

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
AREA INTEGRADA**



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**DIAGNÓSTICO, SERVICIOS Y PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL REALIZADOS EN EL
ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DEL TRAMO CARRETERO COMITANCILLO – SAN
LORENZO, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS**

BYRON MOISÉS VELÁSQUEZ DE LEÓN

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

DIAGNÓSTICO, SERVICIOS Y PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL REALIZADOS EN EL
ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DEL TRAMO CARRETERO COMITANCILLO – SAN
LORENZO, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

BYRON MOISÉS VELÁSQUEZ DE LEÓN

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO EN
RECURSOS NATURALES RENOVABLES
EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR MAGNÍFICO

LIC. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

| | | |
|---------------|-------------|------------------------------------|
| DECANO | Ing. Msc. | Francisco Javier Vásquez Vásquez |
| VOCAL PRIMERO | Ing. Agr. | Waldemar Nufio Reyes |
| VOCAL SEGUNDO | Ing. Agr. | Walter Arnoldo Reyes Sanabria |
| VOCAL TERCERO | Ing. Msc. | Oscar René Leiva Ruano |
| VOCAL CUARTO | P. Forestal | Axel Esaú Cuma |
| VOCAL QUINTO | P. Contador | Carlos Alberto Monterroso Gonzáles |
| SECRETARIO | Ing. Msc. | Edwin Enrique Cano Morales |

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2010

Guatemala, Noviembre de 2010

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación “Diagnóstico, Servicios y Plan de Gestión Ambiental realizados en el área de influencia directa del tramo carretero Comitancillo – San Lorenzo, Departamento de San Marcos” como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAR A TODOS”

Byron Moisés Velásquez de León.

ACTO QUE DEDICO

- A DIOS TODO PODEROSO: Por darme la oportunidad y capacidad de culminar mi preparación como profesional.
- A MIS PADRES: **Moisés Ulises Velásquez:** Gracias por su apoyo económico y moral en el trayecto de mi preparación profesional.
Thelma Gudelia de León: Gracias madrecita linda por su amor, paciencia, esfuerzo y apoyo para hacer de mi una persona profesional.
- A MIS HERMANOS: Justa Yesenia y Roberto Carlos Velásquez, por el apoyo moral que me brindaron, y a su vez sea un ejemplo a seguir.
- A MIS ABUELOS: Augusto de la Cruz Velásquez (QEPD), que vive en mi memoria por sus enseñanzas. Justa Velásquez (QEPD), Máximo de León y Angelina González.
- A MIS TIOS: Con respeto y cariño en especial a Oralia de León por su apoyo moral.
- A MIS AMIGOS: Por su amistad, en especial a Jorge Mario Velásquez, Oscar Hernández y Carlos Morán Ucelo (QEPD),

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

DIOS

A MI QUERIDA GUATEMALA

A MI QUERIDO TERRUÑO LOS JAZMINES SAN PEDRO SAN MARCOS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

INSTITUTO NACIONAL TÉCNICO INDUSTRIAL

INSTITUTO NACIONAL EXPERIMENTAL DE EDUCACIÓN BÁSICA CON
ORIENTACIÓN OCUPACIONAL

ESCUELA PARA VARONES ``DOCTOR CARLOS MARTINEZ DURAN``

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Por ser fuente de sabiduría y bendecirme en la formación de mi carrera.

A MIS ASESORES:

Ing. Agr. Héctor Conrado Valdés Marckwordt, e Ing. Agr. Lily Gutiérrez, por su asesoría técnica para la realización de éste documento.

A LA FACULTAD:

Por permitir mi formación como profesional para desenvolverme en el campo de los recursos naturales del país.

A LA UNIVERSIDAD:

Por ser el alma mater del conocimiento y acogerme en su lecho del saber Gloriosa tricentenaria USAC.

A LA FAMILIA MINCHEZ DE LEÓN:

Por abrirme las puertas de su hogar. En especial al Sr. Boanerges Minchez,

A LIC. ELMER DE LEÓN:

Por su apoyo económico y moral durante mi formación profesional.

ÍNDICE GENERAL

| CONTENIDO | PAGINA |
|--|-----------|
| CAPÍTULO I: DIAGNOSTICO DEL IMPACTO OCACIONADO A LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES; SUELO, AGUA Y BOSQUE; EN LA CONSTRUCCION DEL TRAMO CARRETERO COMITANCILLO – SAN LORENZO, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS ----- | 1 |
| 1.1 PRESENTACIÓN ----- | 2 |
| 1.2 MARCO REFERENCIAL ----- | 3 |
| 1.2.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO----- | 3 |
| 1.2.2 LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN TERRITORIAL ----- | 3 |
| 1.2.3 LÍMITES TERRITORIALES MUNICIPALES----- | 4 |
| 1.2.4 VÍAS DE ACCESO ----- | 4 |
| 1.2.5 MATERIAL GEOLÓGICO ----- | 5 |
| 1.2.6 SUELOS----- | 5 |
| 1.2.7 CLIMA ----- | 8 |
| 1.2.8 HIDROLOGÍA ----- | 8 |
| 1.3 OBJETIVOS----- | 9 |
| 1.3.1 OBJETIVO GENERAL ----- | 9 |
| 1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS ----- | 9 |
| 1.4 METODOLOGÍA ----- | 10 |
| 1.4.1 FASE DE GABINETE INICIAL ----- | 10 |
| 1.4.2 FASE DE CAMPO ----- | 10 |
| 1.4.3 FASE DE GABINETE FINAL----- | 11 |
| 1.5 RESULTADOS ----- | 12 |
| 1.5.1 MASA BOSCOSA ----- | 12 |
| 1.5.2 CUERPOS DE AGUA ----- | 12 |
| 1.5.3 SUELO ----- | 12 |

