



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**MÉTODOS Y FORMAS PARA MITIGAR IMPACTOS AMBIENTALES EN LA
EXPLOTACIÓN DE BANCOS DE MATERIAL PARA CARRETERAS
RURALES**

Marlon Alejandro Rodríguez Pérez

Asesorado por el Ing. Erwin Orlando Granados Morales

Guatemala, febrero de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MÉTODOS Y FORMAS PARA MITIGAR IMPACTOS AMBIENTALES EN LA
EXPLOTACIÓN DE BANCOS DE MATERIAL PARA CARRETERAS
RURALES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

MARLON ALEJANDRO RODRÍGUEZ PÉREZ

ASESORADO POR EL ING. ERWIN ORLANDO GRANADOS MORALES
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVÍL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2008

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

MÉTODOS Y FORMAS PARA MITIGAR IMPACTOS AMBIENTALES EN LA EXPLOTACIÓN DE BANCOS DE MATERIAL PARA CARRETERAS RURALES,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el 28 de octubre de 2004.

Marlon Alejandro Rodríguez Pérez

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|-------------|--------------------------------------|
| Decano: | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos |
| Vocal I: | Inga. Glenda Patricia García Soria |
| Vocal II: | Inga. Alba Maritza Guerrero de López |
| Vocal III: | Ing. Miguel Angel Dávila Calderón |
| Vocal IV: | Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz |
| Secretaria: | Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|-------------|--|
| Decano: | Ing. Herbert René Miranda Barrios |
| Examinador: | Ing. Alfredo Arrivillaga Ochaeta |
| Examinador: | Ing. Carlos Salvador Gordillo García |
| Examinador: | Ing. Ricardo Arturo Rodas Romero |
| Secretaria: | Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas |

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS:** A quien he descubierto por mi fe, quien me ha dado todo lo que tengo, quien me enseña a amar, no cabe duda que sin Él, esto no hubiese sido posible.
- Mis padres:** **José Rodríguez Natareno y Miriam Pérez de Rodríguez,** para que este triunfo también sea de ellos.
- Mi hogar:** Que ha sido fundamental en mi vida y es claro el amor que me han brindado, por eso dedico este trabajo a mi esposa Roselí, a mis hijas Sharon Alejandra y Valery Anelisse.
- Mis hermanos:** Ingrid Viviana, Edgar Fernando Y Sharon Elizabeth. Que este triunfo les sirva como motivación para alcanzar sus sueños profesionales.

AGRADECIMIENTOS A:

DIOS, con todo mi corazón, por ser tan bondadoso, brindándome sabiduría y fuerza para seguir adelante, por que siempre estas conmigo.

Mis padres **José Rodríguez Natareno y Miriam Pérez de Rodríguez**, por que siempre estuvieron conmigo en todo momento, me han dado su amor incondicional, me brindaron desde pequeño educación, valores, sabiduría, orientándome a ser siempre una mejor persona y hacer el bien a todos.

Mi hermano **Ing. Osman Fernando Rodríguez**, por el apoyo brindado, sus consejos y la orientación profesional.

Mi tía **Naita D. E. P.**, persona quien me brindó apoyo y amor incondicional.

A mi hermano **Juan Carlos D. E. P.**, que en sus últimos momentos me brindó consejos y confiaste en mí.

Mis **amigos**, ya que desde niño he aprendido de una u otra manera lo que es forjar una buena amistad, también quiero agradecer este momento de manera muy especial a mis amigos de la Comunidad Llama de Vida, con quienes compartí momentos agradables, gracias Hermanas de la Sagrada Familia, quienes a parte de su amistad me brindaron consejos de mucha sabiduría, en especial a la hermana Dora.

Al **Ing. Erwin Orlando Granados Morales**, por su preciado tiempo dedicado y compartido conocimientos profesionales para la asesoría del presente trabajo de graduación.

Universidad de San Carlos de Guatemala, en especial a la **Facultad de Ingeniería**, en donde recibí conocimientos para poder optar a este título.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|----------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES | V |
| GLOSARIO | VII |
| RESUMEN | XIII |
| OBJETIVOS | XV |
| INTRODUCCION | XVII |
| | |
| 1. ASPECTOS GENERALES | 1 |
| 1.1 Marco Jurídico y Legal | 1 |
| 1.2 Caracterización de los Sistemas y Elementos Ambientales | 1 |
| 1.2.1 Relación Proyecto – Medio Ambiente – Costo Beneficio | 6 |
| | |
| 2. EXPLORACIÓN DE LOS MANTOS | 9 |
| 2.1 Visual o reconocimiento del área | 9 |
| 2.2 Sondeos | 11 |
| 2.3 Información a través de Caminos | 17 |
| 2.4 Análisis del suelo | 18 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 2.4.1 | Abrasión | 21 |
| 2.4.2 | Proctor y CBR | 22 |
| 2.4.3 | Granulometría | 24 |
| 2.4.4 | Límites de Attemberg | 26 |
| 3. | MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN DE BANCOS DE MATERIAL | 29 |
| 3.1 | Natural | 29 |
| 3.2 | Artificial | 29 |
| 3.2.1 | Artesanal | 30 |
| 3.2.2 | Explosivos | 31 |
| 3.2.3 | Con Maquinaria | 38 |
| 4. | IMPACTOS Y EFECTOS AMBIENTALES A LA SALUD | 43 |
| 4.1 | Deterioro del recurso suelo | 43 |
| 4.2 | Erosión | 44 |
| 4.2.1 | Erosión hídrica | 45 |
| 4.2.2 | Erosión eólica | 46 |
| 4.2.3 | Deslizamientos o derrumbes | 47 |
| 4.3 | Pérdida de diversidad biológica | 51 |
| 4.4 | Contaminación del recurso hídrico | 53 |
| 4.5 | Contaminación del recurso atmosférico | 55 |
| 4.6 | Contaminación del paisaje | 59 |

| | |
|---|------------|
| 5. MÉTODOS Y FORMAS DE CÓMO MITIGAR IMPACTOS | 61 |
| 5.1 Métodos de estudio de Impacto Ambiental | 61 |
| 5.2 Explotación de bancos de material, parcialmente explotados | 65 |
| 5.3 Galerías, terrazas, pendientes | 68 |
| 5.4 Reforestación de áreas deforestadas, por la explotación de nuevos bancos | 74 |
| 5.5 Manejo adecuado de desechos para evitar asolvamiento | 83 |
| 5.6 Protección de bancos de material por medio de canales y trampas de sedimentación | 89 |
| | |
| 6. EJEMPLO DE CÓMO MITIGAR EL IMPACTO AMBIENTAL, EL PROYECTO PILOTO DE CAMINOS RURALES DEL ALTIPLANO DE SAN MARCOS, TRAMO “PUENTE CANZELA – ALDEA CANZELA” FINANCIADO POR BANCO MUNDIAL. | 95 |
| | |
| CONCLUSIONES | 107 |
| RECOMENDACIONES | 109 |
| REFERENCIA | 111 |
| BIBLIOGRAFÍA | 113 |
| ANEXOS | 115 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Comparación de los cuatro estados de consistencia del suelo coherente con respecto a los límites de Atterberg. 27
2. Sección en corte de la explotación de un banco de material con el equipo trabajando para la explotación del mismo. 42
3. Derrumbe que tapó toda la sección de una vía de una carretera asfáltica, donde se encuentra un cargador frontal y una retroexcavadora cubriendo la emergencia para dar vía nuevamente a los vehículos. 48
4. Flujo de lodos, rocas y árboles, provocado por la saturación del suelo en una montaña. 50
5. Tala inmoderada de árboles, limpieza del área para luego explotar el suelo. 75
6. La reforestación se implementa mediante la técnica de sembrar árboles con una especie nativa llamada pino. 78

TABLAS

| | | |
|-------|--|-----|
| I. | Porcentaje de los elementos que existen en la atmósfera. | 2 |
| II. | Clasificación de los suelos, según el porcentaje de CBR. | 24 |
| III. | Indica cantidad de nitrato de amonio por pie de penetración para que la densidad del aceite combustible sea de cuarenta y siete libras por pulgada cúbica (47 lb. / p3). | 36 |
| IV. | Representación del factor del explosivo en libras por yarda cúbica (lb. / yd ³) para diferentes tipos de rocas. | 37 |
| V. | Identificación de Impacto Ambiental con la Matriz de Leopold modificada para el Medio Físico. | 99 |
| VI. | Identificación de Impacto Ambiental con la Matriz de Leopold modificada para el Medio Natural. | 100 |
| VII. | Identificación de Impacto Ambiental con la Matriz de Leopold modificada para el Medio Socioeconómico. | 101 |
| VIII. | Identificación de los Impactos Significativo. | 102 |
| IX. | Identificación de los Impactos no Significativos. | 104 |

GLOSARIO

| | |
|---------------------|--|
| Ambiente | Es el conjunto de elementos naturales, artificiales o inducidos por el hombre, físicos, químicos o biológicos que propicien la existencia, transformación y desarrollo de organismos vivos. |
| Balasto | Grava para asentar la vía de un ferrocarril, de una carretera o un camino. |
| Base | Asiento apoyo o superficie de material en la que va por debajo de la capa asfáltica, a la vez resiste la carga del tráfico y transmite las cargas adecuadamente distribuidas e impide que la humedad de la sub - rasante ascienda por capilaridad. |
| Clima | Fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado atmosférico y su evolución en un lugar determinado. |
| Compactación | Proceso en el que aumentamos la resistencia del suelo y disminuimos la compresibilidad de los mismos, utilizando mecanismos en los que aplicamos energía para compactar. |

| | |
|-----------------------------|--|
| Condensación | Es el cambio de un vapor al estado líquido o al estado sólido. |
| Contaminación | Es la presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o cualquiera de ellos que perjudique o resulte nocivo para la salud y el bienestar humano, la flora, la fauna y que a su vez degraden la calidad del aire, el agua, del suelo y de los bienes y recursos en general. |
| Cuenca | Depresión topográfica delimitada por las montañas más altas, en donde toda la escorrentía se agrupa llegando a unirse en un punto específico terminando en un río, lago o mar. |
| Deforestación | Es la acción de eliminar o desaparecer las plantas forestales, sin volver a sembrar. |
| Detonación | Es la acción de detonar una carga ultrasensible que provoca una explosión utilizada en canteras, apertura de brecha u otros en donde exista roca o suelo duro. |
| Diversidad Biológica | Se refiere a la variedad de todos los seres vivos, las especies que contienen y los ecosistemas que forman. |
| Ecosistema | Es la acción que realizan todos los seres vivientes y cosas no vivientes actuando juntos. |

| | |
|------------------------------|---|
| Ensayo de Laboratorio | Se realizan para determinar las propiedades de un suelo mediante la obtención de muestras representativas. |
| Escurrimiento | Se da cuando la capa superficial del suelo se satura, cuyo volumen es medido en la corriente principal de cada cuenca hidrográfica en el punto donde se ubica una estación hidrométrica. |
| Estrato | Es una parte del suelo, puede ser de diferente color, espesor y con distinta característica física o química, al conjunto de estos estratos se les denomina perfil del suelo o estratificación del suelo. |
| Evaluación Ambiental | Es el proceso y conjunto de procedimientos que permite al Estado estimar los efectos y consecuencias que la ejecución de una determinada acción, propuesta o proyecto puedan causar sobre el ambiente, a base de un estudio de evaluación de impacto ambiental. |
| Granulometría | Se refiere a determinación de la cantidad en por ciento de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. |
| Impacto Ambiental | Es la acción humana o fenómenos naturales en un área de influencia definida de cambios directos o indirectos en el medio ambiente que puede alterar las propiedades del recurso natural o artificial. |

| | |
|------------------------|---|
| Índice plástico | Es la diferencia entre los valores de un límite líquido y un límite plástico de un suelo. |
| Infraestructura | Conjunto de las obras en construcción. |
| Inorgánico | Materia que no tiene órganos, se dice que son todos los minerales. |
| Límite líquido | Es el contenido de humedad expresado en por ciento con respecto al peso seco de una muestra de suelo. |
| Límite plástico | Es el contenido de humedad expresado en por ciento con respecto al peso seco de una muestra de suelo secada en horno. |
| Mitigación | Implementación deliberada de decisiones o actividades diseñadas para reducir los impactos indeseables de una acción propuesta sobre el medio ambiente afectado. |
| Orgánico | Relativo a los animales y los vegetales cuyo componente constante es el carbono, su tendencia es la descomposición. |

| | |
|-----------------------------|--|
| Precipitación | Se da cuando las gotas de vapor de agua alcanzan la zona de condensación, éstas adquieren tamaños más grandes alcanzando su peso específico mayor al del aire por lo cual ya no puede sostenerse en el aire y no puede sostenerse en el espacio. |
| Proyecto | Es el conjunto de especificaciones, disposiciones especiales y apéndices a los que debe ajustarse la ejecución de una obra. |
| Sub Base | Es la capa de la estructura del pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas de tránsito provenientes de las capas superiores del pavimento de tal manera que el suelo de sub-rasante las pueda soportar e impide que la humedad de la sub-rasante ascienda por capilaridad. |
| Sub Rasante | Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura del pavimento y se extiende hasta una profundidad tal que no le afecte a la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. |
| Saturación del suelo | Se da cuando el suelo ha sobrepasado su límite líquido convirtiéndose en un estado líquido, precisamente por el exceso de agua contenida en el suelo. |

Temperatura

Es el grado de calor en que se mide el ambiente, clasificándola como promedio medio, promedio de extremas y extremas absolutas. La unidad de medida es en centígrados o Fahrenheit.

RESUMEN

En Guatemala existe una extraordinaria riqueza de recursos naturales y mucha de la economía depende de ella, en el momento que se explotan bancos de material se tiene que considerar, desde el punto de vista de desarrollo sostenible, un análisis de los sistemas que componen el medio ambiente, el ámbito social y económico, de tal forma que el resultado de beneficios al ser humano y al medio ambiente.

El objetivo del presente trabajo es dar a conocer las formas y métodos de cómo mitigar impacto ambiental al momento de ejecutar proyectos que involucren la explotación de bancos de material.

Las formas de cómo mitigar impacto al ambiente son fáciles de realizar y su práctica es utilizando bancos de material existentes, realizando estructuras como terrazas y taludes, reforestando áreas por la explotación de otras, un manejo adecuado de los desechos, proteger los bancos de material por medio de canales o trampas de sedimentación.

En el ejemplo de la explotación de un banco de material en el Altiplano de San Marcos, se implementa un método para encontrar los impactos significativos y no significativos, se dan las recomendaciones para mitigar el impacto ambiental de tal manera que el proyecto se ejecuta por ser factible para el beneficio y desarrollo de la población.

OBJETIVOS

General

Lograr una orientación práctica que permita mayor conciencia al lector, dando conocimiento de los sistemas y elementos ambientales para una mejor comprensión de los mismos, conociendo también los métodos y formas de cómo el mitigar impacto ambiental en la explotación de bancos de material para carreteras rurales.

Específicos

1. Orientar a los sistemas educativos, ambientales, entidades gubernamentales y culturales, hacia una formación de recursos humanos calificados en ciencias ambientales.
2. Proporcionar información acerca de la caracterización de los sistemas y elementos ambientales.
3. Que se conozcan los diferentes métodos de estudio de Impacto Ambiental para que se pongan en práctica, con el objeto de mitigar impactos en los proyectos que se ejecuten y que a la vez sean de beneficio a las comunidades del país.

4. Dar a conocer diferentes formas constructivas de cómo mitigar impactos al medio ambiente durante el proceso de explotar un banco de material y su etapa de abandonado.

INTRODUCCIÓN

La importancia de los bancos de material son una necesidad básica para poder proveer a una sociedad un flujo de materia prima a lo largo de la vida en el mundo de la construcción, el mantenimiento de una carretera, todo esto conduce al mejoramiento de la calidad de vida y ayudan a llenar las necesidades básicas de las comunidades, tanto rurales como urbanas, cumpliendo como expectativa final el desarrollo.

Los bancos de material deben de explotarse de acuerdo con normas adecuadas para cubrir necesidades a corto, mediano y largo plazo del usuario, pero a la vez cuidando el sistema ecológico.

En la construcción de una carretera se hace necesario el uso del banco de material como factor llamado materia prima, ahora es importante que dicha construcción sea duradera, que tenga eficiencia en sus costos y con impactos ambientales reducidos al mínimo, y todo esto requiere de una buena planificación, diseños adecuados y también implementar las formas más apropiadas de cómo mitigar impactos.

Los bancos de material deben de explotarse tratando de no afectar desfavorablemente los terrenos adyacentes a ellos, cuando se explota un banco de material la superficie del terreno queda totalmente expuesta a la intemperie sufriendo erosión causada por el viento o por el agua, todo esto, en un futuro a mediano o largo plazo trae como consecuencias el asolvamiento de ríos, lagos y mares.

No únicamente el asolvamiento es una de las consecuencias, sino también hay a corto plazo problemas como contaminación al paisaje, pérdida de diversidad biológica, como es la flora y la fauna.

Lamentablemente no se tiene visión para observar dichas consecuencias, por lo tanto, éste trabajo da a conocer aspectos generales relacionados a un sistema legal del país, de los sistemas y elementos ambientales, la forma de explorar y explotar los bancos de material y sus efectos ocasionados al medio ambiente y a la salud, proponiendo así métodos y formas de cómo mitigar dichos impactos para cualquier proyecto que este relacionado en la explotación de bancos de material.

1. ASPECTOS GENERALES

1.1 Marco Jurídico y Legal

El medio ambiente y la infraestructura deben de ir de la mano, estudiándose dentro de una perspectiva integradora donde debemos de considerar la unidad de desarrollo social y natural, interactuando aspectos sociales, económicos, políticos y culturales; el término de medio ambiente no es nuevo, ya que es un proceso de transformación del conocimiento que atraviesa a todas las disciplinas y a todos los niveles del sistema educativo. En el año 1985, en la Constitución Política de Guatemala fue redactada una serie de artículos relacionados con el tema ambiental, como de mucha importancia al Artículo 97 que sirve de fundamento para la emisión del Decreto 68-86, Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, que da origen a la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA).

1.2 Caracterización de los Sistemas y Elementos Ambientales.

En Guatemala existe una extraordinaria riqueza de recursos naturales y toda la economía depende directa e indirectamente de estos recursos. En Guatemala la diversidad biológica esta desapareciendo y va degradando los recursos como el agua, el aire, el suelo.

Actualmente, el tema ambiental, su conservación y su deterioro han ido fortaleciendo los diversos componentes del tejido social, político y académico, por lo que en el país se han realizado acciones positivas para proteger los recursos naturales de los efectos de contaminación ambiental, implementando estrategias y formas de trabajo.

➤ **Sistema atmosférico**

El sistema atmosférico es de importancia vital, generada por la propia actividad química y geológica, sirve de escudo protector contra el exterior, es el combustible de la respiración y la bioquímica de los seres vivos, no se trata simplemente de una mezcla de gases encima de la superficie de la tierra, siendo un componente esencial para la vida junto al medio acuático, la biosfera que es aquella porción del planeta donde se desarrolla y tiene lugar la vida, se encuentra a unos 400 kilómetros por encima de la superficie terrestre, la mayoría de la actividad se desarrolla a los primeros cientos de metros, disminuyendo su actividad a medida que ascendemos. Al hacer un análisis químico observamos que la atmósfera en donde vivimos consta como en la tabla I:

Tabla I. **Análisis químico en porcentajes de los elementos en la atmósfera.**

| ELEMENTO | PORCENTAJE |
|-----------------------|-------------------|
| NITRÓGENO | 78.80 % |
| OXÍGENO | 20.94 % |
| ARGON | 00.93 % |
| ANHIDRIDO CARBÓNICO | 00.03 % |
| METANO, HELIO Y OZONO | 00.02 % |

Además, existen partículas en suspensión como erupciones volcánicas, semillas, polvo, diminutos animales, residuos industriales que son generados por actividad humana.

La atmósfera esta dotada de un gran dinamismo, quiere decir que es una enorme masa en constante movimiento, las diferencias de temperatura que se producen en las distintas zonas de su interior, provocan unos gradientes de temperatura, la atmósfera reacciona y genera en consecuencia los vientos.

La actividad de la atmósfera y el movimiento de la tierra en su órbita con respecto al sol, generan cambios en las condiciones físicas del planeta, lo que denominamos clima. Existen elementos que se deben de tomar en cuenta para clasificar los climas y estos son:

- Radiación solar y temperatura
- Humedad de aire
- Precipitaciones
- Evaporación
- Presión atmosférica y viento.

Según la temperatura se diferencian los climas calurosos, templados y fríos.

El viento se convierte en un elemento erosivo muy importante, puesto que puede cambiar la superficie terrestre gracias a la acción del desgaste provocado por las pequeñas porciones de material sólido que lleva en suspensión. La condensación del vapor de agua atmosférico da lugar a la aparición de nubes, que cuando las partículas superan un determinado tamaño, forman gotas y estas por la acción de la fuerza de gravedad caen al suelo produciendo erosión. (Ref. 6)

➤ **Sistema hídrico**

El agua posee varias propiedades poco comunes que la hacen útil como medio fundamental de vida, el agua se encuentra en constante movimiento hacia arriba y abajo del suelo, sirviendo de esta manera como nexo imprescindible a los ecosistemas de la tierra. En este ciclo, una proporción vuelve directamente a la atmósfera, en parte a través de las plantas, el resto penetra a través de la tierra y por encima de ella y desplazándose entre organismos. Existen grandes razones que provocan las alteraciones del ciclo de agua y una de ellas es la disminución del área boscosa o comúnmente

denominado como deforestación, ya que las plantas son vitales al ciclo pues aumenta la infiltración del agua y subsuelo, además son una fuente de agua para la formación de las nubes. Por la deforestación, el agua lava los suelos fértiles causando erosión. Los ríos se azolvan y producen inundaciones que causan daño, también el aprovisionamiento del agua subterránea no tiene renovación y por eso los ríos se secan. La erosión es probablemente una de las fuentes más grandes de contaminación, las partículas del suelo son llevadas a los ríos, lagos.

El agua ha constituido un factor fundamental para las actividades económicas, es característico de la sociedad industrial el aumento de consumo global de agua, así como el propio porcentaje destinado a la actividad consumo humano.

En la actualidad más de 1,200 millones de personas, es decir más de la cuarta parte de la población mundial, carecen de agua potable, en unos casos la única agua disponible se encuentra a kilómetros de distancia. En Guatemala contamos con potenciales recursos de agua, por la gran cantidad de cuerpos de agua como lo son los ríos, lagos, lagunas, manantiales, humedales y agua subterránea, siendo así un país privilegiado, aunque los mismos recursos se están degradando rápidamente. Hidrológicamente el país de Guatemala se divide en dos grandes vertientes que son el del pacífico y el del atlántico.

La vertiente del pacífico cubre 23,990 kilómetros cuadrados equivalentes al 19 % del territorio nacional, contando con 18 cuencas hidrográficas.

La vertiente del atlántico cubre 107,808 kilómetros cuadrados equivalentes al 81 % del territorio, esta vertiente se divide en dos regiones en que drena a la del Golfo de México con 10 cuencas hidrográficas y a la del Golfo de Honduras con 7 cuencas hidrográficas.

Los principales ríos de Guatemala tienen capacidad de sufragar grandes proyectos, sin embargo utilizamos menos del 10 % del potencial hidroeléctrico, la cobertura del abastecimiento del agua potable es del 60 % y se riega menos del 25 % del agua regable en todo el país. (Ref. 6)

➤ **Sistema edáfico**

Es más que una capa de materiales orgánicos y minerales que cubre la corteza terrestre y en la cual las plantas desarrollan sus raíces y toman los alimentos que son necesarios para la nutrición. Los procesos químicos, físicos y biológicos que intervienen en la formación de los suelos están gobernados por factores del medio ambiente como el clima y la vegetación.

La parte sólida esta formada con material orgánico e inorgánico.

El material orgánico esta constituido por animales, plantas, bacterias, algas, etc.

Y el material inorgánico esta constituido por la madre roca como lo es la arena, limo y arcilla.

El suelo esta formado por estratos con diferentes gruesos, colores y sobretodo con distintas características físicas y químicas, al conjunto de estos estratos se les denomina perfil estratigráfico.

El hombre cuando comenzó a explotar el suelo inicio con la deforestación, rompiendo así la superficie terrestre con instrumentos para sembrar, explotar minerales, y hasta conseguir agua, trayendo esto como consecuencia la erosión del terreno natural la cual es causada posteriormente por el viento y el agua.

