentía es consecuencia directa de las precipitaciones, ya que cuando la cantidad de agua que cae supera la capacidad de infiltración del suelo, el líquido comienza a correr sobre la superficie siguiendo la línea de mayor

pendiente produciendo sobre la misma su acción erosiva al transportar las partículas desprendidas por el impacto de las gotas de lluvia en el suelo.

Factores que influyen en la erosión hídrica:

- a. Topografía.
- b. Clima
- c. Suelo
- d. Vegetación

Topografía

Dentro del factor topográfico tiene gran importancia la pendiente, la longitud de la misma, dimensiones y forma de las cuencas, siendo grave de hecho que existan pendientes superiores a 10 %.

Clima

Dentro del factor clima se encuentran:

Precipitaciones

Temperaturas

Viento

Humedad

Radiación solar

Las precipitaciones constituyen el aspecto decisivo dentro de las condiciones climáticas; la relación de la humedad atmosférica y la radiación solar es menos directa, pues influye poco en la temperatura mas que en otros factores. El 20 % de las precipitaciones pasan a tomar parte de las aguas subterráneas como mínimo, el resto se distribuye en el escurrimiento superficial y la evaporación. El factor viento se analizará de forma independiente en la erosión eólica.

Suelo

Las propiedades del suelo que mayores efectos tienen sobre el valor de la erosión son:

Estructuras

Textura

Contenido de la materia orgánica

Humedad

Densidad de compactación

Características químicas- biológicas

Del factor suelo se puede señalar que las propiedades físicas del mismo afectan su capacidad de infiltración y la distancia a que sus agregados pueden desplazarse y transportarse por la lluvia (la escorrentía). En este caso la mayor cantidad de agua a correr se encuentra en la superficie.

Las condiciones geológicas desde el punto de vista de la erosionabilidad de los suelos lateríticos se ha tenido en cuenta aquellas propiedades que mas influyen en el desarrollo de los procesos erosivos.

Las características de los suelos lateríticos de balance se pueden observar en el capítulo II.

Vegetación

Los principales efectos de la vegetación en cuanto a la protección del suelo son:

- a. Intercepta las gotas de lluvia, absorbe su energía y reduce la escorrentía.
- b. Retarda la erosión al disminuir la velocidad de la escorrentía.
- c. Limita el movimiento del suelo desprendido.
- d. Mejora la agregación y porosidad del suelo por efectos de las raíces y residuos de plantas.

Estos efectos de la vegetación varían estacionalmente, por las especies, suelo y clima, así como por la calidad del material vegetal que suministra (raíces, residuos de plantas, y ramas terminales).

Ante estos cuatro factores físicos básicos se asocia el factor tiempo de actuación de los agentes erosivos y la actividad socioeconómico del hombre; este último ha repercutido grandemente en la localidad de Moa.

III.3.1 Tipos de erosión producto a la escorrentía

1. Erosión laminar
2. Erosión en surcos
3. Erosión en cárcavas
4. Erosión en pedestales
5. Erosión en pináculos
6. Erosión remanente

1. Erosión laminar

Es la remoción del agua, más o menos uniforme de una capa delgada de suelo en una superficie con pendiente. Los más modernos estudios de los mecanismos de erosión demuestran que su ocurrencia es principalmente en laderas que han sido desprovistas de las capas superficiales de suelo con materia orgánica que le confiere un color determinado.

2. Erosión en surcos

El agua, como es sabido traza su camino siguiendo la pendiente de arriba hacia abajo. Así en cualquier campo seguirán las depresiones, por pequeñas que sean y al arrastrar las partículas en ellas contenidas, irá formando pequeños causes o surcos. El desprendimiento y el transporte de suelo son mayores en la erosión por surcos que en la erosión laminar, lo que se debe a la mayor velocidad del agua cuando se concentra y mueve en tales causes.

En este tipo de erosión, el desprendimiento tiene su origen, principalmente en la energía de flujo del agua y la magnitud de este desprendimiento es proporcional en el cuadrado de la velocidad del agua. Así cuando la velocidad se duplica, el poder de desprendimiento se cuadruplica.

La erosión en surcos es más grave cuando se producen aguaceros intensos en los suelos con poca resistencia al escurrimiento. Una vez formado el surco, el agua tiende a seguir este cause y la erosión progresa en profundidad, pudiendo llegar al subsuelo. Los suelos no protegidos por la vegetación son más susceptibles a esta erosión que los cubiertos.