| CONTENIDO | PAGINA |
|---|---------------|
| 1.5.4 ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA ----- | 13 |
| 1.5.4.1 Problemas identificados (investigación participativa) ----- | 13 |
| 1.5.4.2 Árbol de problemas ----- | 14 |
| 1.5.4.3 Priorización de problemas ----- | 16 |
| 1.6 CONCLUSIONES ----- | 17 |
| 1.7 RECOMENDACIONES ----- | 19 |
| 1.8 BIBLIOGRAFÍA ----- | 20 |
| | |
| CAPÍTULO II: PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO COMITANCILLO – SAN LORENZO, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS ----- | 21 |
| | |
| 2.1 PRESENTACIÓN ----- | 22 |
| 2.2 MARCO CONCEPTUAL ----- | 24 |
| 2.2.1 TIPOS DE IMPACTO ----- | 24 |
| 2.2.2 ÁREAS DE INFLUENCIA ----- | 26 |
| 2.2.3 TIPOS DE PLAN ----- | 27 |
| 2.2.4 PARTES DE UNA CARRETERA ----- | 28 |
| 2.3 OBJETIVOS ----- | 33 |
| 2.3.1 OBJETIVO GENERAL ----- | 33 |
| 2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS ----- | 33 |
| 2.4 METODOLOGÍA ----- | 34 |
| 2.4.1 FASE DE OBTENCIÓN DE DATOS (FASE DE CAMPO) ----- | 34 |
| 2.4.2 FASE DE INTEGRACIÓN DE DATOS (FASE DE GABINETE) ----- | 35 |
| 2.5 RESULTADOS ----- | 36 |
| 2.5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ----- | 36 |
| 2.5.1.1 Síntesis general del proyecto ----- | 36 |
| 2.5.1.2 Ubicación geográfica y Área de Influencia del Proyecto ----- | 37 |
| 2.5.1.3 Componentes del proyecto y sus fases ----- | 39 |

| CONTENIDO | PAGINA |
|---|---------------|
| 2.5.1.4 Infraestructura que se desarrolló (descripción básica) ----- | 40 |
| 2.5.2 IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES ----- | 40 |
| 2.5.3 COMPONENTES DEL PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL ----- | 43 |
| 2.5.3.1 Medidas para protección de la calidad del Aire ----- | 44 |
| 2.5.3.2 Medidas para el Control del Ruido ----- | 51 |
| 2.5.3.3 Manejo de Residuos Líquidos y Sólidos ----- | 54 |
| 2.5.3.4 Medidas para Reducir el Riesgo a Deslizamientos ----- | 59 |
| 2.5.3.5 Medidas de Mitigación contra la Erosión y Transporte de Sedimentos ----- | 72 |
| 2.5.3.6 Medidas para la Recuperación de la Biodiversidad de los Ecosistemas ----- | 80 |
| 2.5.3.7 Medidas para Reducir los Cambios en el Paisaje ----- | 85 |
| 2.5.3.8 Seguimiento y Vigilancia Ambiental ----- | 90 |
| 2.6 CONCLUSIONES ----- | 95 |
| 2.7 RECOMENDACIONES ----- | 97 |
| 2.8 BIBLIOGRAFÍA ----- | 98 |
| | |
| 3 CAPÍTULO III: SERVICIOS REALIZADOS EN EL CACERIO IXMOCO | |
| COMITANCILLO SAN MARCOS ----- | 100 |
| | |
| 3.1 PRESENTACION ----- | 101 |
| 3.2 SERVICIO 1. IMPLEMENTACIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE UN VIVERO FORESTAL ----- | 102 |
| 3.2.1 OBJETIVOS ----- | 102 |
| 3.2.1.1 Objetivo General ----- | 102 |
| 3.2.1.2 Objetivos específicos ----- | 102 |
| 3.2.2 METODOLOGÍA ----- | 103 |
| 3.2.2.1 Fase de gabinete inicial ----- | 103 |
| 3.2.2.2 Fase de campo ----- | 103 |
| 3.2.3 RESULTADOS ----- | 104 |
| 3.3 SERVICIO 2. ESTABLECIMIENTO DE UN BOSQUE CON FINES ENERGÉTICOS ----- | 109 |

| CONTENIDO | PAGINA |
|---|---------------|
| 3.3.1 OBJETIVOS ----- | 109 |
| 3.3.1.1 Objetivo General----- | 109 |
| 3.3.1.2 Objetivos Específicos ----- | 109 |
| 3.3.2 METODOLOGÍA----- | 110 |
| 3.3.3 RESULTADOS----- | 111 |
| 3.3.3.1 Aspectos técnicos----- | 111 |
| 3.3.3.2 Área de plantación----- | 111 |
| 3.3.3.3 Número de árboles a plantar ----- | 111 |
| 3.3.3.4 Distribución ----- | 112 |
| 3.4 SERVICIO 3. CAPACITACIÓN DEL MÓDULO DE EDUCACIÓN FORESTAL----- | 114 |
| 3.4.1 OBJETIVO----- | 114 |
| 3.4.1.1 General ----- | 114 |
| 3.4.1.2 Específicos ----- | 114 |
| 3.4.2 METODOLOGIA----- | 115 |
| 3.4.3 RESULTADOS----- | 116 |
| 3.4.3.1 Comprensión del documento----- | 117 |
| 3.5 BIBLIOGRAFÍA ----- | 118 |

INDICE DE FIGURAS

| FIGURA | PÁGINA |
|---|--------|
| FIGURA 1-1 MAPA DE UBICACIÓN DEL TRAMO CARRETERO----- | 3 |
| FIGURA 1-2 MAPA BASE DEL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DEL PROYECTO COMITANCILLO – SAN LORENZO ----- | 6 |
| FIGURA 1-3 ÁRBOL DE PROBLEMAS DEL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA ----- | 15 |
| FIGURA 2-1. ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DONDE SE DESARROLLO EL PROYECTO CARRETERO COMITANCILLO – SAN LORENZO 13 KM. ----- | 38 |
| FIGURA 2-2. TIPOS DE DESLIZAMIENTOS QUE OCURREN GENERALMENTE EN TRAMOS CARRETEROS----- | 61 |
| FIGURA 2-3. MODELO DE UN CONTRAFUERTE HECHO CON PIEDRA PARA CONTENER TALUDES DE CORTE ----- | 70 |
| FIGURA 2-4. FORMA DE COLOCAR LAS BARRERAS VIVAS EN LA PENDIENTE DEL TALUD----- | 70 |
| FIGURA 2-5. USO DE VEGETACIÓN PARA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES ----- | 71 |
| FIGURA 2-6. TIPOS DE EROSIÓN QUE SE PRESENTA EN LOS TALUDES DE CORTE----- | 75 |
| FIGURA 2-7. REPRESENTACIÓN DE LAS CAUSAS DE UNA ZONA DE DISTURBIO ----- | 84 |
| FIGURA 3-1 DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA DEL VIVERO FORESTAL ----- | 105 |
| FIGURA 3-2 ALMÁCIGO DE PILONES DE CIPRÉS (<i>CUPRESSUS LUSITANICA</i>) ----- | 106 |
| FIGURA 3-3 ALMACIGO DE PILONES DE ALISO (<i>ALNUS ACUMINATA</i>)----- | 107 |
| FIGURA 3-4 ALMACIGO DE PILONES DE PINO (<i>PINO PSEUDOSTROBUS</i>) ----- | 108 |
| FIGURA 3-5 DISTRIBUCIÓN DE ÁRBOLES EN CAMPO DEFINITIVO----- | 112 |
| FIGURA 3-6 ÁREA DE ESTABLECIMIENTO DEL BOSQUE ENERGÉTICO ----- | 113 |