(Ref. 6)

1.2.1 Relación Proyecto – Medio Ambiente – Costo Beneficio

Dentro de algunos de los objetivos más importantes de este trabajo es analizar el costo-beneficio de los proyectos, desde el punto de vista de desarrollo sostenible, es decir, que la protección y mejoramiento del medio ambiente y los recursos naturales y culturales sean fundamentales para el logro de un desarrollo social y económico del país de manera sostenida. Con todo ésto decimos que el proyecto se ejecuta, evidentemente el costo tiene beneficios de calidad de vida al ser humano, existe el desarrollo por medio del crecimiento económico, se sustenta el equilibrio ecológico y el soporte vital de la región, se fortalece la participación ciudadana viviendo en armonía con la naturaleza y garantizando la calidad de vida de las futuras generaciones. Debido a su importancia para el país y dentro del marco de respeto al medio ambiente, los proyectos deben ser una infraestructura cuyo trazo, construcción y uso, incorpore criterios ambientales. Ello tendrá como finalidad contar con caminos construidos de manera integrada al ambiente y con mayor durabilidad, para beneficio de nuestro país. Los beneficios socioeconómicos proporcionados por los proyectos de carreteras, incluyen la confiabilidad del tránsito y su operación bajo todas las condiciones climáticas, la reducción de los costos del transporte, el mayor acceso a los mercados para los cultivos y productos locales, el acceso a nuevos centros de empleo, la concentración de trabajadores locales en el proyecto en sí, el mayor acceso a la atención médica y otros servicios sociales como la educación y el fortalecimiento de las economías locales entre otros. Sin embargo, las nuevas carreteras pueden producir impactos ambientales negativos. Las carreteras y autopistas entran en el tipo de proyectos lineales que por su longitud pueden tener distintas implicaciones en el medio físico, natural y socioeconómico.

Dada la importancia de considerar el respeto al medio ambiente desde la planeación, proyecto, construcción, operación y mantenimiento de las obras de infraestructura para el transporte, esto es, en proyectos como carreteras, vías

férreas, aeropuertos y puertos marítimos, hay que analizar los impactos generados por los proyectos al medio ambiente, así como sus medidas de mitigación en el caso de efectos adversos.

Dado que el análisis del tema es muy grande, de principio hay que analizar los impactos específicos y muy puntuales de los principales procedimientos de construcción en carreteras que ocasionan la explotación de bancos que utilizan como materia prima y que de alguna manera pueden afectar el entorno natural. Esto es, que en lugar de realizar un estudio complejo que delimitará el marco total de impactos producidos por las carreteras, se analice en varios trabajos los efectos causados por la explotación de bancos de materiales que se utilizan para la construcción y conservación de carreteras, la construcción de cortes y terraplenes, construcción y operación de túneles, los efectos de las carreteras en los escurrimientos superficiales naturales, en el drenaje y subdrenaje.

2. EXPLORACIÓN DE LOS MANTOS

2.1 Visual o reconocimiento del área

La detección de los bancos de materiales utilizables en volúmenes aprovechables, se realiza utilizando técnicas que van desde la simple observación del terreno, hasta el empleo de pozos a cielo abierto, uso de porteadoras, barrenos y máquinas perforadoras, estudios geofísicos, fotointerpretación y uso de sensores remotos. La valoración de los bancos permite establecer el potencial de explotación, así como decidir el uso de los mismos y estimar la vida útil de los bancos, aun cuando la valoración de las rocas o suelos contenidos en los bancos suele ser muy difícil de establecer en forma cuantitativa. La valoración preliminar de los suelos se hace sobre todo con base en la experiencia, la valoración a detalle de los suelos constitutivos de un banco de material debe hacerse con base en pruebas de laboratorio. Los criterios para la localización de bancos de materiales más importantes son:

- Tipo de obra a la que se destinará el material: pueden ser terracerías, capa de sub-rasante, base, sub-base y carpeta asfáltica o superficie de rodamiento, para caminos revestidos o pavimentados con concreto hidráulico o asfáltico.
- Calidad: debe de asegurarse que la calidad de los materiales extraíbles elegidos sea la mejor y que cumpla con la normatividad vigente de la dependencia u organismo responsable de la obra.
- Accesibilidad: deben de ser fácilmente accesibles y que se puedan explotar por los procedimientos más eficientes.

- Distancia: deben de seleccionarse aquellos que produzcan las mínimas distancias de acarreo.
- Facilidad de construcción: deben de tener las propiedades que faciliten los procedimientos constructivos más sencillos y económicos durante su tendido y colocación final en la obra y que requieran los mínimos tratamientos.
- Que la explotación no conduzca a problemas legales y ambientales que perjudiquen a los habitantes de la región.

Con respecto a la capa de la sección de la carretera para la que se usaran los materiales, los bancos de terracerías en general abundan y son fáciles de localizar pues sirven casi todos los materiales que sean económicamente explotables.

Para la capa de la sub-rasante, sub-base, base, carpetas asfálticas e hidráulicas, los bancos de material pueden ser más difíciles de localizar, debido a que requieren en general de la instalación de equipos especiales y plantas complejas, por lo que es típico que las distancias de acarreo varíen de menos de 10 kilómetros y los sobre acarreos mayores de 10 kilómetros, y suelen encontrarse en las zonas limo arenosas de ríos, depósitos volcánicos, vetas de las montañas, en márgenes de ríos o formaciones rocosas sanas para concretos. (Bibliografía 2)

2.2 Sondeos

En aquellas zonas en que se prevea la ejecución de un proyecto especial, deberán realizarse sondeos que permitan corroborar los valores adoptados para su cálculo, el estudio comprenderá las tres fases siguientes:

- Tareas de campo
- Ensayos de laboratorio
- Informes sobre las tareas

Dentro de las tareas de campo se deberá disponer de la mayor cantidad de información básica general confiable, tipo de estructuras, estados de carga, asentamientos máximos admisibles, ubicación de estructuras, estudios geológicos de la región, hidrología, climatología, sismicidad, topografía, el reconocimiento de la zona de la línea se hace mediante la fotointerpretación geológica y una visita a la zona de la línea. Se efectuará un reconocimiento visual geológico superficial, diferenciando los tipos de suelos y rocas presentes, también el reconocimiento de accesos, ubicación de vértices y otros puntos singulares por su grado de complejidad. Posteriormente se analizarán y procesarán datos zonificando los suelos encontrados de similares parámetros investigando con ensayos en situ y de laboratorio. La Profundidad de los sondeos en terrenos rocosos o muy duros, los sondeos deberán llevarse a una profundidad de tres metros por debajo del plano previsto para pozos de fundación directa, ó cota de longitud final de anclaje, según corresponda. En el caso de realizarse sondeos para pilotaje, la profundidad será como mínimo dos metros por debajo de la cota de punta prevista. La metodología de perforación se ejecutará a percusión con ensayo SPT cada metro o cambio de estrato según la norma ASTM 1586 (American Society for Testing Materials). En aquellos casos en que el número de golpes del SPT exceda de 30 se procederá al avance con punta ciega hasta el rechazo comprobado ($N > 50$). Cuando la presencia de estratos de escasa potencia y relativa dureza lo exijan, ya sea por

presencia de agua o por niveles mal definidos o inadecuados para su uso como niveles de fundación, se procederá al avance por otros métodos (rotación, roto percusión, etc.). Cada ensayo se ejecutará en la fracción posterior del correspondiente metro de perforación, siendo la primera de 0,55 a 1 m. Deberá prestarse especial atención en la definición precisa de los cambios litológicos sin omitirlos en ningún caso. Deberán tomarse las previsiones correspondientes para evitar potenciales derrumbes de las paredes del sondeo (encamisado, lodo bentonítico, etc.) cuando corresponda. Cada muestra extraída por cada metro de perforación estará compuesta de tres (3) testigos, uno de los cuales se deberá entregar al Inspector debidamente acondicionado y sellado con parafina y cualquier otro método que impida la modificación de humedad del suelo. Los testigos que se entreguen estarán agrupados por sondeo e identificados con los siguientes datos: Nombre del lugar, piquete Núm. Y progresiva del ensayo, muestra Núm. Y la profundidad en metros. Los testigos, se alojarán en cajones de madera debidamente acondicionados y protegidos para que no se dañen durante el transporte y aislados del medio ambiente. En caso de detectarse la napa freática, se determinará su nivel “estable” con mediciones durante tres (3) días consecutivos como mínimo. Los datos de campaña se volcarán en una planilla de campo donde se indicará el Nombre del Proyecto, Progresiva del Sondeo, Apellido y Nombre del Perforista, Apellido y Nombre del Inspector, Número del Piquete y tipo de estructura, Cota del Terreno Natural, Fecha de Inicio y Terminación del Sondeo, Progreso Diario, Estado del Tiempo, Número de Golpes del Ensayo de penetración por cada 0,15 m. (SPT), Descripción de la Muestra (Color, textura, tipo, singularidades, etc.), Definición cualitativa de los estratos de suelos por cada metro de perforación, Número de la muestra y posición en profundidad, cuando deba ser ensayada en laboratorio, Posición del nivel de la napa freática, día y hora de la medición, hasta su estabilización, Descripción del estado superficial del terreno en el lugar de la ejecución del sondeo (proximidad de erosiones, taludes, cursos de agua, tipo de cultivo, si

está en una zona anegada determinar si el agua es permanente o temporaria, y medir el tirante de agua. Toda vez que se encuentre la napa de agua se extraerán tres muestras de agua de 1 litro cada una, y descripción del drenaje del área de la torre y advertencias a la erosión eólica o de las aguas de lluvia si corresponde.

Los ensayos de laboratorio para cada sondeo, en función del reconocimiento visual de los suelos en el laboratorio, se elegirán las muestras para ejecutar las siguientes determinaciones:

- Contenido de humedad natural.
- Límites líquido y plástico de Atterberg.
- Granulometría por lavado sobre tamices 40, 100 y 200 USBS.
- Pesos específicos secos y en condiciones de humedad natural
- Clasificación de los suelos por granulometría y plasticidad mediante el sistema unificado de Casagrande.

Se realizarán los siguientes análisis químicos:

- PH
- Color
- Cantidad total de sales solubles
- Sulfatos
- Anhídrido carbónico en disolución
- Residuo salino
- Alcalinidad en $\text{CO}_3 \text{ Ca}$
- Sales de magnesio

- Sales de amonio
- Cloruros
- Residuo sólido total

Los ensayos de las muestras de suelo de contacto:

En el suelo:

- Color
- Humedad en el momento de extracción (105° C)
- Carbono de calcio
- Sulfuros

Sobre el extracto acuoso:

- PH
- Residuo sólido
- Cloruros
- Magnesio
- Alcalinidad (CO₃=)
- Alcalinidad (CO₃—)

Todas las extracciones de muestras de suelos ejecutarán de acuerdo con la norma DIN 4030 (Deustcher Normen – Ausschuss) Comité de Normas Alemanas.

Los ensayos triaxiales: Para aquellos sondeos donde el ensayo normal de penetración indique la presencia de arcillas muy blandas y/o arenas sueltas (No. de golpes <6) se extraerán muestras no perturbadas mediante tubo Shelby; con estas muestras se ejecutarán triaxiales rápidos (no consolidados, no drenados) con determinación de C_u y $(f_i)_u$.

Estos ensayos se ejecutarán sobre las muestras que se obtengan entre el nivel natural del terreno y los 10 metros de profundidad donde se cumpla que el número de golpes del ensayo Standard de penetración sea menor que 6. Estos ensayos serán definidos por la Inspección de Obra, los sondeos mecánicos se hacen por medio de rotación o roto percusión, en el caso particular de suelos granulares tipo grava, comúnmente deben de hacer un reconocimiento previsto de la localización de cada sondeo, la profundidad y los ensayos a realizar.

En los informes se incluirán las planillas confeccionadas en el campo y los protocolos de laboratorio, con todos los datos solicitados. En las planillas de sondeos, deberán constar los siguientes datos:

- Nombre del Proyecto.
- Progresiva del Sondeo.
- Número del Piquete y del sondeo.
- Cota del Terreno Natural.
- Fecha de Inicio y Terminación del Sondeo.
- Número de la muestra.
- Profundidad de la muestra extraída.
- Descripción tacto visual de la muestra (color, textura, etc.).
- Definición de los estratos de suelo.
- Recuperación y RQD para cuando se extraigan testigos de roca.

- Profundidades de la napa y fechas de su determinación.

El informe de Gabinete deberá incluir:

- Progresiva.
- Número del piquete y del sondeo.
- Tipo de estructura.
- Profundidad de extracción.

Resultado del ensayo de penetración normal graficado.

- Límite líquido y límite plástico.
- Peso unitario seco y húmedo.
- Granulometría.
- Clasificación unificada.
- Valores de parámetros (f_i) u (ϕ) (ángulo de fricción interna en grados) y C_u (cohesión no drenada en Kg. / cm^2), obtenidas sobre muestras extraídas con el saca testigo de zapata intercambiables.
- Análisis químicos de agua y suelos.

Conclusiones de agresividad a las fundaciones, a las barra de anclaje y al acero galvanizado de cables y jabalinas de las puestas a tierra, piquete por piquete.
(Bibliografía 2 y 6; Ref. 14)

2.3 Información a través de Caminos

En este momento existe una conciencia creciente en todo el mundo del impacto ambiental en los proyectos de desarrollo rural, especialmente donde se involucra la construcción y el mantenimiento de caminos rurales. En los últimos años los ambientalistas, especialistas en desarrollo y comunidades locales se han identificado con varias inquietudes relacionadas con el efecto de proyectos de caminos rurales y su explotación de bancos de material en los ambientes sensibles, el patrón del uso de la tierra y el reasentamiento de numerosos pobladores. El impacto de la explotación de un banco de material de un camino rural desde el punto de vista nacional o regional puede ser mínimo, sin embargo a nivel comunitario puede ser muy significativo, afectando al ambiente. Las instituciones involucradas deben de entender como sus actividades relacionadas con caminos en la explotación de bancos de material pueden o no afectar el ambiente y las comunidades locales. Se debe de prestar más atención a los pobladores a lo largo del camino y durante la explotación de nuevos bancos, la flora y la fauna, y tener la capacidad de identificar preocupaciones ambientales potenciales. Ellos mismos deben de saber cuando se necesita solicitar el apoyo de especialistas o expertos, como se puede mitigar un impacto ambiental negativo, y como se cumple con los reglamentos ambientales locales.

Un estudio de ambiente natural y social en donde se va a ejecutar un proyecto que involucre la explotación de nuevos bancos de material, ayudara a superar algunas de las inquietudes, sin embargo para llevar a cabo el estudio, se necesita saber mas allá de los aspectos técnicos de exploración, explotación, construcción, y mantenimiento de caminos, se requiere también de conocimiento de los procedimientos apropiados para estudiar el ambiente y la capacidad de analizar la información recabada.

Para encontrar métodos y formas de cómo mitigar impactos en la explotación de bancos de material es necesario recabar, desarrollar, analizar y

utilizar la información en un análisis de impacto ambiental llamada **Evaluación Ambiental (EA)**. La utilización de una EA anterior al inicio de la construcción es de suma importancia a la agencia de caminos, porque el estudio ayuda a prever cualquier condición ambiental posible que pueda perjudicar el proyecto y las comunidades adyacentes. Una EA también contribuirá para evitar demoras en la construcción que representara más costo, integrara mejor el proyecto con el ambiente y generara información física, biológica y social del sitio del proyecto. (Ref. 9)

2.4 Análisis del suelo

Por mucho tiempo el hombre ha venido estudiando el suelo sobre el que vive por diversas razones, presentando varias teorías y métodos en la solución de problemas relativos al uso del mismo. El suelo es una delgada capa sobre la corteza terrestre de material que proviene de la desintegración física y/o química de las rocas y de los residuos que los seres vivos que por ciertas actividades producen. Pues al analizar que tan gruesa es la capa del suelo podríamos definir y decir de cuantos centímetros es, cuantos metros tiene o cuantos kilómetros hay, pero esto no es fácil de precisar, pero se puede decir que es todo aquel espesor del globo terráqueo que se encuentra afectado por las diferentes actividades de los seres humanos, por otro lado el suelo proviene de la desintegración física o química, estas diferentes características de desintegración ocurren cuando el efecto es físico se produce un suelo con la misma composición o cuando el efecto es químico el proceso por medio del cual produce el suelo, la constitución mineralógica de él es diferente a los que poseía la roca madre. Entre los agentes físicos comunes que producen cambios en las rocas esta el sol, el agua y el viento. Al actuar el sol sobre la roca el exterior se calienta mas que su interior provocando diferencias de expansión que generan esfuerzos muy fuertes que dan como resultado un rompimiento superficial y el desprendimiento de la misma. Este proceso es conocido como

exfoliación. El agua en movimiento es un importante elemento de erosión, al arrastrar los fragmentos angulosos de las rocas y provocar la fricción de unos con otros haciéndolos redondeados como los cantos rodados en los ríos, cuando llueve el agua produce efectos de erosión, esta cae en superficies pétreas, llena cavidades, abre grietas y tiende a llenar los espacios huecos de la roca, llegado el momento el agua se congela y ejerce fuerte poder de fracturación en la roca que la encierra, el impacto que produce también el agua sobre la superficie produce la erosión. El viento también contribuye a la erosión del suelo, cualquier talud al ser golpeado continuamente con el viento desprende las partículas y luego las acarrea.

De los agentes químicos podemos mencionar la oxidación, Carbonatación y la hidratación.

La oxidación es la reacción química que puede ocurrir en las rocas al recibir el agua de lluvia, ya que el oxígeno del aire, en presencia de humedad, reacciona químicamente produciéndose el fenómeno de oxidación, principalmente las rocas contienen hierro.

Carbonatación es el ataque que el ácido carbónico CO_2 y agua H_2O efectúa sobre las rocas que contienen fierro, calcio, magnesio, sodio o potasio.

La hidratación es la acción y efecto de combinar un cuerpo con agua para formar hidratos, o sea compuestos químicos que contienen agua en combinación, el agua se absorbe y se combina químicamente formando nuevos minerales.

Analicemos que los restos de vegetación y otros restos orgánicos, al ser descompuestos por la acción de microorganismos para su propia nutrición, dejan como residuo partículas finas de tamaño coloidal denominadas humus, el cual se mezcla en diferentes proporciones con minerales, formándose de esa manera los suelos orgánicos. De acuerdo con el origen de sus elementos el suelo se divide en dos amplios grupos; los suelos que su origen se deben a la

descomposición física o química de las rocas son suelos inorgánicos, y los suelos que su origen son propiamente orgánicos.

La descripción de los suelos más comunes utilizados por el ingeniero civil para su identificación son la grava, la arena, los limos y las arcillas.

Las gravas son acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas mayores de dos milímetros de diámetro y menores o iguales a tres pulgadas de diámetro. La arena es el nombre que se le da a los materiales de granos finos procedentes de la denudación de las rocas o de su trituración artificial, y cuyas partículas varían entre 2 milímetros y 0.05 milímetros. Los limos son suelos de granos finos con poca o ninguna plasticidad, pudiendo ser limo inorgánico como el producido en las canteras, o limo orgánico como el que suele encontrarse en los ríos, el diámetro de las partículas de los limos está comprendido entre 0.05 milímetros y 0.005 milímetros, su color varía de gris claro a gris oscuro, es muy malo para soportar cargas, es considerado como suelo pobre para cimentar. Se da el nombre de arcillas a las partículas menores de 0.005 milímetros y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua, en general las arcillas son plásticas y se contraen al secarse, presentan marcada cohesión según su humedad, son compresibles y al aplicarles carga se comprimen lentamente. (Bibliografía 3)

2.4.1 Abrasión

La abrasión es la remoción de sólidos por rallado o indentación provocado por un cuerpo de mayor dureza.

La dureza es una propiedad del material que denota resistencia a deformación elástica e inelástica y rotura de un material, al ser sometido a la acción de penetración, indentación o rayado por otro material.

Los ensayos de desgaste o abrasión han encontrado uso principal en conexión de materiales usados en pavimentos, material de pisos o en obras hidráulicas, recubrimientos y pinturas, material para suelas de zapatos, etc.

Hay varios tipos de desgaste, que con relación a aplicaciones en construcción, detallamos de la siguiente manera:

- Desgaste en pisos, aceras y pavimentos debido a tráfico de peatones, vehículos livianos, deslizamiento de objetos sobre la superficie en los que la acción principal es de frotamiento.
- Desgaste en carreteras de pavimentos rígidos y flexibles, también de terracería o en patios de fábricas, debido al tráfico pesado de vehículos con o sin cadenas y tráfico de vehículos con ruedas metálicas, esta acción de frotamiento e impacto.
- Desgaste en estructuras hidráulicas, presas, vertederos, pilas de puentes, canales, túneles, sujetos a la acción abrasiva del material que acarrea el agua a baja velocidad por la erosión y el frotamiento. (Bibliografía 3)

2.4.2 Proctor y CBR

La compactación de los suelos es de mucha importancia para las grandes inversiones que generan la realización de proyectos de obra, en el año de 1933 R. R. Proctor publicó sus investigaciones sobre este tema, cuando se conocieron los factores que intervienen en la compactación. Proctor encontró que aplicando a un suelo cierta energía para compactarlo, el peso volumétrico varía con el contenido de la humedad.

Proctor propuso la prueba de compactación que hoy lleva su nombre, prueba de Proctor, la prueba original de Proctor consiste en colocar tres capas iguales de suelo humedecido en un cilindro con un volumen de 1/30 de pie cúbico y darle 25 golpes a cada capa con un pisón de 2.5 kilogramos (5.5 libras) de peso y dejándolo caer a una altura de 30 centímetros.

La prueba de Proctor se refiere a la determinación del peso por unidad de volumen de un suelo que ha sido compactado por un procedimiento definido para diferentes contenidos de humedad, esta prueba tiene por objeto:

- Determinar el peso volumétrico máximo que puede alcanzar un material, así como la humedad óptima a que deberá hacerse la compactación.
- Determinar el grado de compactación alcanzado por el material durante la construcción o cuando ya se encuentran construidos los caminos, aeropuertos o calles, relacionando el peso volumétrico obtenido en el lugar con el peso volumétrico máximo Proctor.

La prueba de Proctor reproduce en el laboratorio el tipo de compactación uniforme de la parte inferior hacia la superficie de la capa compactada.

En todos los suelos al aplicarles humedad se aplica un medio de lubricación entre sus partículas que permite un cierto acomodo de estas cuando se sujetan a un esfuerzo de compactación, si se sigue incrementando la humedad empleando el mismo esfuerzo de compactación, se llega a obtener el mejor acomodo de las partículas del suelo, y por consecuencia el mayor peso volumétrico seco, con cierta humedad llamada Humedad Óptima.

A esta humedad deberá procurarse siempre efectuar la compactación en el camino, calle o aeropuerto, o lugar de que se trate, ya que facilita el acomodo de las partículas del suelo con el menor trabajo del equipo de compactación. Si aumentamos o disminuimos la humedad para llegar a tener el mismo peso sería necesario aumentar el trabajo de las máquinas de compactación. Si a partir de esta condición de humedad óptima y peso volumétrico seco se hacen incrementos de humedad, se provoca un aumento de volumen de los huecos, ocasionándose una sustitución sucesiva de partículas de suelo por agua, en virtud de que el volumen de aire atrapado entre las partículas de suelo no puede ser desminuido apreciablemente con ese mismo esfuerzo de compactación, obteniéndose por tanto pesos volumétricos secos que van siendo menores a medida que la humedad aumenta. La prueba de Proctor esta limitada a los suelos que pasen totalmente la malla Num. 4, o que cuando mucho tengan un retenido del 10 % en esta malla, pero que pase dicho retenido totalmente por la malla de 3/8".

Cálculo del Valor Relativo del Soporte Normal (C.B.R.): el valor relativo de soporte de un suelo es un índice de su resistencia al esfuerzo cortante en condiciones determinadas de compactación y humedad, y se expresa como el tanto por ciento de la carga necesaria para introducir un pistón de sección circular en una muestra de suelo, respecto al resultado para que el mismo pistón penetre a la misma profundidad de una muestra tipo de piedra triturada. Por lo tanto, si P_2 es la carga en kilogramos necesaria para hacer penetrar el pistón en el suelo en estudio, y P_x igual a 1360 kilogramos, el resultado para penetrar la misma cantidad en la muestra tipo piedra triturada, el valor relativo de Soporte del suelo vale. $C.B.R. = (P_2 / P_x) * 100$. La carga registrada para la penetración 2.54 mm o 0.10" del inicio anterior se debe de expresar como un porcentaje de la carga estándar de 1360 kilogramos, y si la prueba estuvo bien ejecutada, por el porcentaje así obtenido es el Valor Relativo de Soporte Normal C.B.R. correspondiente a la muestra ensayada.