En zonas de montaña donde ocurren grandes precipitaciones, el escurrimiento de agua por los troncos de los árboles puede alcanzar valores notables y producir una erosión en surcos de gran envergadura si no existe una vegetación adecuada entre los árboles. Los surcos producidos por la esorrentía son susceptibles de eliminarse mediante el laboreo adecuado.

3.Erosión en cárcavas

Las cárcavas son canales mayores que los producidos durante la erosión en surcos, a tal grado, que no pueden eliminarse en el laboreo. Sin embargo, las cárcavas casi siempre se derivan de los primitivos surcos que no han sido borrados por las labores y también pueden formarse a partir de las huellas de los equipos mecánicos. Como en los surcos, la formación de las cárcavas, así como sus dimensiones son del caudal de la escorrentía y su velocidad, además de las características del suelo y la pendiente.

La anchura y la profundidad de las cárcavas aumentan de acuerdo con una serie de procesos que pueden ocurrir aislados o conjuntamente:

- a) El roce en el fondo y paredes de las cárcavas de la corriente de agua y los materiales abrasivos que esta lleve (arena, grava, guijarros, y otras).
- b) Regresión progresiva de las cabezas de las cárcavas debido a la erosión del agua que en ella se precipita.
- c) Desmoronamiento de las márgenes de las cárcavas por la acción lubricante de las aguas de infiltración o por socavación de las aguas que ocurren por el fondo de la cárcava.

De lo anterior, se comprenderá que las cárcavas pueden tener dimensiones muy variadas, tanto por sus características físicas, ubicación y edad, como por otros factores. Pueden ser estrechas y poco profundas (0.5-1m) o llegar a dimensiones enormes (hasta por encima de 40 m).

El corte transversal de una cárcava presenta generalmente la forma de una "V" o de una "U". El primero, cuando el subsuelo es resistente al corte por el agua,

mientras que el corte en "U" se encuentra donde el suelo sea de una textura suelta y fácilmente erosionable.

Este tipo de erosión es muy característico de los suelos laberínticos y muy especial en las escombreras por lo que se detallara más adelante.

4. Erosión en pedestales

Cuando la parte del suelo está protegida por una planta, piedra u otro objeto y el suelo es muy susceptible a la erosión por impacto de las gotas de lluvia, puede este tipo de erosión, así llamado porque el objeto que protege al suelo queda literalmente, sobre el pedestal.

5. Erosión en pináculos

Se erosiona a canales verticales profundos situados junto a las cárcavas que profundizan rápidamente hasta que se unen, y dejan el pináculo aislado, con frecuencia los pináculos están coronados por una capa resistente a semejanza de la erosión en pedestal.

6. Erosión remanente

Es el proceso que ocurre en las paredes de las cárcavas por socavación de las paredes que al perder sustento caen por gravedad.

III.3.2 Erosión eólica

La erosión del viento se manifiesta en distintas zonas climáticas, pero es particularmente intensa en las regiones de clima seco donde ocurren los siguientes factores:

- Bruscos cambios alternos de temperatura que determinan la intensidad del proceso de meteorización.
- Escasa cantidad de precipitaciones atmosféricas que caen de modo muy espaciado.
- Predomina la evaporación sobre la precipitación.

- Vientos fuertes y frecuentes.
- Existencia de materiales susceptibles a ser removido por el viento.

La parte suelta de la superficie es impulsada en forma de polvo, provocando la deposición de estas partículas en la vegetación y en cuantos lugares tenga acceso y condiciones para ella. Este fenómeno de transporte contribuye a la contaminación del medio ambiental saturado en polvo.

III.4 Propuestas para mejorar la recultivación

- Cálculo de la pendiente de las terrazas de forma que el agua se vaya por infiltración.
- Proteger los taludes de esas terrazas con hierbas para evitar la erosión de las mismas.
- Donde se formen causas erosivos por mala conformación del terreno se realizaran trampas de sedimentación para disminuir el caudal.
- Realizar trincheras antierosivas para disminuir la erosión y proteger los taludes.
- No realizar escombreras en las laderas de los ríos.
- Creación de lagunas de sedimentación para decantar las aguas procedentes de la mina y mantener la humedad en los terrenos recultivados durante la época de sequía.
- Depositar el escombro de forma tal que su superficie sea la más plana posible.