INDICE DE CUADROS

| CUADRO | PÁGINA |
|---|--------|
| CUADRO 1-1 SERIE DE SUELOS DEL MUNICIPIO DE SAN LORENZO, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS ----- | 7 |
| CUADRO 1-2 SERIE DE SUELOS DEL MUNICIPIO DE COMITANCILLO, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS ----- | 7 |
| CUADRO 1-3 PRIORIZACIÓN DE PROBLEMAS ----- | 16 |
| CUADRO 1-4 ANÁLISIS DE LA PRIORIDAD DE RESULTADOS ----- | 16 |
| CUADRO 2-1. FASES DE CONSTRUCCIÓN QUE SE UTILIZARON PARA LA EJECUCIÓN DEL TRAMO CARRETERO ----- | 40 |
| CUADRO 2-2. CRITERIOS UTILIZADOS COMO INDICADORES DE IMPACTO AMBIENTAL QUE PRESENTA EL TRAMO CARRETERO EN FUNCIONAMIENTO----- | 41 |
| CUADRO 2-3. CLASIFICACIÓN CIENTÍFICA DEL ALISO (<i>ALNUS ACUMINATA</i>) ----- | 47 |
| CUADRO 2-4. INFORMACIÓN DE DECIBELES QUE SE PRODUCÍAN EN LA CARRETERA TIPO TERRACERÍA----- | 52 |
| CUADRO 2-5. INFORMACIÓN DE DECIBELES QUE SE PRODUCÍAN EN LA CARRETERA CON PROYECCIÓN DEL 10%, DEBIDO AL AUMENTO VEHICULAR POR EL TIPO DE CARRETERA QUE SE CONSTRUYÓ ----- | 53 |
| CUADRO 2-6. LISTADO ORIENTATIVO DE LOS RUIDOS ----- | 54 |
| CUADRO 2-7. CORTES DE TALUD TÍPICOS DE ROCA QUE RECOMIENDAN UTILIZAR EN EL CORTE PARA AMPLIACIONES DEL DERECHO DE VÍA----- | 62 |
| CUADRO 3-1 RESULTADOS DE LA PRODUCCIÓN DEL VIVERO FORESTAL ----- | 104 |

DIAGNÓSTICO, SERVICIOS Y PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL REALIZADOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DEL TRAMO CARRETERO COMITANCILLO – SAN LORENZO, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS

RESUMEN

El presente informe integrado es el producto del Ejercicio Profesional Supervisado-EPISA ejecutado en el período comprendido entre agosto de 2,008 a mayo 2,009, durante el cual se realizó un Diagnóstico para describir el estado actual de los Recursos Naturales Renovables (Agua, Suelo y Bosque) presentes en los 13 kilómetros que abarca el tramo carretero. Se encontró principalmente que varios cuerpos de Agua presentan deterioro y modificación en su cauce, debido a que muchos son utilizados para extracción de materiales de construcción (arena y piedra), provocando azolvamiento en partes bajas debido al dragado del cauce, siendo éste el caso del Río San Sebastián y Xixal del municipio de Comitancillo. También se pudo observar que varios nacimientos de agua son afectados por la acumulación de material de corte que se les vierte. En relación al recurso bosque, se detectó que muchos árboles han sufrido daño mecánico por el uso de maquinaria de construcción, quedando en algunos casos el sistema radicular desprotegido, provocando esto alto riesgo de plagas, enfermedades y/o inminente muerte de los individuos, que se traduce en reducción de la cobertura boscosa a lo largo del tramo, que podría incidir en susceptibilidad de los suelos a la erosión. En relación al recurso suelo, se observó excesiva erosión hídrica, debido a la eliminación de la cobertura boscosa y a la falta de prácticas de conservación de suelo y agua, dificultando esto la existencia de una vía libre del tramo carretero, además de aportar riesgos a la permanencia de la misma.

Como producto del Diagnóstico, se realizó un análisis de la problemática encontrada, definiendo la implementación de tres servicios y la realización de un Plan de Gestión Ambiental, a fin de mitigar el impacto sobre los recursos naturales renovables que ha provocado la construcción del tramo carretero.

Para implementar los servicios y contrarrestar la eliminación de la cobertura boscosa a lo largo del tramo carretero, se procedió a la elaboración de un vivero forestal, con la finalidad de producir plántulas y mitigar la eliminación de la masa boscosa, plantando árboles en las secciones de la antigua carretera; además con fines productivos se estableció un bosque con fines energéticos en el caserío Ixmoco (aledaño al tramo carretero) para crear conciencia en los vecinos de que un bosque puede tener diferentes usos, dependiendo la visión y las necesidades sociales, inculcando la necesidad de cultivarlo para evitar que este se agote; además como aporte a la creación de una cultura forestal, se capacitó a los maestros en el uso del módulo de educación forestal, para mostrar a la sociedad que es posible el uso sostenible del recurso bosque.

Debido a que los municipios de Comitancillo y San Lorenzo fueron beneficiados con la construcción y mejoramiento del tramo carretero para comunicar ambas cabeceras municipales, se construyó un tramo carretero de 13 kilómetros de distancia, para el cual fue necesario realizar el Plan de Gestión Ambiental para el adecuado funcionamiento del tramo. Este Plan incluye un conjunto de operaciones técnicas y acciones propuestas que tienden a asegurar la operación del tramo, a fin de cumplir con las normas legales, técnicas y ambientales para prevenir, corregir y mitigar los impactos y riesgos ambientales negativos, que son el resultado de las diferentes actividades antrópicas que conllevan la construcción de una carretera compatible con el ambiente.

Este Plan de Gestión Ambiental se trabajó a partir de ocho componentes, que se priorizaron a través de indicadores ambientales, con el fin de conocer el factor ambiental que se modificará y tener la perspectiva del impacto ambiental esperado; para ello se realizaron propuestas para prevenir y mitigar los daños de funcionamiento del tramo carretero, utilizando como ente para realizar las actividades del componente a ambas municipalidades, a los COCODES y a las auxiliaturas municipales, además de los vecinos que poseen sus viviendas en la orilla de la vía.