Con el resultado del C.B.R. de esta prueba se puede clasificar el suelo usando la tabla II, Indicando el empleo que puede dársele al material en lo que al C.B.R. se refiere. (Bibliografía. 3)

Tabla II. **Clasificación de los suelos**

| C.B.R | CLASIFICACIÓN |
|--------------|-----------------------------|
| 0 – 5 | SUB-RASANTE MUY MALA |
| 5 – 10 | SUB-RASANTE MALA |
| 10 – 20 | SUB-RASANTE REGULAR A BUENA |
| 20 – 30 | SUB-RASANTE MUY BUENA |
| 30 – 50 | SUB-BASE BUENA |
| 50 – 80 | BASE BUENA |
| 80 – 100 | BASE MUY BUENA |

2.4.3 Granulometría

La granulometría en el suelo para discernir sobre la influencia que puede tener en la densidad del material compactado, ese análisis de granulometría se refiere a la determinación de la cantidad en por ciento de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. Para ello existen diferentes procedimientos, para clasificar por tamaños las partículas gruesas el procedimiento más empleado es el de tamizado. Sin embargo, al aumentar finura de los granos el tamizado se hace difícil, teniendo que recurrir a procedimientos de sedimentación.

Como tamaño de las partículas puede considerarse el diámetro de ellas cuando es indivisible bajo la acción de una fuerza moderada, es decir golpeada con algún tipo de mazo de madera y con una fuerza ligera.

El procedimiento por tamizado se realiza de la siguiente forma, tomamos una muestra representativa de 20 kilogramos y la ponemos a secar al sol o simplemente a un horno durante 12 horas, luego de que se encuentre totalmente seca la muestra la mezclamos entre si para que se encuentre uniforme en su granulometría y le sacamos 2 kilogramos, los cuales los hacemos pasar en unas mallas que contienen los siguientes diámetros, 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", la mas fina llamada Núm. 4, cada malla dejara pasar cierta cantidad de material, entonces procedemos a pesar cada cantidad individualmente, del material que logro pasar en la malla Núm. 4 únicamente se toma una representación de 200 miligramos, los cuales se colocan en un vaso de agua dejándolo remojar durante un periodo de 12 horas, se agita el agua del vaso durante 1 minuto y luego lo vaciamos en la malla Núm. 200, luego vaciamos el material al vaso lavando la malla en posición invertida, se agita nuevamente el vaso y se vuelve a repetir el procedimiento hasta que el agua del vaso quede completamente clara y no se ponga turbia al ser removida en agua en el vaso, entonces esta muestra la colocamos al horno a una temperatura constante, se pesa y por diferencia de los 200 miligramos se obtiene el por ciento que pasa en la malla Núm. 200, ahora procedemos a vaciar el material que paso en la malla Núm. 4 y que se retuvo en la malla Núm. 200 para que paso lo correspondiente por las mallas Núm. 10, 20, 40, 60, 100 y 200, pesando lo retenido en cada una, ahora ya conocemos los pesos de cada malla y obtenemos los por cientos retenidos parciales, los por cientos retenidos acumulativos y los por cientos que han pasado las mallas, aclarando que los retenidos parciales en cada malla deberán expresarse como porcentajes de la muestra total, y para calcular los por cientos retenidos en las mallas 10 a 200 se divide el peso en gramos retenido en cada malla entre el peso seco de la muestra para la prueba de lavado de los 200 gramos y se multiplica este cociente por el por ciento que pasa la malla Núm. 4, y es así como determinamos el análisis de material grueso, ahora el retenido acumulativo en

la malla Núm. 10 se calcula sumando el retenido parcial en dicha malla al retenido acumulativo en la malla Núm. 4, el retenido acumulativo en la malla Núm. 20 es igual al retenido acumulativo en la malla Núm. 10 mas el retenido parcial en la malla Núm. 20, de igual manera se calculan los demás retenidos acumulativos hasta la malla Núm. 200.

Después de que obtenemos todos nuestros datos trazamos una curva llamada curva granulométrica, esta gráfica que tiene por abscisas, a escala logarítmica, las aberturas de las mallas, y que tiene por ordenadas los porcentajes del material que pasa por dichas mallas, a escala aritmética, la curva resultante se compara con las que tengan las especificaciones, y se obtienen de ellas las relaciones entre ciertos porcentajes pasando que dan idea de la graduación el material, además la forma de la curva granulométrica, dibujada a escala semilogarítmica, da una idea de la composición granulométrica del suelo. Así un suelo que este formado por partículas de un mismo tamaño quedara representado por una línea vertical y un suelo con curva granulométrica bien tendida indicaran gran variedad de tamaños. (Bibliografía 3)

2.4.4 Límites de Atterberg

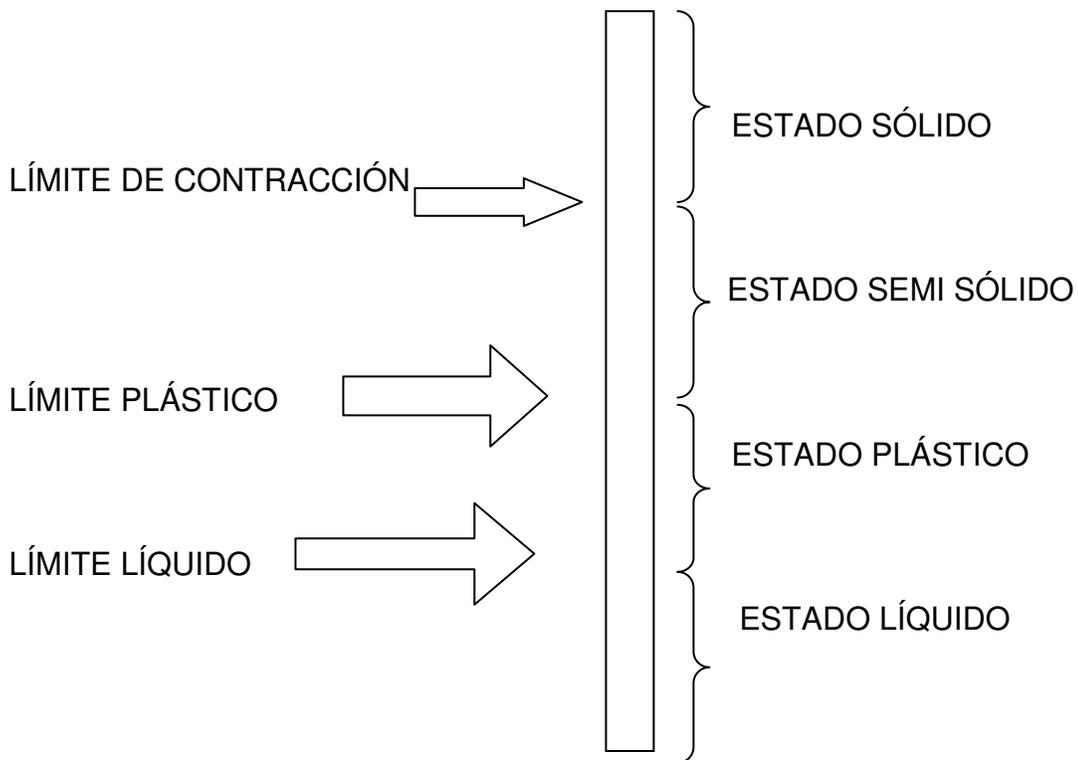
La plasticidad es la propiedad que presentan los suelos para poder deformarse, hasta cierto límite, sin romperse. Por medio de ella se mide el comportamiento de los suelos en toda época. Para conocer la plasticidad de un suelo se hace el uso de los límites de Atterberg, quien por medio de ellos separo los cuatro estados de consistencia de los suelos coherentes, como lo son el estado sólido, el estado semi sólido, el estado plástico y el estado líquido; los mencionados límites de Atterberg son el Límite Líquido, el Límite Plástico y el Límite de Contracción.

Mediante el estudio de los límites podemos dar idea de que tipo de suelo es, todos los límites de consistencia se determinan empleando todo el material que pasa la malla Núm. 40, la diferencia que encontramos entre el límite líquido

(L.L.) y el límite plástico (L.P.) da el llamado Índice Plástico (I.P.) del suelo. Los límites líquido y plástico dependen de la cantidad de arcilla que se encuentra en el material, pero el índice plástico depende directamente de la cantidad de arcilla, cuando no podemos determinar el límite plástico de un suelo se dice que es no plástico (N.P.) y en este caso el índice plástico se dice que es igual a cero. El índice de plasticidad indica el rango de humedad a través del cual los suelos con cohesión tienen de un material plástico.

A continuación en la figura 1, observaremos una comparación de los cuatro estados de consistencia del suelo coherente con respecto a los límites Atterberg:

Figura 1. **Comparación de los Límites de Atterberg versus el estado de consistencia del suelo coherente.**



Según Atterberg: Cuando un suelo tiene un índice plástico igual a cero el suelo es no plástico. Cuando el índice plástico es menor de 7, el suelo presenta baja plasticidad. Cuando el índice plástico está comprendido entre 7 y 17 se dice que el suelo es medianamente plástico. Y cuando el suelo presenta un índice plástico mayor de 17 se dice que es altamente plástico.

El límite líquido se define como el contenido de humedad expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra, con el cual el suelo cambia del estado líquido al plástico, los suelos plásticos tienen en el límite líquido una resistencia muy pequeña al esfuerzo de corte. La cohesión de un suelo en el límite líquido es prácticamente nula.

El límite plástico se define como el contenido de humedad, expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra secada al horno, para el cual los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico.

El índice de plasticidad o índice plástico es más que la diferencia numérica entre los límites líquido y plástico e indican el margen de humedades dentro del cual se encuentra en estado plástico, tanto el límite líquido como el límite plástico dependen de la cantidad y tipo de arcilla que contiene el suelo, sin embargo el índice plástico depende generalmente de la cantidad de arcilla del suelo.

El límite de contracción de un suelo se define como el porcentaje de humedad con respecto al peso seco de una muestra, con el cual una reducción de agua no ocasiona ya disminución en el volumen del suelo. La diferencia entre el límite plástico y el límite de contracción se llama índice de contracción (I.C.) y señala el rango de humedad para el cual el suelo tiene una consistencia semi sólida.

(Bibliografía 3)

3. MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN DE BANCOS DE MATERIAL

3.1 Natural

Dada la gran diversidad de los suelos que se presentan en la naturaleza, existen varios factores con los cuales el movimiento de tierra de la superficie va de un lado a otro, a través de un proceso de desintegración mecánica y de descomposición química, las rocas de la corteza terrestre forman los materiales sueltos que se encuentran en nuestro planeta. También existe otra forma natural de estos cambios, siendo esta cuando suceden cambios de clima o catástrofes como lo son los terremotos, erupciones volcánicas y otras mas, se podría decir que el hombre no esta involucrado en dichos movimientos de tierra. No obstante el mundo va cambiando y descubrimos la necesidad de explotar y utilizar los mismos materiales que la naturaleza nos proporciona. (Bibliografía 3)

3.2 Artificial

Si remontamos a tiempos antiguos sobre construcciones, los Romanos, Chinos, Egipcios y Mayas han puesto en evidencia la utilización de materiales, ya que hicieron grandes estructuras de tierra sobre la tierra, así se tiene noticias de cómo en la dinastía Chou de China 3,000 años antes de Cristo se daban instrucciones claras sobre la construcción de caminos y puentes. La Gran Muralla China, las Pirámides de Egipto, las Pirámides de Tikal y otras notables obras que hoy en día contemplamos con admiración, son testigos de los conocimientos que ya se tenían en la antigüedad para escoger sus materiales, de esta forma notamos que para ello tuvieron que explotar bancos de material

de la mejor calidad a prueba y error para poder ejecutar sus obras, pero en ese entonces no existía ningún tipo de tecnología, simplemente tuvieron que explotar los bancos de forma artificial sin mayor utilización de equipo y con un número mayor de mano de obra no calificada, se utilizaron herramientas tales como piedras afiladas, madera, hasta el tiempo que se descubrió el hierro y la pólvora, en donde ya podían utilizar picos, palas, puntas, azadones, mazos, ahora en día en el medio se cuenta con equipo moderno como lo es la maquinaria de construcción y la utilización de explosivos, que ayuda a contribuir en la explotación de los bancos de material o en la apertura de una brecha para una próxima carretera, muchas veces utilizamos los explosivos y la maquinaria dependiendo del estado de la peña o montaña que tenemos que explotar si se encuentra con roca o roca en formación, en realidad el hombre selecciona su equipo básico de trabajo según las exigencias que demanda la explotación del suelo y las necesidades de la obra. (Bibliografía 3 y 4)

3.2.1 Artesanal

La explotación de los bancos de material en forma artesanal data de años antiguos debido a que no contaban con maquinaria ni equipo especial, hoy en día si queremos explotar un banco de material de balasto virgen lo tenemos que limpiar antes de contaminar el posible material que encontremos, esto se hace muchas veces artesanalmente con personas que se dedican a la limpia y chapeo del terreno, en donde se procede a talar árboles, limpiar la maleza y dejar claro completamente con visibilidad para que entre algún equipo a remover la capa vegetal o directamente el material, las herramientas que la gente utiliza en este trabajo son las hachas, machetes, limas para hacer filo a las herramientas, rastrillos y azadones. En algunos casos muchos se dedican a

explotar minas o bancos de material balasto, piedra, arenas u otros, utilizando barretas, picos, piochas, palas y azadones, existe mucha gente que se dedica a vender estos materiales de forma menor ya que extraen el material únicamente a mano. (Bibliografía 3 y 4)

3.2.2 Explosivos

Uno de los métodos importantes en la explotación de bancos de material es utilizando explosivos, para el medio ambiente estos métodos producen impactos negativos como lo son la producción de taludes inestables, se compromete a la seguridad del público, se arriesga la propiedad, se arriesgan las condiciones naturales y se genera lanzamiento de rocas al aire. Pero también contamos con los impactos positivos que ameritan la utilización de este método, debido a que las necesidades de excavar materiales en donde la maquinaria convencional no es adecuada, a continuación describimos los procedimientos para poder efectuar este trabajo, decimos que antes de poder colocar un explosivo hay que hacer perforaciones en la roca para colocar los explosivos, con taladros de percusión o rotatorios. Los taladros de percusión se utilizan para roca dura y agujeros de diámetro pequeño. La medida máxima de los barrenos para los taladros de percusión es de 6 pulgadas. En los taladros rotatorios pueden utilizarse barrenos mas grandes, pero rara vez exceden de 9 pulgadas de diámetro.

Los taladros de percusión están montados en vehículos autopropulsados sobre carriles para facilitar su movimiento de un lugar a otro. La perforación se hace por medio de brocas de acero al horno eléctrico o de acero con insertos de carburo. El material cortado se mezcla y se saca del agujero con aire comprimido alimentado por un conducto hecho en el centro de la barrena, y que descarga por agujeros en ella.

Para la roca dura es necesaria una barrena con buena capacidad de trituración o penetración y ensanchamiento, para los esquistos que suelen ser blandos, se requiere una barrena que mezcle con rapidez y para las areniscas primero hay que abrir la longitud del corte o la barrena perderá su capacidad de ensanchar. Una barrena para arenisca deberá tener una capacidad excepcional para ensanchar y buenas características para mezclado.

La mejor forma para determinar el rendimiento de la barrena, es examinando el material extraído, deben de ser pedazos macizos y no polvo de roca, y esto ocasiona desgaste acelerado de la barrena, la baja presión del aire puede ser la causa del polvo excesivo. La presión en la barrena debe ser un mínimo de 90 psi.

Para determinar si se deben de utilizar agujeros grandes o pequeños, se debe tener presente que la cantidad de explosivos es directamente proporcional al área del agujero.

En la perforación rotatoria es esencial mantener presión de empuje, velocidad de rotación, de lo contrario habrá desgaste rápido de la barrena y baja producción. La presión de empuje debe ser, por lo menos de 5000 psi. La velocidad de rotación debe ser la más alta posible sin volver a triturar el cascajo antes de expulsarlo del agujero con el aire. Los explosivos se utilizan para volar la roca y producir trozos lo bastante pequeños para manejarlos con eficiencia con el equipo disponible.

Si la reacción es instantánea o de enorme rapidez en toda la masa del explosivo, ocurre la detonación. No obstante la deflagración ocurre cuando las partículas en reacción se alejan de las partículas sin reaccionar o se quema el material. La diferencia básica entre estas dos reacciones es que la detonación produce una onda de choque a alta presión, que se auto propaga en toda la carga. Hay varios factores que contribuyen en la eficacia de una carga explosiva: confinamiento, densidad, diámetro más eficiente para la propagación uniforme y la masa crítica.

El confinamiento ayuda a que los productos en reacción contribuyan en la detonación de los productos que no hayan reaccionado, si las porciones reaccionadas pueden escaparse, cesará la reacción. Un espacio de aire puede ser muy eficaz para amortiguar una reacción.

Cuanto más densa sea la carga, más efectiva será hasta cierto punto. Para cada explosivo hay una densidad óptima. Como la perforación cuesta más que los explosivos por yarda cúbica de excavación, es deseable usar la mayor cantidad posible de explosivo por pie de agujero.

El diámetro más eficiente para la propagación uniforme es la anchura o longitud sobre las cuales la masa explosiva se auto propaga una vez que empieza la detonación, esta longitud es desde muy pequeña hasta 9 pulgadas de longitud para el nitrato de amonio. El diámetro de auto propagación puede reducirse por el método de sobre impulsión. La sobre impulsión es la capacidad de un explosivo para detonar con velocidad mayor que la velocidad detonante de auto propagación.

La sensibilidad de un explosivo es muy importante desde el punto de vista de la seguridad. Un explosivo debe de ser fácil de detonar con los métodos específicos, pero será muy difícil o imposible que explote con manejo normal o cuidadoso, durante la fabricación, embarque, almacenamiento, y preparación para la detonación.

La masa crítica es la cantidad de explosivo que debe de estar presente a fin de que la reacción cambie de deflagración a detonación, esta masa es muy pequeña para explosivos muy poderosos, pero es de alrededor de 123 toneladas para el nitrato de amonio.

La combinación de proporción de gas y de poder de fragmentación se llama factor de potencia. Los ingredientes de los explosivos pueden combinarse en muchas formas para producir casi cualquier factor de potencia. La velocidad de detonación es una medida aproximada del poder de fragmentación de un explosivo.

La potencia explosiva se clasifica en términos del porcentaje de nitroglicerina. Las dinamitas simples solo contienen nitroglicerina y un ingrediente inerte. En la dinamita con amoniaco, parte de la nitroglicerina se sustituye con otros ingredientes, como el nitrato de amonio, el poder explosivo puede indicarse con la potencia por peso o por la potencia a granel o en cartuchos.

A continuación aparecen características importantes de los explosivos de uso común en la construcción:

- Dinamitas con gelatina: potencia por peso de 100 a 60%, la velocidad de detonación de 26,200 a 19,700 pies por segundo respectivamente. Adecuada para voladuras submarinas o cuando se encuentre una considerable presión de agua, es inflamable y tiene una elevada acción fragmentadota.
- Gelatinas extras: potencia por peso de 80 a 30%, velocidad de detonación de 24,000 a 15,000 pies por segundo, respectivamente. Parte de la nitroglicerina se sustituye con nitrato de amonio. La gelatina extra tiene poca resistencia al agua, pero son satisfactorias, excepto en condiciones de máxima severidad.
- Dinamitas extra: potencia por peso de 60 a 20%, velocidad de detonación de 12,450 a 8,200 pies por segundo, respectivamente. Parte de la nitroglicerina se sustituye con nitrato de amonio. Las dinamitas extra puede usarse en condiciones promedio en agua, si el forro del cartucho o envoltura son impermeables, también se llaman dinamitas amoniacaes o amónicas originales.
- Semi gelatinas: potencia por peso de 65 a 40%, potencia a granel de 65 a 30%, velocidad de detonación de 17,700 a 9850 pies por segundo, mayores velocidades de detonación para cartuchos de diámetro grande. Pueden utilizarse en lugar de las gelatinas en la mayoría de las voladuras, la resistencia al agua es adecuada para condiciones promedio.

- Dinamitas con alto contenido de nitrato de amonio: potencia por peso de 68 a 46%, potencia general a granel de 50 a 20%, la velocidad de detonación de 10,500 a 5,250 pies por segundo. Tienen baja resistencia al agua, pero pueden utilizarse si se detonan dentro de un tiempo corto de explosión.
- Detonadores o fulminantes: tienen alta densidad, velocidad de detonación de 25,000 pies por segundo y se utilizan para detonar explosivos de nitrato de amonio con aceite combustible o cualquiera que no sea sensible a un detonador de fulminante, porque los detonadores o fulminantes tienen una presión de detonación muy elevada.
- Cordón detonador: se utiliza como mecha o cañuela, tiene un núcleo muy explosivo que detona a 21,000 pies por segundo con suficiente energía para hacer detonar otro explosivo menos sensible colocado en el mismo agujero.

Para tener mejor resultado de poder fragmentar cualquier formación en roca, el nitrato de amonio se debe de mezclar por lo menos con 6% de aceite combustible o petróleo por peso, esto se agrega para equilibrar el oxígeno y reducir el diámetro de propagación, si usamos más del 6% de aceite combustible se produce un efecto amortiguador de la explosión. En la tabla III, se indica la cantidad aproximada de nitrato de amonio por pie de perforación, el nitrato de amonio es soluble en agua, desarrolla cierta resistencia al agua al mezclarlo con aceite combustible, pero la exposición al agua produce pérdida de eficiencia y se dificulta detonarlo.

Tabla III. Diámetros adecuados por pie de perforación, para cantidad adecuada de nitrato de amonio.

| DIÁMETRO DEL AGUJERO, in | PESO APROXIMADO lb. / ft | VOLUMEN APROXIMADO EN ft³ / ft |
|---------------------------------|---------------------------------|--|
| 2 | 1.02 | 0.028 |
| 2 ¼ | 1.29 | 0.0275 |
| 2 ½ | 1.59 | 0.034 |
| 3 | 2.3 | 0.049 |
| 3 ¼ | 2.67 | 0.057 |
| 3 ½ | 3 | 0.064 |
| 4 | 4.09 | 0.087 |
| 4 ½ | 5.17 | 0.110 |
| 5 | 6.39 | .136 |
| 5 ½ | 7.75 | 0.165 |
| 6 | 9.21 | 0.196 |
| 6 ¼ | 10.01 | 0.213 |
| 6 ½ | 10.81 | 0.230 |
| 7 | 12.54 | 0.267 |
| 7 ¼ | 13.44 | 0.286 |
| 8 | 16.4 | 0.349 |
| 8 ½ | 18.51 | 0.394 |
| 9 | 20.72 | 0.441 |
| 9 ½ | 23.12 | 0.492 |
| 10 | 25.61 | 0.545 |
| 10 ½ | 28.24 | 0.601 |
| 11 | 30.97 | 0.659 |
| 12 | 36.89 | 0.785 |

Para seleccionar el patrón apropiado de suficiente profundidad hay que escoger el factor del explosivo y se observa en la tabla IV:

Tabla IV. **Factor del explosivo para diferente tipo de suelo**

| TIPOS DE ROCA | FACTOR DEL EXPLOSIVO, lb. / yd³ |
|----------------------|---|
| Esquistos | 0.25 a 0.75 |
| Arenisca | 0.30 a 0.60 |
| Caliza | 0.40 a 1.00 |
| Granito | 1.00 a 1.50 |

Los detonadores retardados pueden utilizarse en las cargas explosivas para controlar mejor la vibración y la fragmentación. Los detonadores retardados permiten la detonación de las cargas explosivas en diferentes agujeros a intervalos de unos cuantos milisegundos. El resultado es mejor fragmentación, lanzamiento controlado y menos fractura fuera de la línea del terreno, porque se obtiene mejor desplazamiento.