Conclusiones

Conclusiones

Llegamos a la conclusión que la subdirección de minas de la Empresa Ernesto Che Guevara debe utilizar las propuestas siguientes para mejorar la recultivación y controlar la erosión en dichos terrenos recultivados.

1. Según la pendiente de las escombreras analizadas el índice de erosionabilidad o pérdida de suelo es moderado.
2. El empleo de trincheras antierosivas favorecen en gran medida a la disminución de pérdida de suelo.
3. La disminución de la pendiente del talud de las escombreras reduce la erosión del suelo y favorece las condiciones para la recultivación.
4. La protección de las áreas recultivadas contra la erosión y deslizamientos es una de las medidas fundamentales para garantizar el equilibrio ecológico.
5. La tecnología empleada en la realización de los trabajos topográficos es adecuada y moderna.

Recomendaciones

Recomendaciones

Recomendamos que la EMPRESA Ernesto Che Guevara debe utilizar las propuestas siguientes para mejorar la recultivación.

1. Colocar las pendientes de las terrazas de forma tal que el agua producto a las fuertes precipitaciones en los meses más lluviosos se vaya por infiltración y otra parte por escurrimiento natural para evitar que se produzcan deslizamientos.
2. Proteger los taludes de dichas terrazas con hierbas, con el objetivo de disminuir la erosión producto a las lluvias.
3. Donde se forman causes erosivos por mala conformación del terreno se realizaran trampas de sedimentación para disminuir el caudal.
4. Realización de trincheras antierosivas para proteger los taludes y disminuir la erosión en estas zonas de mayor erosión.
5. Disminuir el talud de las escombreras.

Bibliografía

1. Batista, J; Carcasses, J. Metodología de los trabajos topográficos.
2. De la Fé Lora, E. Protección de las escombreras de la mina Ernesto Che Guevara. Trabajo de diploma. (ISMM Facultad de Minería-Geología). 1996.
3. Ferrer Burgos, R. Topografía Minera I. La Habana, Editorial Pueblo y Educación, Dic 1984. Tomo I.
4. Hylsky, H. Origen y formación de las cárcavas. I. En: erosión en Cárcavas. La Habana, 1973, 15p.
5. Leyca (Suiza). Geo Basic User Manual Reference. Versión 2.20 English.
6. Leyca (Suiza) Manual de empleo. Versión 2.2 Español.
7. Pérez Domínguez, C. Erosión de suelo, causa, efectos y control.
8. Proyecto de rehabilitación 2001. Moa, Empresa Ernesto Che Guevara. Subdirección de Minas, 2001.
9. Nemkin, A.F; Popov, I.I Trabajos Topográficos para la recultivación de Tierra en las Empresas Mineras. Nedra. 1984. 184p.
9. Dr. Pérez Rodríguez, J. Geología Ambiental. Texto Básico para el Diplomado "Evaluación de Impacto Ambiental". La Habana, ISPJAE, 1998. 142p.

Tabla :1 Modelo de anotación de la libreta del topógrafo:

Zona: _____		Fecha: _____					
TOP: _____		Anot: _____		Inst. _____		No: _____	
Estación	No	Azimut	Altura Señal	Altura Inst.	Desnivel	Cota	Observaciones