CAPÍTULO I

DIAGNOSTICO DEL IMPACTO OCASIONADO A LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES; SUELO, AGUA Y BOSQUE; EN LA CONSTRUCCION DEL TRAMO CARRETERO COMITANCILLO – SAN LORENZO, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS

1.1 PRESENTACIÓN

El presente diagnóstico se realizó con la finalidad de conocer la situación actual de los recursos naturales renovables que se encuentran a lo largo del tramo carretero, ya que es sabido que con la construcción de la carretera, se causará un impacto negativo a los mismos, los cuales se verán afectados de una u otra forma a través de la intervención antrópica a que es sometido el área de influencia directa. Los recursos naturales afectados en especial manera por la apertura del tramo carretero, son los bosques, los cuerpos de agua y el suelo.

Se detectó que la cobertura boscosa disminuyó debido a que varios rodales, tanto de especies latifoliadas, como coníferas fueron tumbados para la extracción de material (bancos de préstamo) y apertura para el derecho de vía. La disminución de la masa boscosa fue posible observarla a todo lo largo del tramo carretero.

Los cuerpos de agua, tanto ríos como riachuelos y nacimientos de agua se ven directamente afectados, debido a que a varios ríos se les ha modificado el cauce por la extracción de material (piedra y arena), tal es el caso del Río Xixal; y en algunos riachuelos se han vertido desechos como material de corte. Muchos nacimientos de agua se han secado, debido a los movimientos de tierra o en muchos casos han sido tapados con material de deposición de tierra que es almacenada en áreas denominadas botaderos.

En el presente Diagnóstico, se detectó que el suelo es uno de los recursos que sufre mayor daño, ya que existe pérdida del mismo a través de la erosión hídrica y eólica, debido a la poca atención que se le da a la conservación de taludes, rellenos y bancos de préstamo. A causa del cambio de uso del suelo en tierras de vocación forestal, hacia un uso agrícola o hacia obras de tipo civil, los recursos naturales han sido afectados, no habiendo recibido ningún tipo de tratamiento o medidas de mitigación ambiental para revertir el daño o impacto causado, ya que es notorio observar que en la actualidad se presenta un eminente deterioro.

1.2 MARCO REFERENCIAL

1.2.1 Ubicación del Proyecto

El proyecto se ubica en el altiplano occidental del país, en el departamento de San Marcos, abarcando los municipios de Comitancillo y San Lorenzo. El tramo carretero ocupará un área aproximada de 136,000 m² equivalente a 13.6 hectáreas; en la figura 1-1 se observa la ubicación del tramo carretero en hoja cartográfica, 1:50,000 Tajumulco, número 1861-II.



(Fuente: IGN, hoja No. 1861-II, 1976)

Figura 1-1 Mapa de ubicación del tramo carretero

1.2.2 Localización y Extensión Territorial

Los Municipios de Comitancillo y San Lorenzo, son dos de los 29 municipios del departamento de San Marcos, localizados en el altiplano occidental del país, situados en

la Sierra Madre, al Nor-Oriente y al Norte y de la cabecera departamental. Dichos municipios respectivamente se ubican en las coordenadas geográficas siguientes: 15°03'56" Latitud Norte, 91°48'27" Longitud Oeste, a una altitud de 2,570 msnm y 15°01'16" Latitud Norte, 91°44'16" Longitud Oeste a una altitud de 2,600 metros. El Municipio de Comitancillo tiene una superficie total de 113 Km² y El Municipio de San Lorenzo tiene una superficie total de 44.85 Kms² (OMP- San Lorenzo, 2,007).

1.2.3 Límites Territoriales Municipales

El Municipio de Comitancillo se encuentra limitado de la forma siguiente: Al Norte con los municipios de San Miguel Ixtahuacán y Sipacapa; al Sur con el municipio de San Lorenzo y el municipio de San Marcos (cabecera departamental); al Este, con el municipio de Cabricán, departamento de Quetzaltenango y el municipio de Río Blanco; al Oeste con el Municipio de Tejútla y el municipio de San Marcos (cabecera departamental), (OMP- Comitancillo, 2002).

El Municipio de San Lorenzo se encuentra limitado de la forma siguiente: Al Norte con el municipio de Comitancillo; al Sur con el municipio de San Pedro Sacatepéquez; al Este con el municipio de Río Blanco; al Oeste con el municipio de San Marcos-cabecera departamental (OMP-San Lorenzo, 2007).

1.2.4 Vías de acceso

Para ingresar al municipio de Comitancillo existen tres carreteras de terracería: La primera pasa por el Municipio de San Lorenzo, la segunda por la Vía Santa Irene, Municipio de San Antonio Sacatepéquez y la tercera por la Aldea Serchíl y la Aldea Tuilelén, Municipio de Comitancillo (OMP-Comitancillo, 2002).

Para ingresar al municipio de San Lorenzo existen dos carreteras, una tipo asfaltada y la otra de terracería; la primera parte de la cabecera departamental hacia el altiplano del departamento; y la segunda parte de la cabecera departamental pasando por la aldea

Santa Irene, Municipio de San Antonio Sacatepéquez (OMP-San Lorenzo, 2007). En la figura 1-2, se observan los dos municipios beneficiados con la obra construida.

1.2.5 Material Geológico

El material geológico original es de rocas volcánicas sin dividir del terciario (Herrera, 2002). Dentro del área de estudio, se encuentran formaciones de Rocas Ígneas y Metamórficas del Cuaternario, rellenos y cubiertas gruesas de cenizas, pómez de origen diverso pertenecientes a la clase Qp (Aluviones cuaternarios) y Rocas Ígneas y Metamórficas del Terciario que son rocas sin dividir, predominantemente Miopliocer, incluyendo tobas, coladas de lava, materiales laháricos y sedimentos volcánicos pertenecientes a la clase Tv (Rocas volcánicas cuaternarias), (Herrera, 2002).

1.2.6 Suelos

Los suelos del departamento de San Marcos han sido divididos en 20 unidades, que consisten de 17 series; una fase de suelo y dos clases de terrenos misceláneos, que han sido divididos en cinco grupos amplios (Simmons, et al, 1959).

- I. Suelos de las Montañas Volcánicas.
- II. Suelos de la Altiplanicie Central.
- III. Suelos del Declive del Pacífico.
- IV. Suelos del Litoral del Pacífico y
- V. Clases Misceláneas de Terreno.