Los usuarios de explosivos deben de tomar medidas para minimizar la vibración y ruido de voladuras y para protegerse contra posibles demandas por daños y perjuicios, se deben de examinar las estructuras cercanas. Se debe de hacer una inspección cuidadosa de todas las estructuras dentro de una distancia por lo menos de 500 pies, para comprobar si hay grietas, deformación por cualquier causa u otros daños que causen futuras reclamaciones. Deben de hacer un informe escrito de todas las observaciones, muro por muro, y tomar fotos de todos los daños ya existentes, por cualquier reclamación o demanda. (Bibliografía 4; Ref. 15)

3.2.3 Con Maquinaria

La explotación de los bancos de material con maquinaria generalmente se producen efectos negativos ambientales de importancia, como la pérdida de cobertura vegetal y suelo orgánico, erosión, alteraciones al equilibrio erosión y sedimentación y quiebre paisajístico, por lo que es deber del contratista, restaurar las áreas dañadas por las labores de extracción, para la extracción del material es más fácil cuando ya se les ha metido explosivos, porque el material está suelto, pero hay algunas veces que no utilizamos explosivos y únicamente utilizamos maquinaria.

En la explotación de un banco de material la maquinaria más común son el tractor bulldózer, el cargador frontal, la retroexcavadora, la excavadora, palas mecánicas, trascabos, cucharas de arrastre y cucharones de almeja. Para seleccionar el equipo básico a utilizar existen factores como el tipo de material que se va a excavar, pero se debe tener en cuenta la distancia y el tipo de acarreo.

Un tractor es una máquina que se utiliza para la explotación de un banco de material, que en esencia es una unidad motriz con ruedas o con carriles u orugas, el tractor equipado con cuchilla frontal que se desplaza verticalmente, puede empujar la tierra de un lugar a otro y hasta conformar la superficie. Puede mover tierra o roca, en general es la primera máquina en comenzar un proyecto y muchas veces la última en irse. El tractor bulldózer puede trabajar en sitios abruptos, con pendientes fuertes, blandos o pantanos y sobre roca sólida. El mantenimiento de los rodajes son los componentes más costosos. Un tractor sobre carriles puede equiparse con accesorios que le permiten efectuar una gran variedad de labores:

- El bulldózer es controlado con sistema hidráulico con la unidad delantera, hay varios tipos de cuchillas, como en ángulo o angledózer, rectas, en "U", desarraigadoras, arrancadoras de rocas, de troncos y árboles y empujadoras.

- Escarificador, esta montado en la parte trasera, con control hidráulico para aplicar presión hacia arriba o abajo, sirve para desmoronar la tierra o piedra de material balasto.
- Pluma lateral, montada en un lado con un contrapeso en el lado opuesto del tractor, su uso principal es el de tender tuberías a campo traviesa.
- Grúa para tractor, una pluma con un radio limitado de giro.
- Perforadoras, con frecuencia un tractor sirve como máquina motriz para una perforadora rotatoria. Durante la perforación, el motor del tractor impulsa la rotación de la barrena y acciona bombas hidráulicas y compresores de aire. Pueden montarse también en el tractor una barrena del tipo de percusión y un compresor de aire.

Los cargadores frontales pueden de ser del tipo de sobre ruedas o sobre oruga, es preferible el tipo de sobre oruga si su transporte de una obra a otra no es problema y si la distancia de acarreo es corta y el fondo de la excavación no es adecuado para llantas neumáticas. La mayoría de cargadores con neumáticos tienen tracción en las cuatro ruedas. En la actualidad un cargador se opera con mandos hidráulicos, estos tienen un ciclo de carga, giro y descarga. Para máxima eficacia y reducción en el desgaste de los neumáticos o del tren de rodaje, el giro se debe de mantener al mínimo. Como la mayoría de los cargadores tienen posiciones de cucharón de ajuste automático, la altura del banco se debe ajustar de modo que no sea mayor de la necesaria para llenar el cucharón, es decir mas o menos a la misma altura que las articulaciones del brazo de empuje. En un trabajo promedio de construcción, un cargador frontal es una máquina de gran utilidad.

La palas mecánicas, las cucharas de arrastre, cucharones de almeja y las retroexcavadoras: estas cuatro máquinas pueden formarse si se instalan los aditamentos en una máquina básica, la cual puede estar montada sobre carriles o en un chasis del tipo de camión, cuando esta montada en un chasis del tipo de camión, la máquina original se proyecta como una grúa móvil, pero también

puede utilizarse como pala o retroexcavadora si se desea movilidad. La mayoría de las excavadoras son hidráulicas. No hay mucha diferencia entre el equipo utilizado con cucharón de almeja y el cucharón de arrastre, ya que ambas utilizan un sistema de cables para elevar y descender el cucharón y cerrar los cucharones. Las palas mecánicas se utilizan principalmente para cargar roca en unidades de transporte. La producción depende del tipo de material que se va a cargar, la eficacia general del trabajo, el ángulo de giro debe de minimizarse, la altura del banco o cara contra la cual trabaja la pala, la práctica del operador, la abundancia del material, la pendiente del suelo donde esta la máquina y de que las unidades de transporte o acarreo sean del tamaño óptimo y en número adecuado. Es deseable ubicar la pala para poder cargar un vehiculo en cada lado, para que no se pierda tiempo en esperar a que se acerque un vehículo de transporte.

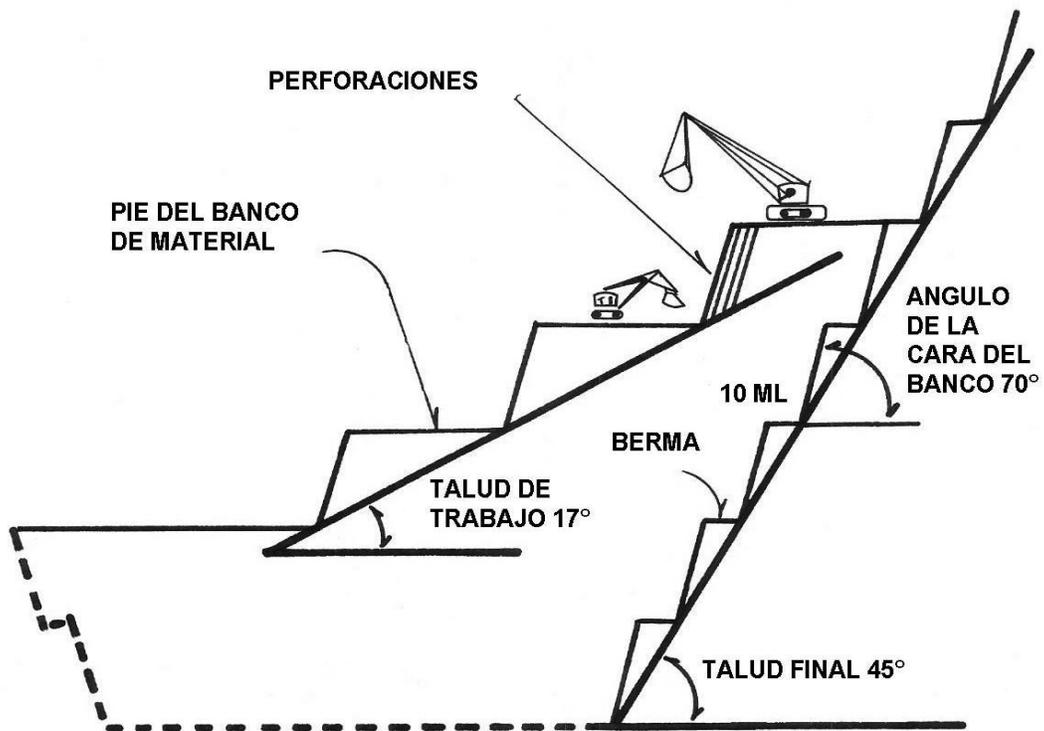
La profundidad óptima de excavación es la distancia mas corta que el cucharón se debe de mover hacia arriba, para tomar su carga. El trabajo se debe de planear para cargar o mover el máximo volumen por turno de trabajo. Hay que estar cerca del material en vez de excavar al máximo alcance del brazo, se debe de bajar el cucharón solo lo preciso para llenar el camión, esto reduce el tiempo de elevación. Los dientes del cucharón se deben mantener afilados, se deben de tener cables, y dientes de repuesto cerca de la excavadora. El giro se empieza cuando el cucharón esta lleno y ha salido del banco. La unidad de transporte se debe colocar debajo del extremo de la pluma, de modo que no necesite avanzar o retroceder para descargar en la caja.

La pala con cuchara de arrastre es más adaptable que la pala mecánica. Con esta puede tomarse la carga a mayor distancia, puede excavar bajo el agua y a una distancia grande encima o debajo de la pala mecánica. Como la cuchara de arrastre carga su cucharón por arrastre hacia la máquina, la fosa o la cara del material tienen pendiente de abajo hacia arriba en dirección de la cuchara de arrastre.

Se logra mejor producción si se extrae el material en capas casi horizontales, y se trabaja de un lado a otro de la excavación. Un buen operador llena el cucharón con la mayor rapidez posible, dentro de una distancia menor que la longitud del cucharón, si se excava en una ligera pendiente, ayuda a llenar el cucharón. Cuando el cucharón está lleno ya debe estar debajo de la punta de la pluma y se debe elevar en cuanto cese el esfuerzo. Los tipos de cucharones de almeja son para usos generales, para remoción y para excavación de material pesado, el cucharón para remoción es el mejor para descargar materiales desde depósitos o carros de ferrocarril o para cargar material tomado de pilas. El cucharón para excavación de material pesado se usa para servicio extremo, como en pedregales o revestimientos de roca. Puede ajustarse de modo que no ejerza un esfuerzo excesivo, el cucharón para usos generales es el término medio entre el de remoción y el de carga pesada y puede utilizarse con dientes y sin dientes.

En la figura 2, observamos una pala mecánica y una excavadora con cucharón de arrastre. (Bibliografía 4; Ref. 15)

Figura 2. Utilización de una excavadora con cucharón de arrastre y una pala mecánica en la explotación de un banco de material.



4. IMPACTOS Y EFECTOS AMBIENTALES A LA SALUD

4.1 Deterioro del recurso suelo

El deterioro del recurso suelo comenzó al explotar la tierra para beneficio del mismo hombre, primero deforestó bosques, rompiendo luego con la superficie terrestre con instrumentos para la siembra y ahora también se utiliza para satisfacer necesidades en la infraestructura, como lo es la explotación de los bancos de material y construcción de carreteras.

Todo esto trae como consecuencias grandes fuentes de contaminación como lo son el uso incontrolado de agroquímicos en el caso de siembras y derrames de combustibles y aceites en el caso de utilización de maquinaria.

La utilización incontrolada de los productos químicos en forma intensiva, se ha convertido en uno de los problemas más serios de la contaminación ambiental. Los pesticidas producen intoxicaciones agudas que pueden causar secuelas importantes, desordenes del sistema nervioso, reproductor, respiratorio, sanguíneo y el tejido hepático.

Por otro lado, el derramamiento de los aceites quemados en el suelo produce esterilidad.

Otra fuente de contaminación que contribuye al deterioro del recurso suelo es la disposición de los desechos sólidos y líquidos provenientes de la maquinaria, industrias y el área urbana.

Los residuos sólidos influyen en el deterioro del suelo y degradan el ambiente, limitando el uso de los recursos naturales, produciendo impacto negativo al medio.

La tasa de pobreza aumenta el deterioro del recurso suelo, ya que por ese empobrecimiento muchos trabajan la tierra fundamentalmente en las laderas,

lugares donde es más barata la tierra, siendo ésta otra una de las causas de la deforestación, de altos grados de erosión y la pérdida del suelo. (Ref. 1 y 7)

4.2 Erosión

La erosión, además de ser un fenómeno físico producido por el agua, el viento o problemas geológicos, constituye un problema social y económico. Es un hecho real que existen necesidades básicas como la construcción de carreteras y utilización de recursos naturales como madera, extracción de piedras, gravas, arenas, etc., también existe escasez de tierras planas para la siembra de granos básicos como el maíz y el frijol, esto ha obligado al agricultor a utilizar terrenos montañosos con pendientes que varían desde suaves hasta las fuertes.

Como producto de la explotación de un banco de material, que se encuentra expuesto a la intemperie y sin ningún tipo de protección vegetal, nos produce el fenómeno llamado erosión del suelo; la erosión del suelo se define como el movimiento de tierra, La causada por el agua se llama erosión hídrica y la ocasionada por el viento se llama erosión eólica. También la erosión la podemos clasificar por medio de la gravedad del daño y se han establecido los siguientes grados de erosión:

- Leve: cuando se ha perdido menos del 25% del horizonte A
- Moderada: cuando la pérdida del horizonte A oscila entre 25% a 75%.
- Severa: Cuando el horizonte A pierde más del 75% y el horizonte B, ha sido arrastrado.
- Muy Severa: Se ha perdido todo el horizonte A y entre el 25% al 75% del horizonte B. (Ref. 1y 7)

4.2.1 Erosión hídrica

Toda remoción del suelo es consecuencia de la presencia del agua sobre el terreno y la única fuente es la lluvia, dependiendo de la cantidad, intensidad y frecuencia, depende del volumen de agua que se desliza por la superficie terrestre.

La vegetación actúa como un colchón para el suelo y es una defensa natural, su acción es la de proteger al suelo contra el impacto directo de las gotas de lluvia, las gotas grandes de lluvia al chocar al follaje, se dispersa en gotas pequeñas y llegan al suelo con suavidad, las raíces realizan un efecto sujetador de las partículas del suelo, al morir las raíces dentro del suelo, dejan cavidades tubulares donde se filtra el agua y el aire, las hojas y tallos muertos, se incorporan al suelo aumentando el contenido de materia orgánica del mismo favoreciendo la infiltración.

La vegetación retarda o atenúa la velocidad de escorrentía, reduciendo el volumen y dispersándolo lateralmente.

La erosión que ocasiona el agua de escurrimiento, puede tener varios tipos y grados de afección en el terreno, siendo del menor al mayor, tenemos los siguientes tipos:

- **Erosión Laminar:** También llamada por Erosión Superficial, la lluvia intensa o las grandes gotas de agua se desplazan partículas del suelo. La capa superior es disgregada por este impacto, a medida que el agua se acumula empieza a remover el suelo uniformemente, sobre una superficie desnuda y en declive. El agua sigue el camino de menor resistencia, tal como los canales formados por marcas de labranza, depresiones en la superficie de la tierra, esta erosión laminar es la primera fase de daño.
- **Erosión en Surcos o Canales:** Cuando en la pendiente del terreno, el escurrimiento intenso puede remover suficiente tierra para formar pequeños canales, hondonadas, o arroyuelos en el campo. Los declives

más pronunciados o prolongados aumentan la profundidad de los canales. El potencial de erosión del agua que fluye se incrementa a medida que la profundidad, la velocidad y turbulencia también se incrementan.

- Erosión en Cárcavas o Zanjonés: Es la más grave y sucede cuando hay gran concentración de escorrentía en determinados lugares del terreno y cada año corre agua en esas mismas zanjas, al principio estas zanjas son pequeñas y poco profundas, pero anualmente se va ampliando hasta dejar el terreno inútil. (Ref. 7)

4.2.2 Erosión eólica

La erosión eólica generalmente es ocasionada por el viento, la erosión eólica en regiones áridas y semiáridas es extremadamente seria y también puede tener un efecto igual en las húmedas. La acción del viento puede remover la capa superior del suelo convirtiendo la tierra en un medio improductivo. La erosión eólica severa, conjuntamente con los cambios climáticos y la acción humana, puede contribuir a la formación de desiertos. La gente contribuye a incrementar la erosión eólica y acelerar el proceso de desertificación al sobre explotar los bosques para conseguir leña, así como sobre cultivar la tierra, y otras prácticas tales como la construcción de carreteras y explotación de bancos de material. (Ref. 7)

4.2.3 Deslizamientos o derrumbes

Cuando un banco de material se encuentra en la etapa de abandono, excavaciones, cortes mal ejecutados, taludes o laderas, presentan inestabilidad debido a que la mayoría de veces o nunca se dejan obras de protección para evitar futuros deslizamientos o derrumbes, por eso mismo las lluvias intensas o continuas, originan que se infiltren grandes cantidades de agua en el suelo, llenando los poros o espacios que en él existen. Como consecuencia el suelo se satura y aumenta su peso, facilitando que se debilite y se caiga. Cuando se presentan sismos fuertes, también existen peligros que de alguna manera pueden afectar a la población que vive sobre o en la parte baja de un banco de material o una ladera, o sobre el talud de la carretera. La inestabilidad no sólo se debe a causas naturales sino también a las humanas, ya que al deforestar se debilita el terreno. Dicha inestabilidad provoca el movimiento pendiente abajo de suelos, rocas y vegetación, bajo la influencia de la gravedad. Los materiales se mueven a través de diferentes mecanismos: derrumbes, deslizamientos y flujos.

➤ Los derrumbes

Los derrumbes son movimientos de tierra, de forma rápida, violenta y espectacular que se producen en fuertes pendientes y acantilados, originados por la gravedad o por saturación de agua por lo que el movimiento es prácticamente de caída libre, ya sea rodando y/o rebotando, ver figura 3, un derrumbe que tapo la sección de la carretera.

Figura 3. **Maquinaria efectuando trabajos de remoción de derrumbes sobre una carretera de terracería.**



Los derrumbes son muy comunes en las autopistas, donde continuamente se pueden apreciar desprendimientos de rocas que caen sobre la carretera. Existen muchos factores que contribuyen a la formación de los derrumbes; principalmente el clima, la topografía y el ser humano.

- El Clima: según las características que presenta el clima, puede favorecer la inestabilidad del subsuelo al aportar una gran cantidad de agua. La presión que ejerce el líquido en los poros y fisuras del suelo desencadenan el derrumbe. Asimismo, las lluvias y la formación de corrientes de agua por la superficie producen las erosiones de la tierra creando inestabilidad que puede producir un derrumbe.

- La Topografía: Los deslizamientos ocurren con mayor frecuencia en terrenos de pendiente pronunciada y desprovistos de vegetación.
- El ser humano: El equilibrio geológico por lo general es roto por la actividad constructiva y destructiva del hombre. De esta manera, se contribuye a provocar o acelerar estos fenómenos.

➤ **Los deslizamientos**

Los deslizamientos son movimientos de materiales térreos (rocas, suelo y su combinación) pendiente abajo, delimitados por una o varias superficies de falla o ruptura. Estas superficies de falla pueden ser curvas y/o planas; y son, sobre ellas, que deslizan los materiales colapsados de una ladera. Los deslizamientos pueden ser lentos o rápidos y dan la impresión de que la tierra es como una gran bola de helado que se va derritiendo y al fundirse se resbala lentamente llevándose todo a su paso.

➤ **Los flujos**

Un flujo de lodo es un flujo de roca, tierra y otros detritos muy saturados de agua, observar la figura 4, se desarrolla cuando el agua rápidamente se acumula en el terreno como durante una fuerte lluvia o des congelamiento repentino, en donde sus partículas se mueven entre sí dentro del volumen que se mueve o se desliza sobre una superficie de falla. Este flujo puede trasladarse rápidamente en distancias de varios kilómetros desde su origen, creciendo en velocidad y arrastrando árboles, peñascos, carros y cualquier material que consiga a su paso. Los flujos pueden ser muy lentos o muy rápidos; la velocidad está determinada por la cantidad de agua existente en el volumen de materiales. Puesto que la velocidad depende de la pendiente o inclinación de la

ladera, los materiales disponibles y la cantidad de agua, es común que ocurran durante y después de lluvias extraordinarias y en zonas donde las laderas están compuestas de materiales sueltos. Estos movimientos que a veces no podemos ver completamente porque se dan bajo la ladera representan un gran peligro, ya que en cuestión de minutos pueden transformar por completo el paisaje y cobrar vidas humanas. Su composición es principalmente un 50% de partículas finas (limo y arcilla). Estos flujos de detritos generalmente siguen cauces, pero su patrón exacto es impredecible. Este tipo de flujo tiene granos más gruesos y es menos cohesivo que los flujos de lodo. La proporción es de 2 partes de sedimento por una de agua. La licuación de terreno ocurre cuando el nivel freático está muy por encima de su límite y aunado a esto, algún movimiento telúrico que literalmente hunde el terreno. (Ref. 1, 2, y 7)

Figura 4. **Un flujo de lodo el cual arrastra casas, árboles y piedras del lugar, el suelo de esta montaña se encuentra sobresaturado.**



4.3 Pérdida de diversidad biológica

El planeta se enfrenta a una acelerada desaparición de sus ecosistemas y a la irreversible pérdida de su valiosa biodiversidad. Cuando tenemos como último recurso explotar un banco de material que en su estado natural se encuentra con árboles, vegetación y fauna, es decir que hay un ecosistema en el área, corremos el riesgo de perder una gran parte de la biodiversidad. Por biodiversidad se entiende a la amplia variedad de seres vivos, plantas, animales y microorganismos que viven sobre la Tierra y los ecosistemas en los que habitan. El ser humano, al igual que el resto de los seres vivos, forma parte de este sistema y también depende de él. Además, la diversidad biológica incluye las diferencias genéticas dentro de cada especie y la variedad de ecosistemas. Toda esta diversidad biológica provee al ser humano de recursos biológicos. Éstos han servido de base a las civilizaciones, pues por medio de los recursos biológicos se han desarrollado labores tan diversas como la agricultura, la industria farmacéutica, la industria de pulpa y papel, la horticultura, la construcción o el tratamiento de desechos. La pérdida de la diversidad biológica amenaza los suministros de alimentos, las posibilidades de recreo y turismo y las fuentes de madera, medicamentos y energía. Además, interfiere negativamente con las funciones ecológicas esenciales. Las interacciones entre los diversos componentes de la diversidad biológica es lo que permite que el planeta pueda estar habitado por todas las especies, incluidos los seres humanos, ya que gracias a ella se dan procesos tales como, la purificación del aire y del agua y la destoxicación y descomposición de los desechos, la estabilización y moderación del clima de la Tierra, la moderación de las inundaciones, sequías, temperaturas extremas y fuerza del viento, la generación y renovación de la fertilidad del suelo, incluido el ciclo de los nutrientes, la polinización de las plantas, etc. La forma más visible de este daño ecológico es la extinción de animales tales como los pandas, los tigres, los elefantes y las ballenas, debido a la destrucción de su hábitat y a la cacería o

captura excesiva. Sin embargo, otras especies menos llamativas pero igual de importantes también se encuentran en peligro. Como ejemplo, podemos mencionar a la amplia gama de insectos que ayudan a la polinización de las plantas. Si bien la pérdida de especies llama nuestra atención, la amenaza más grave a la diversidad biológica es la fragmentación, degradación y la pérdida directa de los bosques, humedales, arrecifes de coral y otros ecosistemas. Todas estas cuestiones son agudizadas por los cambios atmosféricos y climáticos que ocurren de manera global y que afectan directamente el hábitat y a los seres que las habitan. Todo ello desestabiliza los ecosistemas y debilita su capacidad para hacer frente a los mismos desastres naturales. La riqueza y la diversidad de la flora, la fauna y los ecosistemas, que son fuentes de vida para el ser humano y las bases del desarrollo sostenible, se encuentran en un grave peligro. La creciente desertificación a nivel global conduce a la pérdida de la diversidad biológica. Últimamente han desaparecido unas ochocientas especies y once mil están amenazadas. Es fácil comprender que con esta pérdida incesante de recursos está en riesgo la seguridad alimentaria. La pérdida de la diversidad biológica con frecuencia reduce la productividad de los ecosistemas, y de esta manera disminuye la posibilidad de obtener diversos bienes de la naturaleza, y de la que el ser humano constantemente se beneficia. Cada año desaparecen miles de millones de toneladas de tierra fértil. El proceso de degradación de los suelos, su mal uso y utilización, los insostenibles modelos de consumo y la sobreexplotación de los recursos naturales, junto a las guerras y los desastres, son elementos que agravan la hambruna de más de mil millones de personas. (Ref. 7)

4.4 Contaminación del recurso hídrico

En la contaminación del recurso hídrico esta involucrado el trabajo de explotar bancos de material, aparentemente el impacto es mínimo, pero a largo plazo perjudica lagunas y lagos, se debe a que quedan totalmente expuestos a la intemperie y el agua acarrea con los materiales finos, también aceleramos este proceso cuando transportamos con equipo el material explotado a la construcción de carreteras de terracería, porque cuando llueve mucho de este material es llevado a las cunetas, luego a alcantarillas, arroyos, ríos y finalmente a los lagos. Los agentes contaminantes actúan de una forma muy diversa, lo que resulta determinante es su cantidad, mientras que algunas veces lo que realmente es importante es su acumulación en determinados niveles de los ecosistemas y a lo largo de su circulación a través de las cadenas tróficas. El hombre ha ido arrojando sus residuos a los ríos y a los mares, considerando la capacidad de auto depuración de estos medios acuáticos. Sin embargo a la llegada de los procesos industriales a gran escala, tanto la cantidad como la calidad de los contaminantes se han multiplicado hasta los límites intolerables, los ríos y mares tienen una capacidad determinada de regeneración natural gracias a la presencia de diversos microorganismos descomponedores y transformadores de las sustancias vertidas, pero el exceso de contaminación provoca la muerte. El agua es un medio básico para la vida y sin ella la mayoría de los organismos y el ser humano desaparecerían. De hecho la contaminación del agua es el problema de contaminación mundial, la inexistencia de un sistema de alcantarillas determina que los residuos orgánicos contaminen finalmente las aguas; por la contaminación fecal y biológica del agua, se cobran anualmente la vida de millones de niños, siendo el agua el recurso natural más apreciado, el agua sufre la contaminación de las escorrentías de tierra de cultivo cargadas de fertilizantes y pesticidas. Los lagos son de los primeros que demuestran sus efectos de contaminación al ser muchos de ellos de sistemas cerrados por que la entrada y salida de ellos

no suele ser suficientemente grande para deshacerse de una cantidad excesiva de residuos, la contaminación inicial era de un tipo doméstico procedente de poblaciones humanas asentadas a las orillas. Al ser productos orgánicos en su mayoría, se produce un paulatino aumento de nutrientes en el agua convirtiéndose los lagos en eutróficos y desapareciendo de manera lenta las formas de vida más exigentes.