Plano de ubicación del yacimiento Punta Gorda

Leyenda



Océano Atlántico



Ríos y arroyos



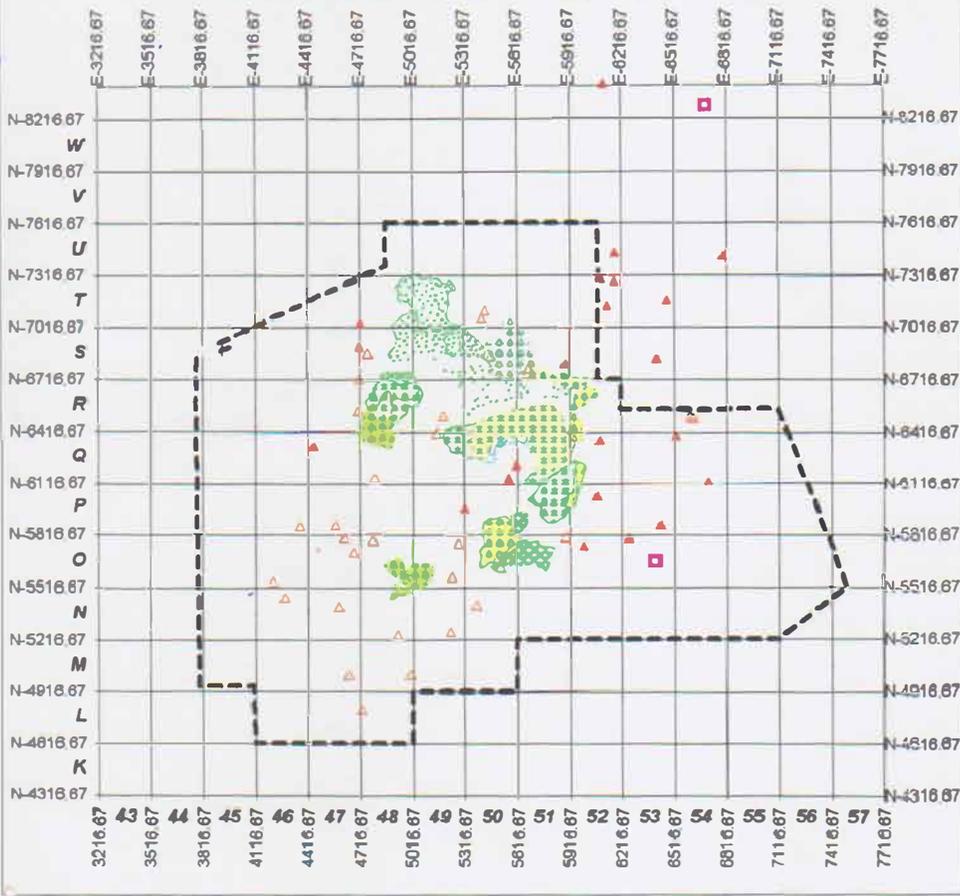
Concesión minera del yacimiento Punta Gorda



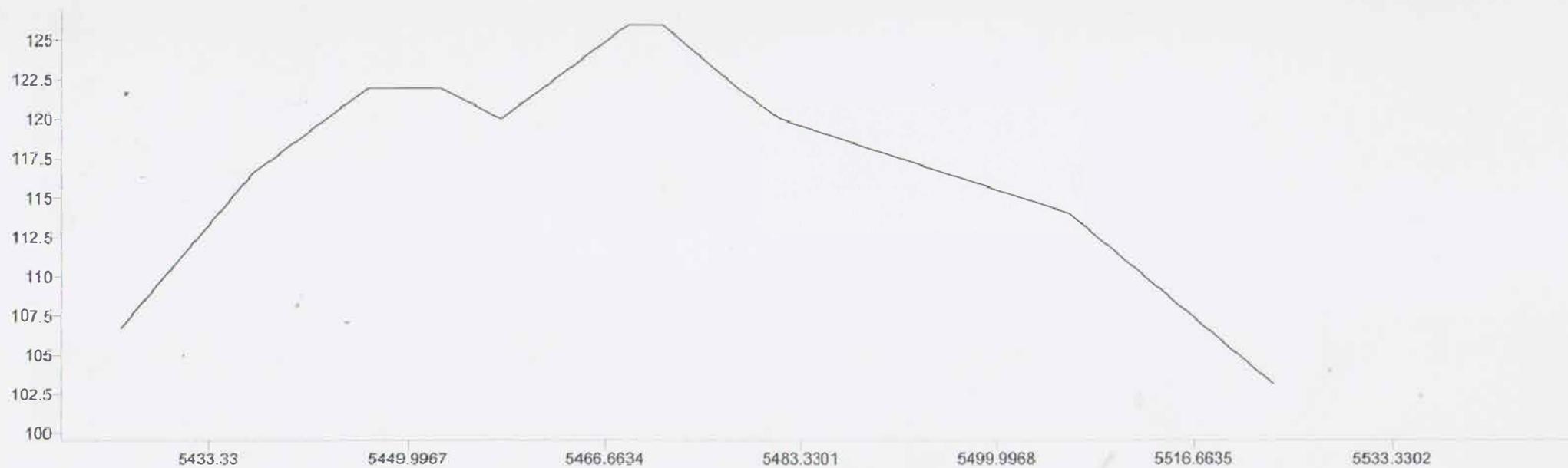
Norte geográfico



Anexo 2. Area reforestada Yacimiento Punta Gorda.



Anexo:3 Perfil de la Escombrera OP-50



Esc H: 1:400

Esc V: 1:300