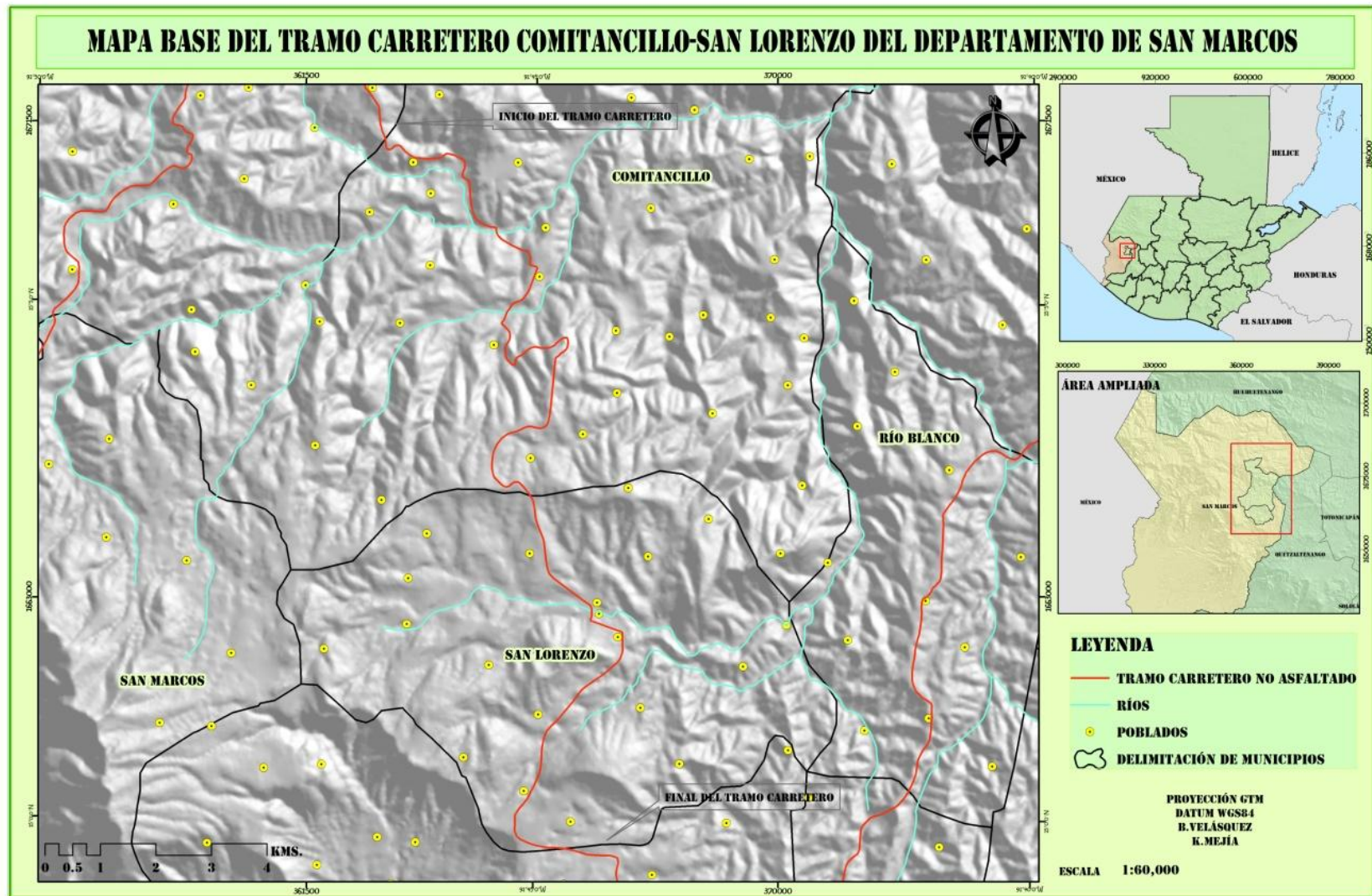


Figura 1-2 Mapa base del área de influencia directa del proyecto Comitancillo – San Lorenzo. Fuente: MAGA 2006.

Las series de suelos correspondientes al municipio de San Lorenzo y Comitancillo se presentan en el cuadro 1-1 y 1- 2.

Cuadro 1-1 Serie de suelos del Municipio de San Lorenzo, departamento de San Marcos

| Serie de Suelos | Porcentaje | Total (ha) |
|------------------------|-------------------|-------------------|
| Camanchá erosionada | 6.35 | 2086.97 |
| Totonicapán | 6.28 | 2064.48 |
| Ostuncalco | 0.98 | 321.62 |
| Patzité | 0.03 | 9.79 |

Fuente: MAGA Investigación Campo, (OMP-San Lorenzo, 2007).

Cuadro 1-2 Serie de Suelos del Municipio de Comitancillo, departamento de San Marcos

| Serie de suelos | Porcentaje | Total (ha) |
|------------------------|-------------------|-------------------|
| Patzite | 42.49 | 5,726.70 |
| Sinaché | 30.38 | 4,094.66 |
| Totonicapán | 14.06 | 1,894.92 |
| Camanchá Erosionada | 9.21 | 1,241.62 |
| Comanche | 2.83 | 382.07 |
| Salamá | 1.03 | 138.79 |

Fuente: MAGA Investigación Campo, (OMP-Comitancillo, 2002).

1.2.7 Clima

Según la Clasificación Climática de Thornthwaite, el clima del área de estudio se clasifica como “clima húmedo y frío” por lo que corresponde a BB'3. Ambos municipios presentan condiciones climáticas similares ya que tienden a no variar en altura y vegetación. La zona se ve periódicamente afectada con neblinas debidas a la baja temperatura y a que los puntos de rocío son altos para la temperatura ambiente que regularmente se presenta; en el lugar de influencia se presenta una temperatura media anual de 15° Centígrados y una precipitación total anual que va de 2,065 a 3,900 mm, con un promedio anual de 2,730 mm. La altitud que presenta el área de estudio es de 2,500 msnm (MCOP, DGC 2009), (Aguilar, 1974 citado por Cruz, 1982).

1.2.8 Hidrología

La precipitación recibida por el área de influencia del proyecto drena hacia la cuenca del Río Cuilco, perteneciente a la vertiente del Golfo de México, (Herrera, 1995). Dicha cuenca está compartida por los departamentos de Quetzaltenango y San Marcos; la elevación máxima es de 3,500 msnm y la mínima 96 msnm. El caudal medio anual es de 18 m/s registrado en la estación Cuilco, la pendiente del cauce es de 1.64%, la elevación media de la cuenca es de 860 msnm y su área es de 2,247 Km². El Río Cuilco tiene su origen en las montañas de los municipios de Tejútla y Comitancillo, (OMP-San Lorenzo, 2007).