Muchos ecosistemas acuáticos son particularmente sensibles a la contaminación, el incremento de materia orgánica, como el incremento del vertido de residuos, inicia en ellos un tipo de sucesión ecológica, muy común y recibe el nombre de eutrofización. Si la cantidad de materia orgánica presente resulta excesiva para la capacidad de auto depuración del ecosistema, se observa en las cuencas lacustre una inicial turbidez en el agua, a medida que esta materia orgánica cae hacia las capas profundas, se produce como consecuencia de su exceso, un empobrecimiento del contenido en oxígeno en tales capas y en consecuencia, no toda la materia orgánica puede ser oxidada, es decir el agua se torna ligeramente ácida y no apta para su uso, finalmente el exceso de materia orgánica no degradada se sedimenta sobre el fondo, dando lugar a determinados fenómenos indeseables como la formación de gas sulfhídrico y por ende la disminución de la transparencia de las aguas. Como consecuencia de la presencia excesiva de nutrientes, las aguas suelen recibir no solo materia orgánica sino también nitratos y fosfatos en cantidades cada vez mayores, procedentes de los abonos utilizados en la agricultura y lavados por el agua de riego y lluvia, los productos químicos concentrados, pesticidas, defoliantes, han ido contribuyendo gran parte de los ríos de países industrializados y el mar al que en un principio se considera mayor la capacidad de regeneración, da hoy muestras evidentes de encontrarse también gravemente afectado.

Las aguas negras y los desechos sólidos son fuentes de contaminación de las aguas. En nuestro medio es tan común ver los desagües de las ciudades como

descargan en los ríos, sin ningún tratamiento, o un barranco lleno de basura, no solo da un mal aspecto sino es un foco de enfermedades. (Ref. 4 y 7)

4.5 Contaminación del recurso atmosférico

La contaminación del recurso atmosférico es la presencia de una o mas sustancias extrañas o la combinación de estas que perjudican o resultan nocivas a la vida humana, este problema esta llegando a los límites máximos de tolerancia del planeta. La contaminación del aire es de naturaleza muy diversa, lo mismo que los productos vertidos a la atmósfera, como el humo que es visible y alarmante, la explotación de los bancos de material no deja de ser un elemento de contaminación en nuestra atmósfera, puesto a que para este trabajo debemos de utilizar maquinaria y ésta genera humo en pequeñas cantidades; otros que no se sienten directamente pero provocan daños muy fuertes que han llegado a causar la muerte de personas con enfermedades pulmonares, contribuyendo a destruir la capa de ozono y incrementando el efecto invernadero, los potentes cambios de clima. La contaminación de la atmósfera engloba todas aquellas alteraciones del globo aéreo, en cuanto a sus propiedades físicas y químicas, que se producen como consecuencia de la intervención directa o indirecta del hombre. El aire contiene una mezcla de sustancias contaminantes entre las que destacan es el dióxido de azufre y de nitrógeno, producido en centrales energéticas, en combustiones industriales petroquímicas, las refinerías vehículos automotores que expelen hidrocarburos y monóxido de carbono, plantas incineradoras, utilización de insecticidas, fertilizantes, quema de bosques y otras sustancias que causan daños tóxicos. Los agentes contaminantes son partículas sólidas como el hollín, vapores, gases, humos, y diversas sustancias de carácter tóxico. Estos son vertidos

simplemente a la atmósfera como producto residual de actividades industriales entre otras, el punto es que muchas veces no son tóxicas, pero al entrar en la atmósfera o el mismo ambiente estas reaccionan con otros componentes y finalmente se transforman en productos peligrosos como los ácidos. Los contaminantes suelen dispersarse a su merced por los vientos imperantes, provocando problemas a grandes distancias de los focos contaminantes originarios, incluso en otro país, donde esos residuos pueden acumularse; cuando no sopla el viento se acumulan formando una nube oscura por encima de la zona que la produce o genera o mezclándose y reaccionando con la niebla para dar lugar al smog. La contaminación atmosférica por sustancias nocivas determina entre otros, consecuencias graves como el creciente aumento de presencias tóxicas y nocivas en el cuerpo de los organismos, dando como resultado al aumento de enfermedades respiratorias, cardiovasculares y dérmicas, propagación de epidemias, pérdidas de importantes fuentes de proteínas. La contaminación atmosférica está contribuyendo a un grave riesgo de destrucción de varios eslabones de la cadena de nuestro ecosistema terrestre. La actividad industrial sobrecarga la atmósfera con sustancias de todo tipo, donde los daños ya han comenzado a producirse de tal manera, afectando el entorno del ser humano y visible a muchos ecosistemas. Los efectos de la contaminación atmosférica especialmente notables son la destrucción de la capa de ozono, el efecto invernadero y la lluvia ácida. La capa de ozono atmosférico es un escudo protector que actúa contra los rayos provenientes del espacio solar, que resulta peligroso a la vida humana, además de protegernos de numerosas mutaciones de organismos, el impacto del deterioro del ozono está relacionado directamente con la salud y con el desarrollo del país económicamente puesto que el ser humano busca mejorar su calidad de vida con la explotación de los recursos. El ozono está compuesto de tres átomos de oxígeno, es un gas incoloro de olor picante, puede hallarse de forma natural en la atmósfera,

existen dos tipos de ozono, uno esta integrado por una fina capa ubicada entre 25 y 40 kilómetros de altura sobre la superficie terrestre y que absorbe mas del 40% de los rayos ultravioleta del sol, el segundo tipo de ozono esta presente sobre la superficie de la tierra en zonas urbanas y es el resultado de la combinación química de hidrocarburos reactivos y óxidos de azufre, que mediante la acción de la luz solar forman lo que se conoce como esmog fotoquímico, espesa niebla de color marrón sobre las ciudades, los hidrocarburos se originan a través de la gasolina y de los gases de los escapes de los vehículos automotrices y los óxidos de nitrógeno, las personas que han sido expuestas a oxidantes fotoquímicos han experimentado sus efectos agudos como irritación de garganta, nariz y ojos, alergia y resequedad. Los efectos en el ser humano hacen que se reduzca la capacidad pulmonar. En la atmósfera la concentración del ozono depende de varios factores como la cantidad y calidad reactiva de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno que se descargue, la falta de humedad que retarde la formación de este y la ausencia de viento que disperse los contaminantes. Desde comienzos de los años 80 se ha detectado que la capa de ozono sufre reducciones naturales en la atmósfera, ha experimentado en algunas zonas del planeta una perdida anormalmente elevada, permaneciendo en esa zona mas tiempo del habitual y ocupado en una extensión mayor, a este fenómeno se le conoce como agujero de la capa de ozono y el principalmente causante son los CFC utilizados en aerosoles y aparatos de refrigeración. El efecto invernadero, la atmósfera como capa protectora contra las radiaciones del sol que llegan del espacio, amortiguando sus efectos y como transmisora de calor. Cada año mas de 7,000 millones de toneladas de dióxido de carbono son aportadas a la atmósfera, en sus dos terceras partes, procedentes de la combustión, el resto lo origina la deforestación y la combustión de madera. El anhídrido carbónico es un producto natural del metabolismo orgánico, producido por las plantas y los animales, sin embargo cuando se genera en cantidades excesivas en procesos

artificiales como en los motores de combustión, se acumula en la atmósfera y actúa como un cristal filtrante, permitiendo el paso de energía solar pero impidiendo su salida cuando la superficie del planeta refleja una parte de ella. La consecuencia es un progresivo calentamiento en la atmósfera, como sucede en el interior de un invernadero con paredes de cristal, un aumento de la temperatura global es muy peligroso por sus consecuencias climáticas y por lo tanto sus efectos sobre el equilibrio natural de los ecosistemas. La lluvia ácida es una precipitación acuosa con un pH anormalmente bajo que contiene en disolución los ácidos sulfúrico y nítrico producidos por la combinación de los óxidos de azufre SO_2 y de nitrógeno N_2 con el vapor de agua atmosférica, se considera ácida si su pH es menor de 5.6. Las partículas de anhídrido sulfúrico emitidas en el curso de numerosos procesos industriales y el funcionamiento de los motores de los automóviles reaccionan con el vapor de agua para dar primero ácido sulfúrico y después sulfhídrico, éste mezclado con el agua de lluvia, cae al suelo alterando el pH de este y de las masas de aguas continentales, sobre lagos, que al volverse ácidas impiden toda forma de vida en su interior. Además el ácido tiene un efecto corrosivo directo sobre las plantas y también en estructuras como edificios, además producen la acidificación de las aguas de los ríos y lagos, provocando la muerte de su fauna y convierte el agua en no potable, así mismo acidifica los suelos y el empobrecimiento de algunos nutrientes que son arrastrados por los sulfatos. (Ref. 7)

4.6 Contaminación del paisaje

Claramente sabemos que al explotar un banco de material, la topografía, el confort y la expresión a la vista automáticamente cambian, es decir que este trabajo produce impactos negativos al paisaje. El paisaje es un elemento muy particular del ambiente, pues es la expresión visual de todos los demás elementos que se encuentran en el entorno. Forma parte del escenario donde se desenvuelve el ser humano, generando sensaciones relajantes que son parte de su desarrollo integral. La contaminación del paisaje es el cambio o desequilibrio del paisaje, ya sea natural o artificial, que afecta las condiciones de vida y las funciones vitales de los seres vivos. Las principales causas de la contaminación del paisaje son los excesos de avisos publicitarios e informativos (luminosos o no) en forma de carteles en vías. Exceso de avisos publicitarios e informativos de programas. Nuevas edificaciones, explotaciones de la montaña donde se encuentra la materia prima o distorsiones en paisajes naturales que ahuyentan a los animales, las grandes aperturas de brechas o caminos en donde sus acabados muchas veces se quedan abandonados y producen mala imagen, taludes que no son protegidos. Basurales que malogran el paisaje y pueden alejar el turismo. La contaminación del paisaje afecta la salud produciendo distracciones, estrés y sobre todo problemas ecológicos en donde algunas especies se alejan de su hábitat y es allí en donde se rompe el equilibrio ecológico. (Ref. 8)

5. MÉTODOS Y FORMAS DE CÓMO MITIGAR IMPACTOS

5.1 Métodos de estudio de Impacto Ambiental

Un Estudio de Impacto Ambiental analiza un sistema complejo, con muchos factores distintos y con fenómenos que son muy difíciles de cuantificar. Para hacer estos estudios hay varios métodos y se usan unos u otros según la actividad de que se trate, el organismo que las haga o el que las exija. Los métodos de evaluación ambiental, cuyo uso se haya hoy más extendido, se pueden catalogar en cuatro grupos principales:

➤ Método de mapas de superposición

Los métodos de mapas de superposición son los más adecuados cuando el problema principal es elegir la localización para alguna característica puntual, lineal o de área. Superponiendo una serie de mapas de características físicas y sociales, se pueden determinar inmediatamente las áreas o retículos que poseen las combinaciones preferidas de estas variables. También son aplicables cuando la localización ya está definida o cuando el problema es respecto al tipo de características a ser usadas en el diseño. Además, puesto que estos métodos implican mapas, es usual trabajar solamente con aquellas características ambientales que están registradas en mapas. Esto limita ambientes de paisaje, tipo de suelos, drenajes, relieve, pendiente y los habitats ecológicos.

➤ **Método de matrices**

Los métodos matriciales han sido ampliamente usados debido a que ellos permiten la comparación de eventos aparentemente incomparables, tales como el de personas disfrutando de un paisaje de montaña o de industrias de servicio vendiendo una determinada comodidad. Una dificultad de los métodos de matrices es el tiempo requerido para evaluar muchas alternativas de un proyecto, aunque examinar un proyecto o pocas alternativas no es particularmente difícil. Otra limitación de los métodos de matrices es su dificultad para las consideraciones temporales u espaciales y para interacción entre características.

Método de la matriz de Leopold: Uno de los métodos que se emplean en estos trabajos es la llamada "matriz de Leopold" que fue el primer método utilizado para hacer estos estudios, en 1971, por el Servicio Geológico de los Estados Unidos. Este sistema utiliza un cuadro de doble entrada (matriz). En las columnas pone las acciones humanas que pueden alterar el sistema y en las filas las características del medio que pueden ser alteradas. En el original hay 100 acciones y 88 factores ambientales, aunque no todos se utilizan en todos los casos. Cuando se comienza el estudio se tiene la matriz sin rellenar las cuadrículas. Se va mirando una a una las cuadrículas situadas bajo cada acción propuesta y se ve si puede causar impacto en el factor ambiental correspondiente. Si es así, se hace una diagonal. Cuando se ha completado la matriz se vuelve a cada una de las cuadrículas con diagonal y se pone a la izquierda un número de 1 a 10 que indica la magnitud del impacto. 10 la máxima y 1 la mínima (el 0 no vale). Con un + si el impacto es positivo y - si negativo. En la parte inferior derecha se califica de 1 a 10 la importancia del impacto, es decir si es regional o solo local, etc.

➤ **Métodos de Índices**

De los métodos de índices el primero fue desarrollado por Batelle Columbus Laboratorios, el cual fue creado para ser usado en la planificación de recursos hídricos y a diferencia de los métodos matriciales se centra en específicos componentes de calidad ambiental, elegidos por su relevancia para las alternativas del proyecto bajo consideración. La importancia relativa de cada componente de calidad ambiental se juzga de una manera iterativa, hasta obtener un consenso entre los miembros de un grupo de especialistas.

➤ **Método de Batelle Columbus Laboratorios**

El método de Batelle utiliza 78 factores ambientales agrupados en 17 componentes y estos agrupados a su vez en 4 categorías principales, aprobado por ser muy útil en muchas situaciones. La crítica principal se refiere a que no es siempre obvia la elección de los mejores componentes de la calidad ambiental a ser evaluados en una alternativa de un proyecto. Otra crítica se refiere a que el algoritmo, para asignar la importancia relativa de cada componente de calidad ambiental, puede no ser apto para evaluar tanto a los componentes biofísicos como a los socioeconómicos.

➤ **Método de matriz del Camino Óptimo**

Otro método es el de la matriz del camino óptimo, desarrollado por Odum Et Al, y fue aplicado a la evaluación de ocho alternativas para completar una carretera interestatal, este estudio fue diseñado para poder considerar todos los factores que afectan la calidad del ambiente humano. Se definen 56 factores que pertenecen a uno o dos de los siguientes cuatro grupos, el primero es de consideraciones económicas y de ingeniería de carreteras, el segundo de consideraciones ambientales y de uso de la tierra, el tercero toma consideraciones recreacionales y el cuarto toma las consideraciones humanas y

sociales. El rasgo clave de este método es que incluye el término que permite evaluar el error que pueda ser introducido al juzgar la importancia relativa de cada componente.

➤ **Métodos de Enfoques de Modelaje**

Estos métodos por sumo son los más sofisticados y potencialmente valiosos, aunque con referencia a la evaluación de impactos ambientales se hallan aun en una etapa casi embrionaria. Las críticas a los modelos dinámicos se centran usualmente en los costos para adquirir y procesar los datos que estos modelos requieren. Se olvida a menudo que el enfoque de sistemas, implícitos en estos métodos, es el único que permite plantear de manera multidisciplinar la aprensión del ambiente biofísico y socioeconómico del hombre actual y al menos, estructurar un conjunto de hipótesis interrelacionadas.

➤ **El modelo de simulación método de GSIM**

La aparición del computador electrónico dio lugar al rápido desarrollo de una técnica para estudio y comprensión de sistemas muy complejos, como lo son los modelos de simulación, esta técnica se ha utilizado con éxitos en campos muy diversos como la ingeniería, economía, biología, medicina, veremos también como puede ser de utilidad para comprender el efecto de ciertas medidas o políticas en un determinado ambiente a lo largo de un lapso mas o menos prolongado de tiempo. (Bibliografía 5; Ref. 9)

5.2 Explotación de bancos de material, parcialmente explotados.

En la actualidad existen muchos bancos de material parcialmente explotados, la reutilización de éstos bancos de material, da un resultado bastante satisfactorio en lo que se refiere a mitigar impacto ambiental, debido a que ésta acción elimina las causas probables y seguras de la tala de árboles, el corte de la flora, perturbación a la fauna, también elimina la molestia a los ecosistemas que en el área se encuentran, y finalmente no se contaminaría el paisaje. El problema más grande es cuando llega la etapa de abandono, ya que la restauración de los bancos de material es realmente difícil, la potencialidad del suelo es nula, por causas de contaminación química o por la explotación del material, el área puede ser muy rocosa. Dado que las opciones vegetativas pueden ser limitadas o tienen que ser descartadas, surge la necesidad de buenas estructuras de drenaje de superficie, tales como bordillos de roca, cunetas estabilizadas, cámaras de sedimentación, trampas de sedimentación, zanjas o canales de infiltración, cercas de protección y hasta rellenos con material de préstamo. Se deben de utilizar materiales duraderos porque el cierre de una cantera o banco de material puede durar muchos años.

Los problemas más frecuentes vistos en Guatemala son los siguientes:

- Las empresas que realizan la explotación de bancos de material, al abandonarlos dejan material expuesto a erosión, puesto que no existen sistemas o dependencias que obliguen al contratista a devolverle la estabilidad al banco de material.
- Otro problema muy común es cuando se llega al límite del vecino y éste no quiere vender los derechos para que exploten su terreno, el contratista o empresa que está explotando material se ve obligado a seguir cavando hacia abajo, solucionando así el problema, produciendo

la cantidad necesaria de material para la culminación de su proyecto, pero dejando hoyos profundos en el banco de material; el problema grave es dejar hoyos profundos en el banco de material, ya que estos se llenan de agua y forman lagunas, en áreas rurales ha sucedido que niños que pastorean o que salen de la escuela se han ahogado, precisamente por esta causa; es recomendable rellenar estos hoyos con material de préstamo para evitar este tipo de daños a la salud humana.

- Cualquier empresa que desarrolle la actividad de explotar bancos de material y que despoja la capa superficial del suelo, debe de apilar la misma. Entonces en el proceso de restauración, se devuelve este material al sitio, regándolo para después resembrar el área. El sistema de drenaje dependerá de la forma final del área y el talud exterior.
- Un problema bastante frecuente es la mala forma de explotar un banco de material, ya que se ha visto que por ahorrar tiempo y recursos, muchos explotan los bancos de material de frente, en la etapa de abandono estos quedan sumamente altos, esta es una causa del porque muchos eligen un nuevo banco de material, puesto que su maquinaria puede quedar soterrada al seguir explotando el banco de material, la forma correcta de explotar estos bancos de material es iniciando en la parte mas alta y dejando caer el material para recolectarlo luego y cargar los camiones, de esta manera mitigamos impacto al explotar nuevas áreas, evitamos posibles derrumbes que puedan afectar a personas que pasen por el lugar o mas bien que se encuentren por allí.
- La circulación de un banco de material en abandono es importante, debido a que se han dado casos de que el material ha quedado expuesto a la intemperie con taludes con demasiada pendiente, y muchas

personas han quedado soterradas por derrumbes o piedras que caen por algún movimiento sísmico o en época de invierno en donde el material es más pesado por encontrarse sobresaturado.

- La señalización ha sido un problema bastante grande, muchas veces existen bancos de material a la orilla de la carretera, al momento de explotar estos bancos siempre ocurre que mas de alguna piedra se pierde y se va hacia la carretera, han existido casos en el país que automotores se quejan por haber dañado sus vehículos, sin que se responsabilicen por daño alguno, para mitigar este impacto es importante que se pongan rótulos de señalización, conos y reflectores, incluso personal en ambos extremos con banderas para poder coordinar el paso de vehículos cuando se este trabajando, incluso esto sirve para que los mismos camiones salgan cargados sin ocasionar algún accidente.
- Un problema muy frecuente en el medio es el factor económico, muchos de los bancos de material están sobre valorados por los propietarios, entonces el contratista o ente explotadora del banco de material opta por buscar nuevas opciones como la de explotar un nuevo banco de material, la solución para mitigar impactos en un nuevo banco de material es de llegar a un acuerdo entre el dueño del banco de material parcialmente explotado, la entidad que ejecuta el proyecto y la empresa que va a ejecutar el proyecto, de alguna manera la entidad puede influenciar en los comités beneficiados para intervenir en su precio. (Ref. 2 y 10)

5.3 Diques, terrazas, pendientes.

Generalmente cuando la explotación de bancos de material ha llegado a la etapa de abandono, en Guatemala no se tiene el hábito de implementar medidas de mitigación o sencillamente no las exigen.

Las zanjas o cárcavas causadas por la erosión del suelo que sigue generalmente la pendiente máxima del terreno y constituye un cause natural en donde se concentra y corre agua proveniente de las lluvias. El agua que corre por las cárcavas arrastra gran cantidad de partículas del suelo producto de la erosión. El control de estas zanjas debe de ser prioritario y llevar una planificación racional. Generalmente la recuperación de estas zanjas ya grandes vale la pena siempre y cuando se pueda utilizar el terreno ganado en forma productiva, normalmente el que explota bancos de material utiliza nuevos terrenos para seguir explotando, corta toda la vegetación arbórea, arbustiva y herbácea que existe, limpiando el terreno, dejando como consecuencia un terreno expuesto a la acción directa de las lluvias y de la escorrentía superficial, ocasionando inicialmente la remoción y el arrastre de todas las partículas del suelo por capas delgadas o erosión laminar. El agua a medida que va descendiendo por la ladera y debido a irregularidades de relieve se va concentrando, formando pequeños canales, los que a su vez se juntan y forman un canal mayor y una velocidad que va en aumento, la erosión se va acentuando, formando primero pequeños surcos, los que se van agrandando horizontalmente como verticalmente hasta que finalmente se forman cárcavas o zanjas.

Todo esto lo podemos controlar tomando como primera acción que se debe llevar a cabo eliminando la causa que lo originó, para lo cual se deben de efectuar trabajos a dos niveles. Si no se corrige la causa de las cárcavas, es muy probable que se formen nuevas en el área. También es importante mejorar las prácticas locales del uso de la tierra para reducir al mínimo la ampliación de las zanjas existentes, así como también serán necesarias algunas medidas

específicas del control de las zanjas. En muchos casos a nivel de ladera o área de drenaje resulta ser difícil que las prácticas de conservación ejecutadas controlen o anulen el escurrimiento superficial. En caso contrario, si después de haber tratado la ladera todavía sigue corriendo agua por la zanja, entonces se efectúan trabajos a nivel de la misma. Hay bastantes prácticas de conservación que deben ser aplicadas a nivel de ladera, cualquier práctica a ser aplicada debe de encaminarse para evitar o controlar totalmente el escurrimiento superficial y permitir su infiltración uniforme. Unas prácticas apropiadas son:

- Repoblación con gramíneas y árboles, preferentemente con especies nativas.
- Buen manejo de pastos y bosques.
- Uso de zanjas de infiltración en bosques y pastizales.
- Uso de terrazas de absorción.
- Uso de surcos, barrenas en contorno para disipar el agua a través de la ladera y reducir su velocidad.
- Uso de zanjas de desviación para quitar agua de la ladera.