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

- Describir la situación actual de los recursos naturales renovables; Suelo, agua y bosque, en la apertura del tramo carretero, San Lorenzo – Comitancillo.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Describir los daños mecánicos ocasionados a los árboles localizados en el derecho de vía por la apertura del tramo carretero.
- Describir los daños físicos ocasionados a los cuerpos de agua en la construcción del tramo carretero.
- Determinar las formas y grados de erosión que presentan los suelos afectados por la apertura del tramo carretero.

1.4 METODOLOGÍA

La metodología a seguir para plantear el diagnóstico, fue dividida en tres fases; fase de gabinete inicial, fase de campo y fase de gabinete final.

1.4.1 Fase de gabinete inicial

- Recopilación de información básica del área de influencia, referida a tipo de bosques, tipo de suelo, uso del suelo, cultivos propios de ambos Municipios, cuerpos de agua, clima, zona de vida, precipitación, altura sobre el nivel de mar, densidad de población, extensión territorial, uso de los cuerpos de agua (manantiales, nacimientos, ríos, quebradas).
- Se integró y analizó la información obtenida para poder abordar de una mejor manera el diagnóstico sobre el deterioro de los recursos naturales en la apertura del tramo carretero.

1.4.2 Fase de campo

- Se recorrió el lugar para poder observar el deterioro de los recursos naturales renovables después del paso de la apertura del tramo carretero.
- Para el estudio del recurso bosque, se tomó nota de la vegetación existente en la orilla de la apertura del tramo carretero, en especial de las especies arbóreas que han sido afectadas por dicha actividad. Se recopiló la opinión, a través de una entrevista de campo a los pobladores de las comunidades sobre la importancia de los bosques y el aprovechamiento que ejercen del mismo dentro de las comunidades.
- Se observaron los daños mecánicos que presentaban las especies arbóreas afectadas a la orilla del tramo carretero.

- Se observó a lo largo de la apertura del tramo carretero si existía presencia de plagas, en especial si hay presencia de gorgojo de pino (*Dendroctonus* sp).
- En relación al recurso agua, se contempló el caudal de agua disponible para los pobladores a través del simple conteo de los cuerpos de agua; anotando como número de ríos, riachuelos y nacimientos de agua, verificando si éstos cuerpos se encontraban afectados por el deslizamiento de tierra, ya que en muchos casos no se toman medidas que prevengan daños a dichos cuerpos.
- Para el recurso suelo se contempló el uso del mismo, también se consideraron las diversas prácticas de conservación de suelo y agua utilizadas y no utilizadas por los habitantes del lugar y/o su degradación.
- Para tener un mejor análisis sobre el recurso suelo se analizaron los tipos de erosión encontrados en los sitios afectados por la apertura del tramo carretero. En especial en los lugares llamados botaderos ya que en éstos se forman taludes con pendientes mayores a 50%, así como en los cortes de carreteras con pendientes en su mayoría de un 90 a 100%.

1.4.3 Fase de gabinete final

En esta fase se logrará integrar a través de un análisis los resultados sobre el impacto negativo que sufren los recursos naturales renovables; suelo, agua y bosque, en la construcción del tramo carretero.

1.5 RESULTADOS

1.5.1 Masa boscosa

Integrada en su mayoría por bosques de pino triste (*Pinus pseudostrobus*). Se detectó que se sufrió un impacto mecánico de importancia, a orilla de la apertura de la construcción del tramo carretero, ya que se pudo observar que muchos de los árboles de la especie mencionada se encontraban derribados, con ramas quebradas, inclinados, semi-arrancados, raíces descubiertas en un 70%. Se pudo observar la existencia de bosques de coníferas plagados por gorgojo de pino (*Dendroctonus* sp), lo cual fue confirmado con datos recopilados en el INAB.

1.5.2 Cuerpos de agua

Se realizó un caminamiento y conteo de los cuerpos de agua en el área de estudio, habiendo encontrado siete: Xalcatá, Paconché, Río Hondo, Santa Rosa, Ixcamal, Los Calderones y Pachán. Entre los daños físicos encontrados, se pueden citar: La obstaculización del caudal y el cambio de cauce, debido al dragado y a la deposición de sedimentos de suelo, piedra y grava derramada, en especial en los ríos Los Calderones y Paconché. Se contabilizaron cuatro riachuelos, pudiendo observar que los afectados son; El Dique y Poza verde, en los cuales se observó la obstaculización del cauce con material de construcción (arena y piedra).

Otro tipo de daño al suelo que se pudo observar es la extracción de material del cauce de los mismos, este tipo de impacto ha causado cambio de curso del cuerpo de agua, como también inundaciones en tierras cultivables en partes bajas, así como arrastre y deposición de sedimentos en las partes bajas de la rivera del mismo; los ríos afectados fueron San Sebastián y Xolbaj.

1.5.3 Suelo

Este fue el recurso más afectado por la apertura del tramo carretero. Para realizar su estudio, fue necesario observar si los agricultores realizan prácticas de conservación de

suelos y agua, encontrándose que la práctica más común fue la implementación de terrazas; sin embargo, esta práctica no cumple con su objetivo en un 100%, debido a que las pendientes encontradas son mayores al 50%, por lo que la erosión persiste.

El uso más común que se le da al suelo es el agrícola. Según la capacidad productiva de los suelos, éstos deberían utilizarse para bosques productivos y/o conservación, pudiendo utilizarse para usos agroforestales con prácticas de conservación de suelos y agua. Debido al uso agrícola, por la presión poblacional, los suelos podrían ser usados para agricultura pero con prácticas de conservación de suelos y agua, para hacer eficiente la producción y no presentar mermas en la producción, tal como sucede el día de hoy, en donde se ha causado disminución en la fertilidad.

La erosión hídrica es el tipo de erosión que se observó a través de un análisis realizado en el lugar de influencia, habiéndose presentado variadas formas de erosión, ya que los procesos visibles que se dan son la formación de cárcavas, deslaves y remoción laminar del suelo.