Después de haber tratado el banco de material y si todavía hay escurrimiento en las cárcavas, se efectúan trabajos a nivel de la cárcava misma consistentes en la colocación de pequeños diques o barrenas u obstáculos transversales a la cárcava, a fin de disminuir la velocidad del agua y favorecer a la sedimentación de las partículas que lleva el agua en suspensión. Estos son contruidos a lo largo de la cárcava y pueden ser hechos de sacos llenos de arena reforzados con piedra, de mampostería, de ramas y pajas de matorral, de palos o malla de alambre, de barreras vivas y otros. Un aspecto importante es el espaciamento entre los diques. El principio fundamental que se debe de tener mas presente para la determinación del espaciamento entre los diques es que este experimento permite que el centro del borde superior de un dique esté al mismo nivel que la base del dique contiguo aguas arriba.

Un medio eficaz en el control de cárcavas es permitir el crecimiento de la cubierta vegetal, evitando el pastoreo de animales a lo largo de la cárcava en la zona circundante a ella, por lo menos un radio igual a cinco veces la profundidad de la cárcava. Las paredes mismas de las cárcavas deben de estar cubiertas por vegetación natural sembrada o especialmente por pastos.

➤ **Los diques**

El propósito principal de los diques de contención en las cárcavas consiste en disminuir velocidad del agua que se mueve hacia abajo y como resultado el limo y el arrastre se depositan en el fondo en vez de socavar materia adicional. La velocidad del agua es disminuida para reducir el gradiente efectivo del canal. La construcción de una serie de diques de gradiente efectivo del canal. La construcción de una serie de diques a lo largo de una zanja convierte al canal de una quebrada con una cuesta relativamente inclinada, o alta gradiente, en un canal en forma de escalera, de tal manera que el agua fluye sobre una pendiente suave entre estructuras, y entonces se vierte sobre una estructura estabilizada.

La ubicación de los diques y la altura son consideraciones importantes en el diseño. Generalmente es preferible construir varios diques bajos de menos de 4 pies de altura, en vez de construir pocos diques altos, los diques bajos son más económicos y hay menos riesgo de que las correntadas se lleven las estructuras bajas y el daño es menor. En zanjas menores se construyen los diques en la parte alta y se coloca los demás para abajo de la zanja. La altura de los diques debe estar comprendida de 0.5 a 1 metro, la parte superior del dique debe coincidir horizontalmente con la parte mas baja del dique aguas arriba, caso contrario si la distancia entre estos diques excede a este criterio, entonces, una parte de la cárcava quedara sin protección y quedara sujeta a más erosión descendente entre las estructuras.

Los diques de contención pueden tener diferentes secciones transversales y pueden construirse de diferentes materiales, pero todos deberán de tener un tipo de vertedero y gabacha, el vertedero simplemente provee el paso de las correntadas sobre la estructura sin riego, por lo cual debe de incorporarse una ranura en el centro para canalizar el agua y evitar que se desgasten los extremos de la estructura. La gabacha protege la parte de abajo de la cara del dique donde cae el agua, evitando la socavación del dique y la erosión descendente en la zanja. Entonces con la gabacha disipamos la energía del agua descendente así como proteger contra la socavación. Idealmente la longitud de la gabacha debe de ser aproximadamente 1.5 a 2 veces la altura del dique, se debe de empotrar la gabacha 0.20 metros en el fondo de la zanja. Los diques pueden construirse de roca, mampostería, matorral, tablestacas, malla de alambre, troncos, concreto, gaviones y postes, sólo o en combinaciones de estos materiales. La roca suelta es uno de los más utilizados y uno de los más efectivos y generalmente cuando se explota un banco de material queda piedra en el lugar. Las estructuras pueden ser porosas o no porosas o sólidas como el concreto o mampostería pero muy caras, las estructuras porosas que dejan pasar una parte del volumen del agua, como la roca colocada, reducen las fuerzas sobre la misma, son menos costosas y fáciles de mantener y pueden construirse con materiales naturales que armonizan el medio ambiente y son recomendadas para el control de zanjas.

➤ **Las terrazas y las pendientes**

Toda la estabilidad de las excavaciones y taludes son muy importantes para reducir impactos en el ambiente. Un derrumbe puede producir mil veces más sedimento que la erosión de la capa de un camino. Los deslizamientos en cortes de taludes frecuentemente tapan los drenajes superficiales, particularmente donde el camino tiene peralte hacia adentro con cunetas en el mismo lado. La acción de excavación y explotación de bancos de material

puede causar mayor inestabilidad en el sitio con la hechura de pendientes demasiado pronunciadas o altas, tomando en cuenta la resistencia del suelo o la roca, o si se excava debajo de un estrato o zona de debilidad de un material. Las áreas de derrumbes se localizan en zonas húmedas debido a que estas crean un aumento en la presión de vacíos. Los tipos de deslizamientos incluyen caída de rocas, deslizamiento translacional y rotacional, deslizamiento o flujo de detritos, flujo de lodo y otros.

Algunas formaciones geológicas y tipos de suelo son bien cementados o suficientemente resistentes como para permanecer verticalmente cuando son de mayores alturas, tales como areniscas cementadas, roca granítica intemperizada, o depósitos de ceniza volcánica cementada o soldada. Los cortes verticales altos con terrazas pueden ser hechos en estas formaciones, pero la decisión para hacerlo deberá basarse en mucha experiencia local, considerando ciertos factores tales como:

- Cuando se hicieron los cortes verticales.
- Cuanta falla localizada ha habido en el depósito.
- Existen escarpas verticales altas en la topografía local (por que de otro modo los cortes serán solo temporarios).

Estos cortes son fáciles de construir y reducen el mínimo el volumen de excavación y área de perturbación de superficie, por lo tanto, se utilizan frecuentemente en los proyectos donde se emplea mano de obra. La determinación de hacer terrazas y cortes verticales, no debe ser el resultado de comparación de los riesgos y consecuencia de una falla y erosión versus el costo inicial mas alto de construcción para hacer taludes mas planos, los asentamientos locales de cortes sobre inclinados traen como consecuencia que se requiere mantenimiento mas frecuente, especialmente si afecta el drenaje de algún camino, las terrazas con cortes verticales necesitan mucho tiempo para estabilizar, además si hacemos inicialmente un talud con una inclinación o

pendiente estable tal como la relación 1:1, el corte puede estabilizarse mas rápido con la vegetación. El uso de terrazas con cortes verticales bajos es una solución para reducir al mínimo el área de perturbación de superficie aun utilizando cortes verticales y reduciendo al mínimo la inestabilidad e impactos al ambiente. El terraplén bajo, cerca de la superficie de un camino, es muy importante para evitar el asentamiento que puede tapar las cunetas. Por ejemplo una pendiente de 1:1 y las gradas bajas de 1.5 metros de alto, permiten la estabilidad local y global del talud, no se reduce así el área de producción, como la terraza en donde se puede utilizar para siembras. En taludes de poca altura, menores de 2 a 3 metros las laderas deberán ser excavadas con relación 2:1 o más planas inicialmente para promover la estabilización vegetal y para poder aprovechar el área. Desde el punto de vista de estabilidad, mientras más plano el talud mejor, siempre y cuando la pendiente del talud pueda ser revegetado para controlar la erosión. Sin embargo los taludes planos más altos de 3 a 5 metros afectan un área grande e involucran la excavación de cantidades grandes de material. Aquí se recomienda un corte de talud moderado.

Por lo general, los taludes en los que se encuentran formaciones de gran altura de roca sólida o masiva producida por la explotación de un banco, deben de dejarse con cortes con pendientes de $\frac{1}{4}$:1 a $\frac{1}{2}$:1, las excavaciones de grandes alturas deben de ser construidas con terrazas de 3 a 5 metros de ancho y de 8 a 15 metros de alto, para seguridad en caso de deslizamiento y caída de roca localizadas. La estructura de la roca local o los ángulos de los buzamientos o planos de estratificación de la roca pueden indicar el ángulo estable de la ladera. En los bancos de material donde la roca esta fracturada o erosionada, las excavaciones son hechas generalmente en laderas y para que sean estables hay que dejarlas con pendientes de $\frac{1}{2}$:1 a $\frac{3}{4}$:1. La experiencia local puede ayudar mucho en la determinación del ángulo de inclinación estable en un área determinada y suelo o tipo roca. Los cortes en la mayoría de los suelos

de hasta mas o menos 10 a 15 metros de altura, usualmente son estables con taludes de pendientes de $\frac{3}{4}:1$ hasta 1:1, mientras que los suelos sueltos las terrazas son mucho mas anchas, los taludes tienen pendientes de 1:1 a 1 $\frac{1}{2}:1$, los cortes mas altos tendrán que ser mas planos para evitar problemas de inestabilidad, a menos que el suelo este bien cementado. Las áreas húmedas y quebradizas o las zonas de falla son muy propensas a tener fallas, por lo tanto, requerirán terrazas mucho mas anchas y los taludes tendrán pendientes de 2:1 a 3:1 para que puedan ser estables. Notemos que muchos recomiendan un corte de talud mas empinado cuando aumentamos la altura del corte, desde el punto de vista del movimiento de tierra es practico por que los taludes altos y planos requieren mas excavación, especialmente en terrenos con pendientes fuertes. Sin embargo, desde el punto de vista de estabilidad, la recomendación es totalmente opuesta, los taludes en la parte mas alta deberían de ser más planos. En otras consideraciones debe de evitarse hacer cortes sobre inclinados, hacer cortes con alturas excesivas, saturar los estratos con el agua, o cargar la cabeza de los estratos con peso extra. (Ref. 2 y 10)

5.4 Reforestación de áreas deforestadas, por la explotación de nuevos bancos.

Los árboles juegan varios papeles importantes tanto en ecosistemas naturales como en agro ecosistemas, incluyendo: sombra y rompe-vientos, movilización y reciclaje de nutrientes particularmente desde capas profundas del suelo, fijación de nitrógeno por especies leguminosas, secuestro de carbono, hábitat para muchas especies de aves, insectos, pequeños mamíferos y plantas. La deforestación es el cambio de una cubierta dominada por árboles

a una que carece de ellos. Es la eliminación de la vegetación natural y sus causas son:

- Tala inmoderada para extraer la madera o tala para la limpieza de un nuevo banco de material.

Figura 5. **Tala de árboles y limpieza del área para dar inicio a la explotación de un banco de material.**



- Generación de mayores extensiones de tierra para la agricultura, la ganadería y construcción de carreteras.
- Incendios.
- Construcción de más espacios urbanos y rurales.
- Plagas y enfermedades de los árboles.

Todos estos factores causados generan los siguientes impactos ambientales:

- Erosión del suelo y desestabilización de las capas freáticas, lo que a su vez provoca las inundaciones o sequías.
- Alteraciones climáticas.
- Reducción de la biodiversidad, de las diferentes especies de plantas y animales.
- Calentamiento global de la tierra: porque al estar deforestados los bosques, no pueden eliminar el exceso de dióxido de carbono en la atmósfera.

Mitigar estos impactos ambientales, se refiere a las medidas que se toman para eliminar o reducir efectos indeseables que pudieran resultar de una acción propuesta, en este caso la explotación de un nuevo banco de material, donde los recursos naturales que encontramos son de vital importancia para la ejecución de un proyecto, ya que allí encontramos piedra, gravas, arenas, balastos y otros que son indiscutiblemente materia prima para la construcción de una obra. Existen formas para mitigar impacto ambiental y tenemos varias alternativas que podemos tomar y son las siguientes:

- Evitar completamente el impacto ambiental tomando la decisión de no explotar el banco de material
- Disminuir impacto ambiental al limitar el grado o magnitud de la explotación del banco de material y su implementación.
- Rectificar el impacto ambiental al terminar de utilizar el banco de material restaurando el ambiente afectado por medio de métodos vegetativos para el control de la erosión.

- Reducir o eliminar el impacto ambiental paso a paso con operaciones de preservación y mantenimiento durante la explotación del banco de material.
- Compensar por el impacto ocasionado al reemplazar o sustituir recursos o ambientes también con métodos vegetativos para el control de la erosión o reforestando.

La mitigación por compensación puede llevarse a cabo con la creación o la mejoría de aquellas áreas que se predice brindará recursos de valor equivalentes a las áreas perdidas o alteradas por la misma explotación de los bancos de material.

Cualquiera de las alternativas que tomemos nos indican que debemos recurrir a la reforestación, la cual consiste en plantar árboles donde ya no existen o quedan pocos por condiciones climáticas o actividades humanas e incluso por la misma deforestación ocasionada al descubrir y explotar un nuevo banco de material; así como su cuidado para que se desarrollen adecuadamente. La regeneración de la cobertura arbórea induce el mejoramiento de la estructura, la fertilidad y la protección de los suelos, para reforestar existen técnicas siendo las siguientes:

- La reforestación puede ser implementada mediante diferentes técnicas con especies nativas o exóticas. La plantación y siembra directa son las más comunes, ver figura 6.

Figura 6. **Una persona reforestando un área con especies nativas, compensando de esa manera el impacto producido al talar árboles en otro lugar.**



- La plantación de especies locales o exóticas se basa necesariamente en viveros de árboles en donde se usan diferentes técnicas para mejorar los resultados de la plantación. Los costos son bastante altos.
- La siembra directa es una técnica de bajo costo pero su tasa de éxito es mucho más baja. Requiere semillas de alta calidad, pre-tratamiento de semillas y baja presión tanto de humanos como de animales.
- La propagación vegetativa (por retoños de tocones o usando chupones) es una técnica de bajo costo que necesita un mínimo control en el terreno para ser orientada y estimulada.
- Se pueden usar otras técnicas, tales como la regeneración asistida, la protección de islas arboladas para la producción y diseminación de semillas, o la protección temporal de la tierra contra los herbívoros.

- La introducción de árboles puede aplicarse siguiendo varios formatos:
 1. Lotes de reforestación (o parcelas): estos lotes tienen varias formas y superficies.
 2. Cercas vivas o plantación de árboles contiguos en el límite de campos o pasturas.
 3. Rompe-vientos y árboles de sombra.

La vegetación leñosa es más profunda que la herbácea, provee protección mayor contra el movimiento somero de masa y sirve para:

- Reforzar y estabilizar mecánicamente el suelo con sus raíces.
- Reducir la cantidad de agua en el suelo mediante transpiración e interceptación.
- Reforzar y fijar el suelo a través de las raíces.
- Reducir el impacto de las gotas de lluvia sobre la superficie del suelo.

Las barreras vivas de vegetación leñosa ofrecen otra aplicación útil para el control de erosión, se debe de sembrar en las barrenas en contorno para dispersar adecuadamente el agua. Esta práctica se usa mayormente como barrera para tierras agrícolas, control de erosión en laderas, áreas perturbadas tales como bancos de material o ponerlas atravesando el pie de una pendiente de relleno para atrapar sedimento. Una de las especies leñosas mas utilizadas para estos propósitos por su característica de echar raíces fácilmente es el Sauce de la familia Salix, muchas de estas variedades se encuentran alrededor del mundo, sin embargo, como existen muchas otras especies de plantas que también tienen estas características y están generalmente disponibles en la mayoría de las áreas. En el caso de Guatemala se tienen las siguientes especies como la Acacia Amarilla que se da en suelos ácidos o alcalinos y

arenosos o arcillosos a una altura de 0 hasta 1,500 metros de altura sobre el nivel del mar, el Aliso para lugares frescos cerca de ríos o sitios húmedos a una altura de 1,300 a 3,200 metros sobre el nivel del mar, el Aripín que tiene un rango amplio de sitios pero a una altura de 0 a 900 metros sobre el nivel del mar, la Casuarina que también se da en cualquier suelo y a una altura de 0 a 1,800 metros sobre el nivel del mar, el Cuje especial para suelos ácidos y calidos bien drenados con una altura de 0 a 1,000 metros sobre el nivel del mar, el Guachipilín que es para cualquier tipo de suelo a una altura de 0 a 1,500 metros sobre el nivel del mar, el Madre Cacao que es para cualquier tipo de suelo de una altura de 0 a 1,600 metros sobre el nivel del mar, el Nim para cualquier tipo de suelo especialmente el suelo pobre de nutrientes, es una especie no nativa pero se adapta muy bien a nuestro medio y para una altura de 0 a 1,500 metros sobre el nivel del mar. Los métodos vegetativos para el control de erosión y estabilización de suelos pueden realizarse en una variedad de maneras, y tener algunas ventajas muy significativas, este control utiliza materiales naturales y cuenta con las propiedades naturales de la vegetación para: amortiguar el impacto de la lluvia, disminuir la velocidad del agua, extraer la humedad del suelo y fortalecer el suelo con las raíces. Además, el costo de los materiales que se necesitan es relativamente económico, se puede cubrir un área grande y el resultado final es estético y natural. Este método de control de erosión vegetativo involucra el uso de especies herbáceas como los pastos, hierbajos y leguminosos, y leñosos como árboles, arbustos y malezas, usados preferentemente en combinación para resultados deseados. La vegetación herbácea, especialmente hierbajos y pastos, se usa para proveer protección a largo plazo contra la erosión superficial tanto de agua como eólica en las áreas expuestas, este tipo de vegetación ayuda en la prevención de erosión superficial de la siguiente manera:

- Fijar y amarrar las partículas de suelo en lugar mediante sistemas de raíces bien desarrolladas.
- Reducir el transporte del sedimento.
- Interceptar las gotas de lluvia.
- Disminuir la velocidad de agua superficial.
- Mejorar y mantener la capacidad de infiltración del suelo.
- Formar una capa densa de vegetación que cubra la superficie del suelo.

Algunos aspectos importantes que se deben de considerar en la planificación del control de erosión y el desarrollo de un plan de revegetación son los siguientes:

Tipo de vegetación: Escoger el tipo de vegetación y su fuente, ya que hay que considerar la ubicación, el clima, el tipo de suelo y su fertilidad y la época de la siembra.

Especies nativas: Utilizar especies nativas o disponibles localmente, como se adaptan y logran mejor en su sitio, se debe considerar la necesidad de establecer un vivero para aclimatar y adaptar plantas a las condiciones del área donde se encuentra ubicada la zona de la excavación.

Tipo de material: Considerar el uso de semillas, recortes o transplante de un semillero.

Selección de semilla: Se selecciona en base a su calidad, resistencia y propiedades de germinación. Se debe de determinar la cantidad requerida por área.

Preparación del sitio: Se prepara el sitio para la siembra, o los hoyos individuales, enmendando material necesario para promover el crecimiento.

Cuidado de las plantas: las plantas se manejan con cuidado y no permitirles que se sequen durante el almacenamiento, el transporte y la siembra.

Mantenimiento: Regar las plantas después de la siembra y cuando lo necesiten, protegerlas de animales, plagas y enfermedades, fertilizándolas ocasionalmente para lograr el crecimiento deseado. Se debe de planificar el mantenimiento del sitio por unos 6 meses hasta un año.

En Guatemala se cuenta con algunas gramíneas que se pueden utilizar para el control de la erosión en la explotación de bancos de material y son las siguientes: Bermuda, Grama de Gallina, para zonas ecológicas con alturas de 0 a 1,200 metros sobre el nivel del mar, Kikuyu con una altura de 1,000 a 3,000 metros sobre el nivel de mar, Zacatón o Zacate de Guinea para una altura de 0 a 1,500 metros sobre el nivel del mar, el Napier Enano que se da a una altura de 0 a 1,800 metros sobre el nivel del mar, Dáctilo que sirve para alturas de 1,200 a 3,000 metros sobre el nivel del mar, el Jaragua para una altura de 0 a 1,300 metros sobre el nivel del mar. La mayoría de los proyectos de revegetación no serán 100% exitosos, ya que se tendrán que reemplazar algunos de los árboles o arbustos que se mueren de enfermedades por ataques de animales o plagas o por condiciones climatológicas. Asimismo algunas áreas sembradas con pasto sufrirán lo mismo y tendrán que ser replantadas. Sin embargo una ventaja importante en la estabilización vegetativa es que con el tiempo, la vegetación adecuadamente seleccionada puede llegar a ser autosuficiente. (Ref. 2 y 10)

5.5 Manejo adecuado de desechos para evitar asolvamiento.

La generación de desechos sólidos y líquidos es parte indisoluble de las actividades de explotación de bancos de materiales y construcción de carreteras de terracería como también de pavimentos. Considerando que dentro de las etapas del ciclo de vida de los desechos sólidos y líquidos (generación, transportación, almacenamiento, recolección, tratamiento y disposición final), las empresas constituyen el escenario fundamental, en el que se desarrollan y se vinculan las diferentes actividades asociadas al manejo de los mismos. Resulta esencial el tratamiento acertado de los temas y su consideración de forma priorizada en el contexto de las actividades de Gestión Ambiental, a través de los cuales se potencie el establecimiento de esquemas de manejo seguro que garanticen un mayor nivel de protección ambiental, como parte de las metas y objetivos de los diferentes sectores productivos y de servicios, en función de la construcción de carreteras.

Se entiende por gestión de los desechos sólidos y líquidos a toda actividad técnica administrativa de planificación, coordinación, concertación, diseño, aplicación y evaluación de políticas, estrategias, planes y programas de acción de manejo apropiado de los residuos sólidos de ámbito nacional, regional, local y empresarial, para lo cual deberá seguir la empresa que explote un banco de material dentro de la gestión ambiental, con la finalidad de prevenir y/o minimizar los impactos ambientales que pueden ocasionar los desechos sólidos y los desechos líquidos.

En particular y por plan de manejo se entiende el conjunto de operaciones encaminadas a darles el destino más adecuado desde el punto de vista medioambiental de acuerdo con sus características, que incluye entre otras las operaciones de generación, recogida, almacenamiento, segregación, tratamiento, recolección y transporte, disposición final y reciclaje.

Generación: Es la producción de desechos sólidos y líquidos en la actividad de explotación de bancos de material y/o construcción de carreteras, pueden ser también otros tipos de trabajos.

Almacenamiento: Es toda operación conducente al depósito transitorio de los desechos sólidos y líquidos, en condiciones que aseguren la protección al medio ambiente y a la salud humana. Acumulación de los desechos sólidos en los lugares de generación de los mismos o en lugares aledaños a estos y almacenamiento en depósitos para los desechos líquidos, donde se mantienen hasta su posterior recolección.

Segregación: proceso de selección o separación de un tipo de desecho específico con el objetivo de clasificar por categoría al residual sólido. En el caso de los desechos líquidos un recipiente para aceites quemados en general.

Tratamiento: conjunto de proceso y operaciones mediante los cuales se modifican las características físicas, químicas y microbiológicas de los residuos sólidos y líquidos, con la finalidad de reducir su volumen en el caso de los desechos sólidos y las afectaciones para la salud del hombre, los animales y la contaminación del medio ambiente.

Recolección y transportación: traslado de los desechos sólidos y líquidos en vehículos destinados a este fin, desde los lugares de almacenamiento hasta el sitio donde serán dispuestos, con o sin tratamiento.

Disposición final: Procesos u operaciones para tratar o disponer en un lugar los residuos sólidos como última etapa de su manejo en forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura. Para el caso de los desechos líquidos su disposición final será la entrega a empresas que se dedican al reciclaje de los aceites y otros tipos de líquidos.

Los objetivos del plan de manejo de los desechos sólidos y líquidos para evitar asolvamiento y contaminación son:

- Cumplir con las regulaciones ambientales vigentes.
- Eliminar o minimizar los impactos generados por los desechos en el medio ambiente y la salud de la población.
- La protección al medio ambiente, incentivando a los trabajadores a desarrollar innovaciones para reducir la generación de los desechos e implementar una adecuada disposición final.
- Monitorear adecuadamente el plan de manejo de desechos sólidos para asegurar su cumplimiento.

Las actividades de un mal manejo de los desechos pueden ocasionar problemas de asolvamiento a las corrientes de agua superficial que se ubican al fondo de las áreas quebradas, principalmente sobre la cuenca de los ríos. El recurso suelo puede ser afectado también, ya que su uso potencial disminuye al incorporarle desechos sólidos y líquidos. A lo largo de los proyectos los sitios para disposición final de los desechos, tanto sólidos como líquidos, son inexistentes, debido a que la mayor parte del área aledaña está dedicada a la agricultura, además de que en las áreas planas se asientan varias comunidades.