1.5.4 Análisis de la problemática

1.5.4.1 Problemas identificados (investigación participativa)

a) Infraestructura y servicios

- Falta de Centros educativos.
- Existencia de basureros clandestinos.
- Falta de servicios básicos (energía eléctrica, teléfono).
- Falta de vías de acceso.
- Transporte muy limitado.

b) Suelo

- Erosión Hídrica y eólica.
- Azolvamiento de corrientes.
- Escasas prácticas de conservación de suelo.
- Bajo rendimiento de productos agrícolas.
- Mal uso del suelo.
- Sobre utilización del suelo.

c) Bosque

- No aplicación de tratamientos silvícolas.
- Deforestación por avance de frontera agrícola.
- Bosque sobre maduro.
- Utilización no sostenida del recurso bosque.
- Aprovechamiento de bosques con fines energéticos.
- Escasos o nulos viveros forestales.
- Falta de capacitación sobre Prácticas forestales.
- Falta de cultura forestal

d) Agua

- Contaminación de fuentes de agua (ríos, quebradas, riachuelos).
- Basureros en fuentes de agua.
- Extracción de materiales de fuentes de agua (arena y piedra).

1.5.4.2 Árbol de problemas

La priorización para la elaboración del árbol de problemas que se presenta en la figura 1-3, se trabajó bajo los escenarios ambientales que presentan una significativa alteración visual.

Árbol de problemas

Consecuencias

- Enfermedades.
- Baja calidad de vida.
- Erosiones hídricas y eólicas.
- Extinción de flora y fauna.
- Bajo desarrollo económico comunitario.
- Pérdida de cobertura vegetal.
- Degradación de recursos naturales del lugar.

Problemas

- Deterioro de los recursos naturales (agua, suelo y bosque).
- Deforestación.
- Contaminación de fuentes de agua.
- Falta de servicios básicos.
- Falta de materia prima, como fuente energética.
- Contaminación de fuentes de alimentos.

Causas

- Poca educación forestal.
- Poco manejo forestal de los bosques.
- Avance de la frontera agrícola.
- Escasas prácticas de conservación de suelo.
- Pocos viveros de especies forestales.
- Sobre población.
- Mal uso de los recursos naturales, (Agua, suelo y bosque).
- Mal uso y planificación de la tierra.
- Deficiencia en la educación a nivel primario y diversificado.

Figura 1-3 Árbol de problemas del área de influencia directa

1.5.4.3 Priorización de problemas

Cuadro 1-3 Priorización de problemas

| Problema | Pérdida Económica. (0 a 10) | Daños al ambiente. (0 a 10) | Personas afectadas por el problema. (0 a 10) | Prioridad. (0 a 30) |
|---|--|--|---|--------------------------------|
| Deterioro de los recursos naturales (agua, suelo y bosque). | 10 | 9 | 8 | 27 |
| Deforestación. | 9 | 8 | 9 | 26 |
| Contaminación de fuentes de agua. | 4 | 8 | 7 | 19 |
| Falta de servicios básicos. | 5 | 6 | 6 | 17 |
| Falta de materia prima, como fuente energética. | 9 | 8 | 8 | 25 |
| Contaminación de fuentes de alimentos. | 5 | 4 | 5 | 14 |
| TOTAL | | | 128 | |

Cuadro 1-4 Análisis de la prioridad de resultados

| Prioridad | Resultado |
|------------------|---|
| 0 a 10 Baja | Según el análisis realizado con la prioridad de problemas se tiene que el deterioro de los recursos naturales tales como el suelo, agua y bosque, en conjunto es la categoría que obtuvo un mayor puntaje (27), prioridad alta. |
| 11 a 20 Media | |
| 21 a 30 Alta | |

1.6 CONCLUSIONES

- El impacto ocasionado por la apertura del tramo carretero Comitancillo – San Lorenzo, a los recursos naturales renovables, suelo, agua y bosque se ven reflejados en varios aspectos negativos, siendo el suelo el recurso más afectado, ya que debido a la falta de un plan de manejo de conservación del mismo, el recurso se encuentra muy deteriorado, presentando en general el tipo de erosión hídrica, con sus diferentes formas; laminar, en surcos y cárcavas.
- Los cuerpos de agua, presentan un impacto negativo debido a que, se encuentran obstruidos por material (tierra) en especial el Río Xixal y la Quebrada la Ciénaga, por lo consiguiente el paso del caudal es afectado. Se detectó otro problema que presenta el recurso, y es que están siendo contaminados con desechos sólidos, ya que éstos son transportados por las desembocaduras (cunetas y cabezales), de agua con que cuenta el tramo carretero y varias desembocan en los ríos y riachuelos. Otro problema que presentan los cuerpos de agua y en especial los ríos Xolbaj y San Sebastián son: El dragado de sus cauces, provocando inundaciones y deposición de sedimentos en las partes bajas de la rivera de los ríos ya mencionados.
- El recurso bosque, que en su mayoría se distribuye a la orilla del tramo carretero, es afectado por la tala de árboles que se traduce en disminución de la masa boscosa, debido al derecho de vía del tramo carretero.
- Los daños ocasionados a la masa boscosa que se encuentra a orilla del tramo carretero fue afectado de una manera mecánica, ya que muchos árboles tanto de pino (*Pino pseudostrobus*), como aliso (*Alnus acuminata*) y ciprés (*Cupresus lusitánica*), se encuentran con ramas quebradas y algunas dobladas, algunos árboles inclinados, con la parte del sistema radicular descubierto, vulnerables a ser atacados por insectos, como hospederos para enfermedades fitopatógenas.