➤ **Identificación de los desechos sólidos**

Desechos sólidos orgánicos o desechos biodegradables que son putrescibles: desechos de la tala de árboles, destronque y chapeo al limpiar un banco de material, desechos de jardinería, residuos agrícolas, animales muertos, huesos, otros biodegradables excepto la excreta humana y animal.

Desechos sólidos inorgánicos, considerados genéricamente como "inertes", en el sentido que su degradación no aporta elementos perjudiciales al medio

ambiente, aunque su dispersión degrada el valor estético del mismo y puede ocasionar accidentes al personal:

- Desechos sólidos generales: papel y cartón, vidrio, cristal y cerámica, desechos de metales y/o que contengan metales, madera, plásticos, gomas y cueros, textiles (trapos, gasas, fibras).
- Desechos sólidos pétreos: piedras, rocas, escombros de demoliciones y restos de construcciones, cenizas, desechos de tablas o planchas resultado de demoliciones.
- Desechos industriales: La cantidad de residuos que genera una industria es función de la tecnología del proceso productivo, calidad de las materias primas o productos intermedios, propiedades físicas y químicas de las materias auxiliares empleadas, combustibles utilizados y los envases y embalajes del proceso, entre estos están los de la industria básica, textil, maquinarias, automovilística, goma y curtido de cueros, petróleo, química, alimenticia, eléctrica, transporte, agrícola, etc.
- Desechos peligrosos: todas aquellas sustancias, materiales u objetos generados por cualquier actividad que, por sus características físicas, biológicas o químicas, puedan representar un peligro para el medio ambiente y la salud humana.

➤ **Medidas de mitigación para desechos sólidos**

Existen los botaderos de desechos que son sitios, sin preparación previa, donde se depositan los desechos, en el que no existen técnicas de manejo

adecuadas y en el que no se ejerce un control y representa riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

La medida de mitigación para el recurso del agua y el suelo es tener en el proyecto estructuras para el manejo de los desechos sólidos como la basura y no depositarlos en sitios en donde puedan contaminar el agua, el suelo y a la salud humana. Por ejemplo un relleno sanitario, que es una técnica de eliminación final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia ni peligro para la salud y seguridad pública, tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de terminado el mismo.

Relleno sanitario manual: Es aquél en el que sólo se requiere equipo pesado para la adecuación del sitio y la construcción de vías internas, así como para la excavación de zanjas, la extracción y el acarreo y distribución del material de cobertura. Todos los demás trabajos, tales como construcción de drenajes para lixiviados y chimeneas para gases, así como el proceso de acomodo, cobertura, compactación y otras obras conexas, pueden realizarse manualmente.

Relleno sanitario mecanizado: Es aquél en que se requiere de equipo pesado que labore permanentemente en el sitio y de esta forma realizar todas las actividades señaladas en el relleno sanitario manual, así como de estrictos mecanismos de control y vigilancia de su funcionamiento.

Incinerador: Instalación o dispositivo destinado a reducir a cenizas los desechos sólidos y otros residuos, reduciendo el volumen original de la fracción combustible de los residuos sólidos del 85-95 %.

El material pétreo para la construcción de caminos se deberá depositar en áreas alejadas de los cuerpos de agua y donde no queden expuestos a erosión. Estas áreas son casi inexistentes, los desechos sólidos se deben de manejar y disponer en lugares especiales donde no produzcan mayor daño al ambiente,

por lo que la construcción de obras de conservación de suelos por medio de terrazas, es importante para evitar para que los materiales corran libremente hacia las quebradas y los materiales se asienten en el fondo.

➤ **Medidas de mitigación para desechos líquidos**

En cuanto a los desechos líquidos, como lubricantes, combustibles y otros derivados del petróleo y productos químicos, se debe de prohibir su disposición en el suelo y en el agua, ya que su libre corrimiento de los mismos contamina el suelo y lo vuelve estéril al igual que al agua que la vuelve turbia y pesada. El manejo adecuado y su disposición final de los desechos líquidos provenientes del mantenimiento de la maquinaria y equipo, puede ser el establecimiento de estructuras como toneles o recipientes para su posterior traslado a centros de reciclaje.

Los aceites lubricantes usados, tanto de procedencia industrial como los empleados en maquinaria, están considerados en la normativa vigente como un residuo especial o residuo tóxico y peligroso, dado su contenido en metales pesados, y su capacidad de contaminación de las aguas. Como tal, la normativa ambiental exige la adecuada gestión de los mismos. Se pueden distinguir cuatro tipos de alternativas para la gestión de aceites usados:

- Los procesos de reciclaje, que mediante distintos tratamientos del residuo, permiten la recuperación material de las bases lubricantes presentes en el aceite original, de manera que resulten aptas para su reformulación y utilización.
- Los procedimientos de reciclaje a combustible, utilizable en motores diesel de generación eléctrica.

- La valorización energética como combustible óleo industrial, ya sea por combustión directa o con pre-tratamiento del aceite (separación de agua y sedimentos).
- Los procedimientos de destrucción del residuo por incineración que sería en último caso, cuando por análisis de laboratorio se compruebe que el aceite contenga un excedente de 50 ppm de PCB, generalmente no se han encontrado este tipo de casos en las compañías que reciclan.

Cada una de las alternativas generales de gestión, presenta múltiples alternativas técnicas para llevar a cabo las operaciones de regeneración o reciclaje. Estas alternativas se basan en la ventaja ambiental de los procesos actuales de reciclaje, por su mayor ahorro de materias primas, menores emisiones y olores, y menor producción de residuos o efluentes. (Ref. 11,12 y 13)

5.6 Protección de bancos de material por medio de canales y trampas de sedimentación.

Cuando se explota un banco de material, tanto en la etapa de explotación, como en la etapa de abandono, éste queda expuesto a la intemperie y por lo mismo tiende a erosionar, luego de la erosión produce un problema mas grave y es la sedimentación, la sedimentación es el proceso por el cual el material sólido, transportado por una corriente de agua, se deposita en el fondo del río, embalse, canal artificial, o dispositivo construido especialmente para tal fin. Toda corriente de agua, caracterizada por su caudal, tirante de agua, velocidad y forma de la sección tiene una capacidad de transportar material sólido en suspensión.

El cambio de alguna de estas características de la corriente puede hacer que el material transportado se sedimente, en el caso de los ríos, mares o viento el material se deposita cuando el movimiento en el medio se reduce por debajo de la velocidad de posición la carga. En geomorfología consideramos dos tipos de sedimentación en virtud de las características de los materiales que se depositan la sedimentación continental y la sedimentación marina. Los sedimentos continentales se caracterizan por ser gruesos y angulosos. La fragmentación y la pérdida de ángulos depende la cantidad de golpes que recibe el fragmento, y este es menor en un medio continental que en un medio marino. Los sedimentos marinos se caracterizan por ser más finos y redondeados, producto de continuo golpeo entre los fragmentos.

El control de la erosión se puede realizar por una combinación de medidas físicas. Las medidas físicas se usan generalmente para el control de explotación de bancos de material, construcción de carreteras y muchas actividades que perjudican a la tierra. El control de erosión involucra muchos diseños para reducir al mínimo problemas de erosión que posteriormente se convierten en sedimento. La mayoría de métodos o medidas de cómo mitigar este impacto caen dentro de tres categorías.

- Los métodos que controlan y dirigen el agua, esos incluyen estructuras de control de drenaje tales como los diques que vimos en este capítulo inciso 5.3, canales de desagüe, desagües revertidos, protector de sedimento, etc.
- Los que proveen protección de superficie contra la erosión, que son las que protegen la superficie del suelo, tales como paja, cubiertas plásticas o geotextiles, piezas de madera como el aserrín o viruta, mallas o redes, también block de hormigón o concreto para utilizarlo en pendientes fuertes, no es generalmente deseable por su alto costo de estabilización, aunque sea muy efectiva. Pero la mayoría de estas

medidas son temporarias, duraran de unos meses hasta un par de años, mientras otras ofrecen una protección a largo plazo pero son muy caras.

- Los métodos que modifican la estructura del suelo o la superficie, estas medidas cambian la superficie del suelo, o el suelo mismo para hacer mas resistente a la erosión. Esto incluye compactación del suelo, uso de estabilizadores y selladores del suelo. La compactación del suelo y subsiguiente densificación del material mejora su resistencia a la erosión y al movimiento de partícula. Desafortunadamente para los propósitos de estabilización por métodos vegetativos, la compactación desalienta el crecimiento de las plantas. El nivel de protección proporcionado contra la erosión es considerado de bajo o medianamente bueno. También existen en el mercado una amplia variedad de productos químicos para estabilizar y sellar el suelo. La mayoría de los productos de cemento promocionan la densificación para lograr una superficie dura, duradera, no porosa y no erosiva. Los productos requieren que se revuelva con el suelo afectado, estos productos incluyen asfalto petróleo, cemento, enzimas, resinas, y otros químicos. Algunos pueden ser efectivos pero caros y restringen el crecimiento vegetativo. Por eso no son 100% recomendables para mitigar el impacto en un área expuesta a la intemperie.

Cualquier medida que dirige agua fuera de áreas erosivas, que dispersa agua antes de que se concentre, y que reduce la velocidad del agua puede disminuir la cantidad de erosión.

Los desagües: Se usan para interceptar las correntadas y desviarlas a una salida estable o un área estabilizada, también se usan para prevenir el escurrimiento entre un área perturbada, y para dirigir el escurrimiento cargado de sedimento fuera del área perturbada. Esta la podemos utilizar especialmente para áreas sin vegetación con poca pendiente o planas.

Estructuras para estabilización de flujo de desagües: Se usan para transportar el escurrimiento concentrado de alta velocidad hacia abajo de un talud sin ocasionar erosión. Es utilizada para estructuras donde existieron cortes como los bancos de material, taludes y hasta rellenos.

Zanjas o canales de infiltración: Las zanjas o canales de infiltración son estructuras conservacionistas que tienen la finalidad de captar, controlar e infiltrar en el suelo las aguas del escurrimiento. En lugares donde las lluvias fuertes causan exceso de escurrimiento, las zanjas pueden ser diseñadas con un desagüe. También se llaman zanjas o canales de ladera, estas pueden rodear el área afectada, es decir que normalmente se colocan en contorno, las zanjas de en contorno tienen pendientes del 0% con la parte lateral abierta, también con pendientes ligeras de 0.5% pero con pequeños diques de tierra en la zanja. También se utilizan para ayudar al establecimiento de árboles.

Cámaras de sedimentación: Se usan para atrapar y retener el escurrimiento para permitir la sedimentación de las partículas en suspensión. Estas las podemos utilizar en la estabilización de rellenos, bancos de material expuestos a intemperie y es muy eficiente en áreas donde no existe vegetación con poca pendiente.

La trampa de sedimentación: Es una estructura física establecida para hacer seguimiento a los efectos de actividades que pueden tener influencia en la estabilidad del suelo, es este caso utilizamos estas medidas para estabilizar bancos de material. Se construye cierto número de trampas o estacas situadas estratégicamente en el suelo, de modo tal que el movimiento de éste puede medirse y registrarse periódicamente. Pueden cavarse pequeños fosos del mismo tamaño y reforzarse con algún material sólido. Las trampas pueden

situarse por debajo de los terrenos que han sido objeto de una intervención forestal o explotación del terreno o banco de material, laderas y movimientos de tierras.

Cercas de protección de limo: se usan para interceptar y detener el sedimento transportado en el escurrimiento proveniente de áreas perturbadas y de taludes mientras disminuyen su velocidad de corriente. No son muy efectivas pero se pueden utilizar en zonas de explotación que este a nivel del suelo y que la pendiente sea no mayo de un 3%.

Diques de contención: Se usan para reducir la velocidad de corriente concentradas en bajíos, cárcavas o zanjas que desaguan áreas pequeñas. Son excelentes para contrarrestar las zanjas o cárcavas, que generalmente se produjeron en el abandono de bancos de material.

Desagües Revestidos: Se usan como estructuras permanentes para interceptar el escurrimiento y transportarlo a una salida estable sin socavación en el fondo del suelo.

Zampeados: Se usan para reforzar una vía fluvial de agua o proteger una salida contra las fuerzas erosivas, así como también proteger la superficie del suelo.

Disipadores de Energía: Se usan para convertir el flujo de tubo a un flujo de canal y reducir la velocidad del agua donde las salidas de desagües o drenajes de aguas pluviales descargan en riachuelos y otros canales de drenaje.

Desagües transversales o sub-drenajes: Se usan para prevenir que el escurrimiento alcance el agua subterránea y el movimiento de agua en un área húmeda, o regular el manto acuífero y el flujo de agua subterránea. En realidad no son efectivos para proteger bancos de material explotados, comúnmente se utilizan para proteger carreteras en la exposición a sitios húmedos. (Ref. 2 y 10)

6. EJEMPLO DE CÓMO MITIGAR EL IMPACTO AMBIENTAL, EL PROYECTO PILOTO DE CAMINOS RURALES DEL ALTIPLANO DE SAN MARCOS, TRAMO “PUENTE CANZELA – ALDEA CANZELA” FINANCIADO POR EL BANCO MUNDIAL.

Información general:

- A. El organismo responsable es el Instituto de Fomento Municipal (INFOM).
- B. El personal que participo en el Estudio Ambiental, realizado por especialistas ambientales.
- C. Nombre y naturaleza del proyecto: Obra de Rehabilitación del Proyecto Piloto de camino rural del Altiplano de San Marcos, Municipalidad de San Miguel Ixtahuacán, proyecto de balasto. La identificación del impacto ambiental se refiere la explotación del banco de material.
- D. Objetivos del formulario ambiental
- Objetivo general
Recomendar durante la fase de estudios, las medidas tendientes a disminuir el deterioro del medio ambiente como resultado del balastado de la carretera, detectar medidas de mitigación y compensación ambiental cuyos costos deben de considerarse en los estudios económicos de los proyectos.

- **Objetivos específicos**

Determinar el área de influencia ambiental y su contexto social, cultural y natural.

Evaluar los diferentes impactos ambientales en fase de preparación, de operación y de abandono del banco de material.

Diseñar medidas de mitigar impactos.

E. Base legal

Artículo 97. Medio Ambiente y equilibrio ecológico y artículo 119. Obligaciones del Estado. Constitución Política de la República de Guatemala.

Artículo 8. (Reformado por el Decreto Legislativo 1-93) Decreto 68-86 (y sus modificaciones contempladas en el Decreto 90-2000), Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.

Artículo 347 A, Contaminación. Código Penal, Decreto 33-96 Reformas al Código Penal.

Decreto 35-95.

Reglamento Sobre Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental de la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA)

F. Ubicación del Proyecto

El proyecto se localiza en el Departamento de San Marcos, en el Municipio de San Miguel Ixtahuacán, Aldea Canzela.

Descripción general del proyecto:

A. Descripción de las vías de acceso, se hace mediante caminos rurales, algunos con recubrimiento de material pétreo.

- B. Capacidad del Proyecto, de acuerdo al tránsito actual y al futuro, el diseño se ajustará a una carretera rural balastada, según normas del Departamento de Ingeniería, División de Planificación y Estudios de la Dirección General de Caminos.
- C. Justificación del Proyecto, aumentará la productividad del área, el número de vehículos automotores, se brindará un mejor acceso a centros de salud y hospitales, ahorrando tiempo y dinero.

Identificación y valoración de impactos:

A. Metodología y técnicas de evaluación empleadas

Como método cualitativo se utilizó la matriz de Leopold, que contiene actividades típicas de preparación, operación y abandono del banco de material. Esta matriz fue seleccionada por considerarla un instrumento adecuado para la identificación de posibles impactos ambientales y la atención de los mismos, en un medio físico, medio ambiente y medio socioeconómico.

B. Factores Ambientales Evaluados

- Tierra
- Agua
- Aire
- Flora
- Fauna
- Uso del territorio
- Recreativos

- Estético de interés humano
- Calidad de vida
- Servicios

C. Actividad Típica de la explotación del banco de material:

- Preparación del sitio con la limpia y chapeo.
- Explotación del banco del material
- Acarreo
- Disposición de material no clasificado

D. En la matriz de Leopold modificada correspondiente a las tablas V, VI y VII, se identifican los impactos ambientales, donde se indican las acciones que tiene lugar el proyecto, producto de la explotación de banco de material.

Para calificar trazamos una barra diagonal en cada intersección, en caso de que haya un posible impacto; en la esquina superior izquierda se califica de 1 a 5 la Magnitud del posible impacto, donde 5 representa la máxima magnitud y uno la mínima. En la esquina inferior derecha, se califica de 1 a 5 la Importancia del posible impacto, donde 5 representa la máxima importancia y 1 la mínima. Se suman ambos valores y si el resultado es mayor o igual a 5, considerar el impacto **SIGNIFICATIVO**, donde se describe a detalle y se propone la medida de mitigación.

En las tablas VIII y IX se describen las medidas de mitigación conducentes. Para determinar los impactos ambientales y la implantación de las medidas de mitigación inherentes, correspondió a la empresa que ejecuto el proyecto, en este caso el banco de material es virgen, como consecuencia los impactos

causados y las medidas de mitigación deberán sumarse a los impactos causados por la construcción de carreteras.

Tabla V. **Método de matriz de Leopold, medio físico de la explotación de un banco de material.**

MEDIO FÍSICO

IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS CARRETEROS

MATRIZ BANCO DE MATERIALES

| | | Localización | Exploración | Análisis y muestreo | Despalme y limpieza | Afije de material | Excavación con equipo | Excavación con explosivos | Explotación del material | Carga y transporte del material | Abandono |
|----|--------------------------|--------------|-------------|---------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------------|----------|
| | TIERRA | | | | | | | | | | |
| a. | Recursos Minerales | | 1/1 | 2/2 | 2/5 | | 3/5 | 3/5 | | 2/2 | |
| b. | Material de Construcción | 1/1 | 1/1 | | | | | 3/5 | | 2/2 | |
| c. | Suelos | | 2/2 | 3/5 | 2/5 | 3/3 | | 3/5 | 3/5 | | |
| d. | Relieve | | | | | 3/5 | 3/5 | 3/5 | | | |
| e. | Sismología | | | | | | | | | | |
| | AGUA | | | | | | | | | | |
| a. | Superficiales | | | | 4/5 | 4/5 | 4/5 | 3/5 | | | |
| b. | Subterráneas | | | | | 3/5 | 3/5 | 2/2 | | | |
| c. | Calidad | | | | | | | 2/2 | | | |
| d. | Recarga de Acuíferos | | | | | | | | | | |
| | AIRE | | | | | | | | | | |
| a. | Calidad | | | | | | 3/2 | 2/2 | 2/2 | | |
| b. | Microclima | | | 2/1 | | | | | | | |
| c. | Ruido | | | | | 3/2 | 3/2 | | 2/1 | | |

Tabla VI. Método de matriz de Leopold, medio ambiente de la explotación de un banco de material.

MEDIO AMBIENTE

IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS CARRETEROS

MATRIZ BANCO DE MATERIALES

| | | Localización | Exploración | Análisis y muestreo | Despalme y limpieza | Afije de material | Excavación con equipo | Excavación con explosivos | Explotación del material | Carga y transporte del material | Abandono |
|----|-----------------------|--------------|-------------|---------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------------|----------|
| | FLORA | | | | | | | | | | |
| a. | Árboles | | 1/1 | | 2/2 | | | | | | |
| b. | Arbustos | | 1/1 | | | | | | | | |
| c. | Hierbas y pastos | | | 2/3 | 2/2 | | | 3/5 | 4/5 | | |
| d. | Cultivos | | | 2/3 | | | | | | | |
| e. | Plantas Acuáticas | | | | | | | | | | |
| f. | Especies en Extinción | | | | | | | | | | |
| | FAUNA | | | | | | | | | | |
| a. | Aves | | 1/1 | 2/2 | | | | | | | |
| b. | Animales terrestres | | 1/1 | 2/2 | 2/2 | | | | | | |
| c. | Insectos | | | 2/2 | 2/2 | | | | | | |
| d. | Especies en Extinción | | | | | | | | | | |

Tabla VII. Método de matriz de Leopold, medio socio económico de la explotación de un banco de material.

MEDIO SOCIOECONÓMICO

IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS CARRETEROS

MATRIZ BANCO DE MATERIALES

| | | Localización | Exploración | Análisis y muestreo | Despalme y limpieza | Afije de material | Excavación con equipo | Excavación con explosivos | Explotación del material | Carga y transporte del material | Abandono |
|----|---------------------------------------|--------------|-------------|---------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------------|----------|
| | USOS DEL TERRITORIO | | | | | | | | | | |
| a. | Espacios abiertos y silvestres | 1/1 | | 2/2 | | 2/2 | | 2/2 | 2/2 | 2/2 | |
| b. | Sélvicultura | | | | | | | | | | |
| c. | Pecuario | | | | | | | | | | |
| d. | Agrícola | | | | | | | | | | |
| e. | Zona residencial | | | | | | | | | | |
| f. | Zona comercial | | | | | | | | | | |
| g. | Zona industrial | | | | | | | | | | |
| | RECREATIVOS | | | | | | | | | | |
| a. | Caza | | | | | | | | | | |
| b. | Balnearios | | | | | | | | | | |
| c. | Campamentos | | | | | | | | | | |
| d. | Zonas de excursión | 2/3 | | | | | | | | | |
| | ESTETICO Y DE INTERÉS HUMANO | | | | | | | | | | |
| a. | Vistas panorámicas y paisajes | | | | | 2/2 | | 2/2 | 2/2 | 2/2 | |
| b. | Ecosistemas únicos | | | | | | | | | | |
| c. | Parques, reservas, y monumentos | | | | | | | | | | |
| d. | Sitios históricos y arqueológicos | | | | | | | | | | |
| | CALIDAD DE VIDA | | | | | | | | | | |
| a. | Estilos de vida (patrones culturales) | | | | | | | | | | |
| b. | Salud y seguridad | | | | | | | | | | |
| c. | Empleo | 2/2 | 2/2 | 4/3 | 4/3 | 4/3 | 4/3 | 4/3 | 4/4 | 1/1 | |
| d. | Densidad de población | | | | | | | | | | |
| | SERVICIOS | | | | | | | | | | |
| a. | Infraestructura | | | | | | | | | | |
| b. | Red de transportes | | | | | | | | 3/2 | | |
| c. | Red de servicios | | | | | | | | | | |

Tabla VIII. **Medidas de mitigación.**

IMPACTOS SIGNIFICATIVOS
SELECCIÓN Y PREPARACIÓN DEL BANCO

| CARACTERÍSTICAS DEL AMBIENTE | ACTIVIDADES DE LA OBRA | IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS | MEDIDAS DE MITIGACIÓN |
|------------------------------|--|---|---|
| A. TIERRA | | | |
| 1. Suelos | Despalme y limpieza | Eliminación de la cubierta vegetal y suelo superficial. Impacto irreversible y permanente | En la etapa de abandono se puede restituir el suelo |
| B. CALIDAD DE VIDA | | | |
| 1. Empleo | Despalme y limpieza, afloje de material. | Generación de empleo | Impacto positivo |

OPERACIÓN

| | | | |
|-----------------------|---|---|---|
| A. TIERRA | | | |
| 1. Relieve | Excavación con explosivos y con equipo, explotación del material, carga y transporte del material | Disminución del recurso, impacto irreversible | Ninguno, solo una adecuada selección del banco puede minimizar el impacto |
| B. AGUA | | | |
| 1. Aguas subterráneas | Excavación con equipo y excavación con explosivos | Modificación de los drenajes naturales. | Ninguno, sólo una adecuada selección del banco puede evitar el impacto. |

Continúa

| C. FLORA | | | |
|---------------------|--|--|--|
| 1. Hierbas y pastos | Explotación del material y carga de transporte de material | Eliminación de la flora característica. Disminución de la productividad primaria de la vegetación aledaña a caminos de acceso y de la influencia del proyecto, por la disposición del polvo en el área foliar, con disminución de la función fotosintética y respiratoria de las plantas. | Ninguno, en la etapa de explotación, posible restitución en la etapa de abandono, utilizar vehículos cubiertos o manejar los materiales en húmedo respecto a la carga y transporte del material. Establecer procedimientos adecuados en el manejo de los materiales para evitar emisiones fugitivas de polvo. |

Tabla IX. **Medidas de mitigación.**

IMPACTOS NO SIGNIFICATIVOS

| CARACTERÍSTICAS DEL AMBIENTE | ACTIVIDADES DE LA OBRA | IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS | MEDIDAS DE MITIGACIÓN |
|---|---|--|---|
| A. TIERRA | | | |
| 1. Recursos minerales, material de construcción y suelos. | Localización, explotación, análisis y muestreo, despalle y limpieza, afloje de material, excavación con equipo, abandono. | Agotamiento del recurso | Planeación adecuada del uso de los recursos. |
| B. AGUA | | | |
| 1. Recarga de acuíferos, calidad de las aguas subterráneas. | Explotación del material, | Modificación de los patrones naturales de recarga de aguas y drenajes subterráneos con posible disminución del recurso | Durante la selección del sitio tomar en cuenta la información geohidrológica del lugar, y seleccionar bancos de materiales en lugares donde el nivel freático sea muy profundo. |
| C. AIRE | | | |
| 1. Ruido | Excavación con equipo, con explosivos y durante la carga y transporte de material. | Generación de ruido durante la utilización de maquinaria y explosivos. | Ninguno, es un impacto significativo pero de corta duración. |

Continúa

| D. FLORA | | | |
|--|---|--|--|
| 1. Vegetación | Exploración, análisis y muestreo, despalme y limpieza, aflore del material. | Perdida de la cubierta vegetal. | Efecto irreversible y permanente. Sin medida de mitigación. Puede considerarse una medida compensatoria en una zona de influencia del proyecto, reforestando el área con especies endémicas. Como medida preventiva, previo al inicio de la explotación del banco de material, realizar un programa de rescate de vegetación que considere especies en peligro de extinción u otras que incluyan desplante, transporte y resiembra así como el seguimiento del éxito del reimplante. |
| E. FAUNA | | | |
| 1. Aves, animales terrestres e insectos. | Exploración, análisis y muestreo, despalme y limpieza, afloje de material. | Desplazamiento de la fauna por pérdida del eslabón primario de la cadena alimenticia (vegetación). | Restituir la vegetación como medida compensatoria en la etapa de abandono para crear nuevamente un hábitat para la fauna desplazada. |
| F. ESTÉTICOS Y DE INTERÉS HUMANO | | | |
| 1. Vistas panorámicas y paisajes. | Excavación con equipos, explotación de material, carga y transporte de material y abandono del banco. | Perdida de la armonía visual. | Ninguno, impacto irreversible y permanente. |
| G. SERVICIOS | | | |
| 1. Red de transportes | Carga y transporte de material | Creación y caminos de acceso. | Evitar el paso cerca de poblaciones. |

Medidas de Mitigación para el banco de material para el Proyecto Piloto de Caminos Rurales Del Altiplano de San Marcos, tramo “Puente Canzela – Aldea Canzela” financiado por el Banco Mundial:

Dentro de los resultados obtenidos, las medidas de mitigación se recomiendan: la extracción de material preferentemente en aquellos bancos de material que se encuentran en explotación. Esto evitará afectaciones a la vegetación, la fauna y al uso del suelo. Concluida la extracción del material se procederá a mitigar los impactos mediante una reforestación con especies arbóreas adecuadas, de manera tal que el área no quede expuesta a erosión.

Asimismo se recomienda instalar barreras de contención o albercas para retención de materiales y evitar la erosión. En el caso de la existencia de bancos de material en explotación y que las especificaciones de los materiales cubran lo requerido por el proyecto, se aprovecharán preferentemente estos bancos. Para nuevos bancos de material, es recomendable el aprovechamiento de aquellos que se encuentran más cercanos al trazo del proyecto y que no se localizan dentro de zonas de patrimonio natural, ni cerca de asentamientos humanos. Se recomienda que en la etapa de abandono se trate de rehabilitar las áreas ocupadas por los bancos de materiales, con el objeto de recuperar sus condiciones originales en lo posible, en lo que se refiere a cubierta vegetal y fauna asociada. Con respecto a la hidrología, se deben de minimizar con obras de ingeniería las modificaciones a los patrones de drenaje, con el objeto de no modificar las características de los mantos freáticos.

CONCLUSIONES

1. La selección adecuada de los sitios de explotación de bancos de materiales es una forma importante para minimizar impactos al ambiente, por las actividades asociadas, enfatizando que no se desarrollen bancos de materiales en zonas con ecosistemas frágiles o que incluyan especies raras o en peligro de extinción, o bien que cuenten con atractivos turísticos, monumentos históricos, sitios arqueológicos o características culturales importantes.
2. Se conoció el método de cómo proceder a analizar el estudio de impacto ambiental mediante un ejemplo en el capítulo seis de este trabajo de graduación, para la explotación de un banco de material, con la matriz de Leopold modificado, se concluye que la identificación de los impactos ambientales mayormente observados se dan en la fase de operación, y éstos son en su mayoría de tipo recuperable y temporal, siempre que se apliquen a cabalidad las medidas de mitigación recomendadas.
3. Se conocieron varias formas y procesos constructivos que son factibles de implementar al momento de explotar un banco de material y tener como resultado un beneficio para las comunidades como para el medio ambiente.

RECOMENDACIONES

1. Siempre que sea posible utilizar bancos de materiales existentes.
2. Utilizar los planes de ordenamiento ecológico regionales, como información para la toma de decisiones en la selección de los sitios de ubicación de los bancos de materiales.
3. Crear un inventario nacional de bancos de material, para evitar su apertura en los casos en donde no sea necesario y así evitar generar nuevos bancos que agoten los recursos existentes y generen impactos negativos al ambiente.
4. En la etapa de abandono, restituir las condiciones originales del sitio en lo relativo al suelo, flora y fauna asociada.
5. A las Autoridades e Instituciones del País que desarrollan la construcción y el mantenimiento de las carreteras, establecer normas obligatorias a los entes ejecutores, para que cuando exploten un banco de material, sobre todo en la áreas rurales y a un lado de las carreteras, se realicen formas de mitigar impacto y evitar derrumbes, ya que este tipo de desastres se ve frecuentemente en época de invierno, quedando mucha gente sin acceso o salida a sus comunidades.

REFERENCIA

1. BAIRES, S Y LUNGO, **Crecimiento urbano, riesgos ambientales y desastres**. FUNDAE Alternativas para el desarrollo No.29, 1995
2. LUNGO, M Y POHL, L, **Las acciones de prevención y mitigación de desastres**. Un sistema de construcción. Capitulo 2.
3. CIECA. **Manual Centro Americano de Especificaciones para la Construcción de Carreteras y Puentes Regionales**. Consejo sectorial de Ministros de Transporte de Centro América. 2001.
4. PONS, Gabriel; AMAYA, Efraín; y SORTO, Mario. **Diagnóstico y plan de acción para el saneamiento de los ríos del AMSS y manejo de la cuenca del río Acelhuate**. SEMA-CUD, septiembre de 1993.
5. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA. **Legislación Ambiental Guatemalteca**.
6. DEL VALLE, José Manuel. **Sistemas y Elementos Ambientales**. Evaluación de Impacto Ambiental Modulo IV, Colegio de Ingenieros de Guatemala. CEDUCA 2002.
7. MUCH SANTOS, Zenón. **Evaluación de los Sistemas y Elementos Ambientales**. Evaluación de Impacto Ambiental Modulo V, Colegio de Ingenieros de Guatemala. CEDUCA 2002.
8. GODINEZ, Rodolfo. **Sistemas y Elementos Ambientales Visuales**. Evaluación de Impacto Ambiental Modulo VI, Colegio de Ingenieros de Guatemala. CEDUCA 2002.
9. GUZMAN SHAUL, Vicente. **Gestión Ambiental**. Evaluación de Impacto Ambiental Modulo VII, Colegio de Ingenieros de Guatemala. CEDUCA 2002.

10. GORDON KELLER, GERALD BAUER & ALDANA, Mario. **Caminos Rurales con Impactos Mínimos.** Forest Service Department of Agriculture USA. Y Caminos, 2000.
11. SENER, Proceso Sener Interline de Regeneración de Aceites Usados, 2003.
12. Norma técnica obligatoria nicaragüense ambiental para el manejo, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no – peligrosos. Nicaragua 2002.
13. Reglamento especial sobre el manejo integral de los desechos sólidos.
14. OYARZUN R. **Labores del geólogo en una mina.** Chile. 1997.
15. CIECA. **Manual Centro Americano de Especificaciones para la Construcción de Carreteras y Puentes.** Consejo Sectorial de Ministros de Transporte de Centro América. 2001.

BIBLIOGRAFÍA

1. RICO RODRIGUEZ, Del Castillo Mejía. **La ingeniería de suelos en las Vías Terrestres. Vol. 1** Décimo cuarta reimpresión, Limusa, Grupo Noriega Editores 1998.
2. RICO RODRIGUEZ, Del Castillo Mejía. **La ingeniería de suelos en las Vías Terrestres. Vol. 2** Décimo cuarta reimpresión, Limusa, Grupo Noriega Editores 1998.
3. CRESPO VILLALAZ, Carlos. **Mecánica de suelos y cimentaciones**. Quinta reimpresión de la cuarta edición, Limusa, Grupo Noriega Editores 1996.
4. MERRITT, Frederick; LOSTIN, Kent. & RICKETTS, Jonathan. **Manual del Ingeniero Civil**. Traducción y revisión técnica, Cuarta edición. Mc.Graw – Hill.
5. BANCO MUNDIAL. **Libro de Consulta para Evaluación Ambiental**, Volumen I, II, y III. Departamento de Medio Ambiente. Primera impresión, 1991.
6. MARJORIBANKS, R. **Geological methods in mineral exploration and mining**. Chapman & Hall, London, 115 pp. 1997.

ANEXOS

DISPOSICIONES ESPECIALES AMBIENTALES, DE CAMINOS RURALES CON PRÉSTAMOS DEL BANCO MUNDIAL.

Se definen como las prevenciones y acciones que el Contratista está obligado a cumplir durante el período de construcción.

DEA-1. PROTECCIÓN DE LA VEGETACIÓN Y SIEMBRA DE ÁRBOLES EN CARRETERAS

- 1.1. El Contratista debe proteger toda la vegetación (como árboles, arbustos, grama) y las áreas adyacentes al mismo, que no necesitan ser removidas o que no interfieren razonablemente con la ejecución de la obra.
- 1.2. El Contratista debe eliminar aquellos árboles y arbustos que le han sido específicamente autorizados. Antes de cortar la vegetación se debe marcar la misma, medir el diámetro de los tallos y registrarla con esas características.
- 1.3. El Contratista debe tomar las medidas necesarias para la protección de los árboles y arbustos que quedarán en pie, lo que incluye el corte necesario y profesional de la vegetación y el tratamiento de los cortes, para que la misma pueda resistir a los impactos de la construcción.
- 1.4. En caso de que haya necesidad de remover especies vegetales que formen parte del "Listado de Especies Amenazadas" emitida por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), se debe informar al Delegado Residente y hacer los trámites pertinentes para la obtención de los permisos correspondientes.

1.5 De acuerdo al Artículo 8 del REGLAMENTO SOBRE EL DERECHO DE VÍA DE LOS CAMINOS PÚBLICOS Y SU RELACIÓN CON LOS PREDIOS QUE ATRAVIESAN

La siembra de árboles en los caminos públicos queda sujeta a la vigilancia de las autoridades locales y camineras, previa alineación indicada en el artículo 6º del reglamento indicado y bajo las condiciones siguientes:

- a) No podrá hacerse siembras dentro del Derecho de Vía, pero si al finalizar el mismo o sea en su orilla o límite, establecido de conformidad con lo que expresa el Artículo 3.
- b) Las alamedas deben ser formadas de árboles de la misma especie o variedad, así como sus resiembras.

DEA-2. PROTECCIÓN DE LA FAUNA

Se prohíbe la caza de animales silvestres y la extracción de la fauna y flora.

DEA-3. RUIDO

- 3.1. En las áreas donde haya viviendas, no se pueden ejecutar trabajos que generen ruidos mayores de 80 dB, entre las ocho de la noche (8 p.m.) y las seis de la mañana (6 a.m.). El ruido producido en el derecho de vía, se medirá sobre la línea de propiedad del derecho de vía, y el que se produzca en los otros sitios de trabajo (campamento, taller mecánico, trituradora etc.) se cuantificará sobre la línea de la propiedad respectiva.
- 3.2. El Contratista debe proporcionar protectores de audición a los empleados, cuando los mismos estén expuestos a sonidos fuertes (mayores de 80 dB) y debe exigirles el uso de los mismos.

DEA-4. DESECHOS SÓLIDOS

- 4.1. Los desechos sólidos no deben ser arrojados ni a los ríos ni a los drenajes naturales.
- 4.2. El Contratista debe tomar las medidas necesarias en lo que concierne a los depósitos de desechos sólidos, para evitar la erosión y la contaminación química y física de los suelos y los cuerpos de agua.

DEA-5. PRODUCTOS Y DESECHOS DE PETRÓLEO

- 5.1. Se prohíbe el vertimiento de aceites, combustible, kerosén y otros productos no sólo de petróleo sino químicos en el suelo, agua subterránea y superficial, así como en los sistemas de recolección de aguas servidas.
- 5.2. No se descargarán aguas contaminadas con productos de petróleo, sin la previa separación de los contaminantes (instalación de los separadores de aceite y petróleo).
- 5.3. Deben recogerse los desechos de productos de petróleo, según su composición química en recipientes seguros, que deben estar debidamente rotulados indicando su contenido. Los recipientes de combustibles y lubricantes se deben instalar de tal forma que no causen ningún peligro ni contaminación.

DEA-6. PLANTAS ASFÁLTICAS (No aplica para caminos rurales)

- 6.1. Las plantas asfálticas no deben instalarse en áreas protegidas.
- 6.2. Las plantas asfálticas instaladas en las cercanías de un río, deben contar con un sistema de control de accidentes y derrames. Este incluye entre otros, flotadores para separar aceites y petróleo desde la superficie del agua en el río y químicos para fijar petróleo.
- 6.3. Las aguas superficiales del área de la planta asfáltica deben ser canalizadas y luego pasarán por un separador de aceites y combustibles, antes de la descarga.
- 6.4. Se debe instalar la planta asfáltica de tal manera que los posibles derrames no contaminen el suelo, aguas superficiales y subterráneas.

- 6.5. Se informará al cuerpo de bomberos correspondiente, la ubicación de la planta de asfalto, y además se debe entregar a estos un plano de la planta asfáltica indicando la ubicación y el contenido de los tanques, válvulas e interruptores principales de la planta.

DEA-7. GENERADOR DE ELECTRICIDAD

El generador de electricidad debe estar aislado acústicamente hasta lograr un nivel de 80 dB a una distancia de 10 m de la pared de la casa protectora del generador.

DEA-8. TALLER MECÁNICO

- 8.1. Es terminantemente prohibido construir y mantener un taller mecánico en un área protegida.
- 8.2. El área del taller mecánico debe tener un piso impermeable para impedir la entrada de sustancias de petróleo al suelo. Las pendientes concurrirán hacia colectores y finalizarán en un separador de sustancias de petróleo.

DEA-9. CAMPAMENTOS

- 9.1. Es prohibido construir un campamento en áreas protegidas.
- 9.2. El Contratista evitará establecer campamentos cerca de los ríos o fuentes de agua.
- 9.3. Los desechos domésticos del campamento deben recibir un tratamiento previo antes de la descarga.
- 9.4. Los desechos sólidos como basura, etc., del campamento, deben ser colocados en un depósito destinado para este fin.
- 9.5. Después del abandono, el área del campamento debe integrarse nuevamente al paisaje natural. En caso de que las medidas a implementar no se describan en detalle, el Delegado Residente indicará cuales deben tomarse.

DEA-10. CAMINOS TEMPORALES

- 10.1. Es prohibida la construcción de caminos auxiliares temporales en áreas protegidas.
- 10.2. Antes de construir un camino temporal, se garantizará que no afecte ningún sitio arqueológico.
- 10.3. El Contratista tiene la obligación de tomar las medidas que sean necesarias para la renaturalización de los caminos temporales. Si no hay mayores indicaciones en las especificaciones las medidas de renaturalización comprenden:
 - a) La remoción de la tierra hasta una profundidad de 25 cm.
 - b) La fertilización de la tierra con material orgánico.
 - c) El cierre de la entrada al camino antiguo con cerco.

DEA-11. BANCO DE MATERIALES

- 11.1. No deben explotarse bancos de materiales ubicados en las áreas protegidas.
- 11.2. Antes de la explotación se confirmará, con el Instituto de Antropología e Historia, si no existe ningún peligro para el patrimonio cultural.
- 11.3. En los bancos de materiales de los ríos, se implementarán las medidas para disminuir la turbidez del agua.
- 11.4. En un banco de materiales de río, se deben tener el equipamiento para la limitación de daños por accidentes y derrames con productos de petróleo (por ejemplo: flotador para evitar que el combustible se expanda aguas abajo).
- 11.5. Los bancos de materiales de cortes de montaña, se protegerán con canaletes y trampas de sedimentación, para disminuir los impactos de este sobre los ríos.
- 11.6. Posterior al abandono, deben deshacerse las estructuras levantadas en los ríos.

- 11.7. Después del abandono el Contratista realizará medidas de integración y renaturalización. Si no hay mayores indicaciones en las especificaciones las medidas de renaturalización comprenden:
- a) Dar al terreno una pendiente para facilitar una escorrentía regular del agua superficial y evitar estancamientos de la misma.
 - b) Crear barreras de sedimentación en caso de que exista el peligro de erosión.
 - c) La remoción de la tierra hasta una profundidad de 25 cm.
 - d) La fertilización de la tierra con material orgánico.
 - e) La siembra de arbustos y árboles pioneros con una distancia de cinco metros entre cada uno.
 - f) El mantenimiento de estabilización de la vegetación durante tres meses después de la siembra.
 - g) El cierre de la entrada al sitio del banco de materiales.

DEA-12. PROTECCIÓN DEL SUELO FÉRTIL

La capa del suelo fértil debe apartarse y depositarse en un lugar señalado al efecto, para reutilizarlo sobre suelos crudos.

DEA-13. SUELOS CONTAMINADOS

- 13.1. Es prohibido enterrar suelos contaminados.
- 13.2. El Contratista debe informar inmediatamente al Delegado Residente cuando encuentre suelos contaminados.
- 13.3. El Delegado Residente indicará el tratamiento que se dará al suelo contaminado y donde se depositará el mismo.

DEA-14. CONTROL DE SEDIMENTOS

- 14.1. Los trabajos de construcción, especialmente el movimiento de tierra al lado de los ríos, requieren de la aplicación de métodos de control de erosión.
- 14.2. Los taludes deben ser protegidos contra la erosión lo más rápido posible.

DEA-15. DEPÓSITOS INTERMEDIOS

Los depósitos intermedios de suelo, se protegerán de tal forma que no afecten arroyos por sedimentos.

DEA-16. OBSTÁCULOS EN LA CARRETERA

Los trabajos (por ejemplo, cambio de drenajes transversales en la carretera) que obstaculizan el libre tránsito, deben ejecutarse lo más rápido posible, para disminuir el riesgo de accidentes.

DEA-17. SISTEMA DE PROTECCIÓN DE OBRAS

Se prohíbe la aplicación de sistemas de protección de la obra (por ejemplo tabla con clavos puesta en el pavimento o rocas en el pavimento), que causen daños a vehículos y personas que sean motivo de riesgo potencial de accidentes.

DEA-18. PROTECCIÓN DE OBJETOS ARQUEOLÓGICOS

- 18.1. El Contratista no debe iniciar ninguna actividad sin que el Instituto de Antropología e Historia haya efectuado el recorrido sistemático del área de trabajo y acción (como por ejemplo el derecho de vía, los futuros sitios del campamento, la planta asfáltica, los depósitos intermedios y finales, el banco de materiales, y las entradas a los bancos de materiales etc.).
- 18.2. En el radio de acción de la maquinaria, y especialmente en las áreas de movimiento de tierra, se debe proceder con cuidado para no destruir posibles objetos arqueológicos.
- 18.3. Se debe suspender cualquier actividad en el área correspondiente, cuando exista la posibilidad de que se ha descubierto un sitio arqueológico.

- 18.4. Debe informarse inmediatamente al Delegado Residente y al Instituto de Antropología e Historia.
- 18.5. No proseguirán las actividades antes de obtener el permiso correspondiente.

DEA-19. SEÑALAMIENTO VIAL

Las carreteras permanentes y provisionales deben contar con el señalamiento vial horizontal y vertical, antes de entrar en uso. Durante el proceso de construcción el Contratista es responsable para el eficiente funcionamiento del sistema de señalización horizontal y vertical, así se brindará el mantenimiento y protección necesaria del mismo.

DEA-20. LIMPIEZA GENERAL

Durante la construcción de las obras, el Contratista tiene la obligación de mantener en todo momento las áreas de trabajo y de almacenamiento, libres de acumulación de basuras, materiales de desperdicio producto de los trabajos.

DEA-21. PREVENCIÓN DE ACCIDENTES Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS (BAJO SUPERVISIÓN DEL DELEGADO RESIDENTE)

- 21.1. La localización de todos los polvorines o arenas de almacenamiento de gases y líquidos explosivos, esté sujeta a la aprobación del Delegado Residente. Estas áreas de almacenamiento de explosivos, deben vigilarse adecuadamente en todo tiempo. Existirán facilidades de almacenamiento de gas u otros tipos de combustibles o productos químicos y/o de agua que sean necesarios para prevenir o apagar incendios.
- 21.2. El Contratista debe designar un miembro responsable de su personal destacándolo en el sitio de la obra, cuya obligación es la prevención de accidentes.

- 21.3. El Contratista debe mantener siempre por lo menos en la obra una persona que tenga conocimientos de primeros auxilios. Estas personas deben estar respaldadas por un certificado de entrenamiento durante los últimos cuatro años en primeros auxilios. Una copia de estos certificados debe encontrarse en la obra y deben ser accesibles para una posible auditoría.
- 21.4. Se proveerá en los diversos lugares de construcción un equipo de primeros auxilios que contenga un mínimo generoso de vendas y esparadrapo para atender accidentes graves, tijeras, por lo menos tres pares de guantes desechables, desinfectantes, algodón y curitas.
- 21.5. El equipo de primeros auxilios en el campamento debe estar ubicado en un cuarto separado para tal fin, el cual esté dotado de una camilla fija y móvil, agua potable, jabón, toallas y el botiquín de primeros auxilios.
- 21.6. El Contratista proveerá el equipo específico que requiere cada trabajo para la protección del trabajador, por ejemplo mascarillas contra el polvo, guantes, protectores de oído, de ojos y de cara. El Contratista tiene que informar al trabajador sobre el riesgo que corre cuando no utilice lo proporcionado y además exigirle el uso de estos implementos.
- 21.7. Para disminuir el riesgo de deslizamientos y derrumbes, el Contratista tomará todas las medidas de protección y prevención durante las actividades de corte y relleno de los terrenos. Esto incluye por ejemplo la canalización de agua, respetar los ángulos de estabilidad del suelo, el manejo de equipo en forma precavida, la protección de las superficies de los taludes y otros.
- 21.8. Para evitar que el deslizamiento del suelo entierre personas, los taludes de mayor inclinación que su ángulo de reposo y una altura mayor a 1.20 m deben recibir medidas de protección tales como entibaciones o conformaciones de taludes. Esto es válido para zanjas, pozos y cualquier otro tipo de taludes.
- 21.9. Las sustancias peligrosas deben ser transportadas, almacenadas y manipuladas con el equipo adecuado para evitar derrames, incendios y explosiones. Se ejercerá un control y mantenimiento periódico del equipo.

- 21.10. Queda prohibido quemar cualquier tipo de residuos (esto incluye desechos de jardinería, llantas, papel, etc.) y limpiar el derecho de vía mediante la quema.
- 21.11. Hay que mantener en las áreas de almacenamiento, campamento y de trabajo, en cantidad suficiente el equipo apropiado para la extinción y control de incendios.
- 21.12. Hay que mantener en la obra una caja con utensilios de rescate de derrumbes y deslizamientos.

DEA-22. PLAN DE MANEJO DE SUELOS

Antes de iniciar los trabajos de movimiento de suelo, el Contratista debe presentar un plan de manejo de suelos que incluya las cantidades de los mismos a cortarse, depositarse, el origen y su destino. Los lugares de depósito que no sean conformaciones de la rasante deben ser aprobados por el Delegado Residente.

DEA-23. OMISIÓN DE LAS DISPOSICIONES ESPECIALES AMBIENTALES

La omisión de lo dispuesto en los artículos anteriores compromete al Contratista a subsanar los daños ocasionados.