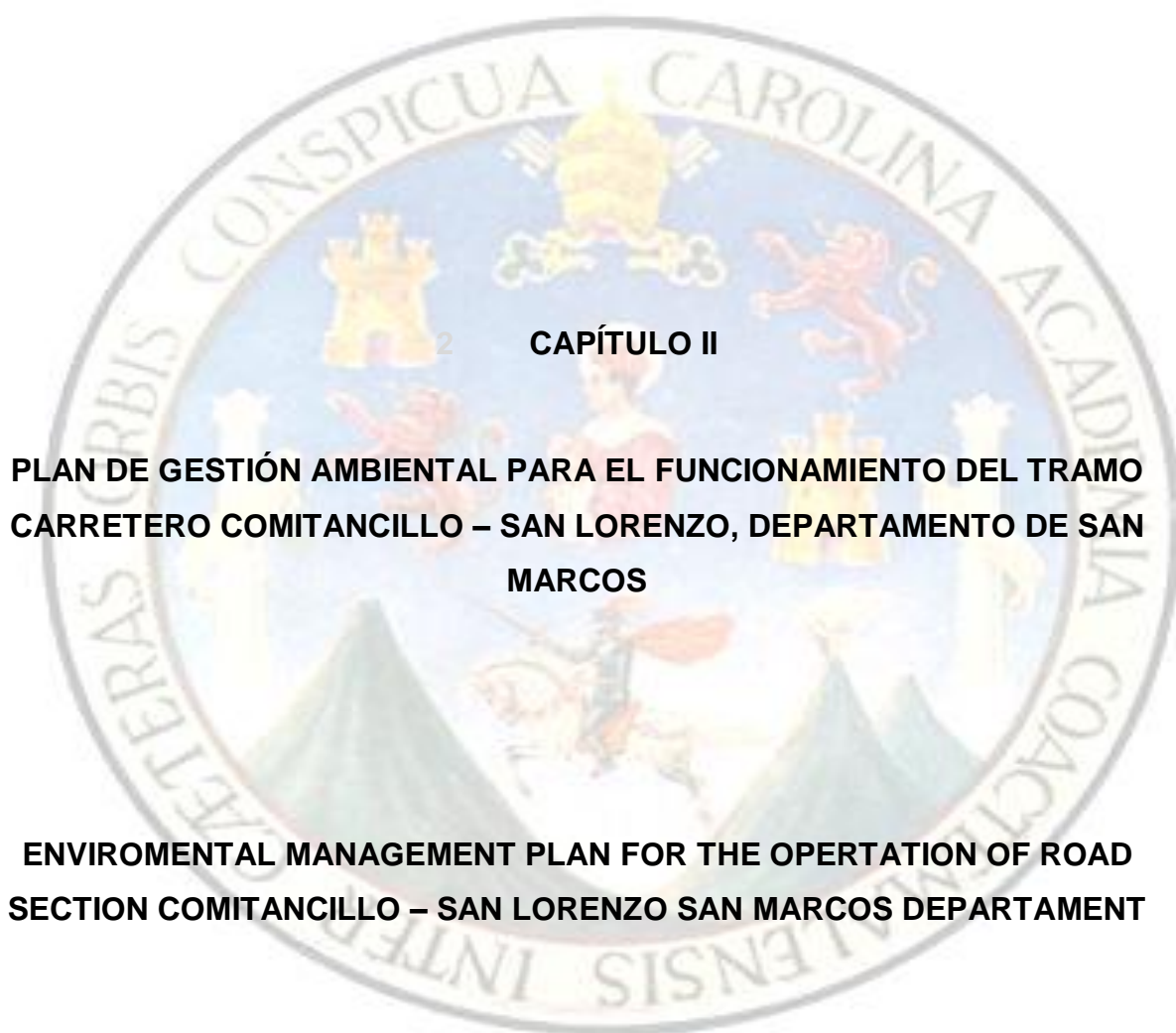
- Los cuerpos de agua presentan un daño mecánico en su estructura, ya que algunos de éstos se encuentran, tapados con material (tierra), provocando un cambio en el trayecto del cauce, afectando a los propietarios aledaños a la rivera del río.
- También el daño mecánico provocado a la estructura del río afecta a las especies que forman el bosque de galería provocando asfixia al sistema radicular por el acumulamiento de sedimentos depositados por el caudal del Río.
- El recurso suelo es el más afectado en todo el trayecto de la construcción del tramo carretero, ya que por falta de prácticas de conservación de suelos y agua, dicho recurso se está deteriorando al extremo.

1.7 RECOMENDACIONES

- Se recomienda a las municipalidades velar y asesorar a los propietarios de tierra que tengan bosques y rodales afectados por el derecho de vía, para evitar que árboles dañados sean focos de enfermedades y plagas.
- Las oficinas municipales de planificación, deben ser el ente verificador por el cual los habitantes y propietarios de tierras en las riberas de los ríos, en especial Xixal y San Sebastián, tengan el debido cuidado al realizar un tipo de inversión tanto de infraestructura, como de agricultura limpia, ya que dichos cuerpos de agua fueron dragados para la extracción de materiales y por lo consiguiente se encuentran azolvados en las partes bajas provocando pérdidas de dichas áreas, por tal motivo se recomienda que el técnico de la división municipal antes mencionada realice recorridos y proponga métodos de uso aplicando prácticas de conservación de suelos y agua.
- Se recomienda a la Oficina Forestal de cada municipalidad, para que el técnico responsable realice monitoreos constantes en los diferentes bosques naturales o plantados de cada jurisdicción municipal para evitar la expansión del gorgojo del pino (*Dendroctonus* sp).
- Establecer un vivero forestal y plantaciones en áreas antes cubiertas de bosque y que han sido descubiertas por acción de la construcción.
- Se recomienda a la empresa constructora contratada por el Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda (MICIVI), que realice trabajos de mitigación y corrección ambiental para evitar el deterioro de los recursos naturales del área de influencia directa del proyecto.

1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Cruz S, JR De La Cruz. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala, según el sistema de Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
2. Herrera Ibáñez, IR. 1995. Manual de hidrología. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 223 p.
3. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1967. Mapa topográfico de la república de Guatemala: hoja Tajúmulco, no. 1861-III. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
4. _____. 1976. Mapa topográfico de la república de Guatemala: hoja Comitancillo, no. 1861-II. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
5. _____. 2002. Manual de hidrogeología práctica. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. p. 65.
6. OMP (Oficina Municipal de Planificación, Municipalidad de Comitancillo, Departamento de San Marcos. GT). 2002. Diagnostico territorial Santa Cruz Comitancillo. Guatemala. 81 p.
7. OMP (Oficina Municipal de Planificación, Municipalidad de San Lorenzo, Departamento de San Marcos. GT). 2004. Diagnostico San Lorenzo. Guatemala. 14 p.
8. Simmons, CH; Táranos T, JM; Pinto Z, JH. 1959. Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, Instituto Agropecuario Nacional. 1,000 p.



CAPÍTULO II

**PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL TRAMO
CARRETERO COMITANCILLO – SAN LORENZO, DEPARTAMENTO DE SAN
MARCOS**

**ENVIROMENTAL MANAGEMENT PLAN FOR THE OPERTATION OF ROAD
SECTION COMITANCILLO – SAN LORENZO SAN MARCOS DEPARTMENT**

2.1 PRESENTACIÓN

El presente trabajo está orientado a describir y analizar los efectos que tiene el funcionamiento del proyecto denominado **rehabilitación de caminos secundarios en el altiplano del departamento de San Marcos Tramo: RDSM-01; Comitancillo-San Lorenzo 13 km.** Para la ejecución del mismo se llevó una serie de actividades que de una u otra manera modificaron el ambiente, por tal motivo se da a conocer el plan de gestión ambiental del funcionamiento del tramo carretero, ya que a través de este se pretende dar a conocer medidas más certeras que tienden a mitigar los efectos de la construcción post-obra.

El proyecto está localizado en el occidente del país, en el Departamento de San Marcos, los trabajos que se efectuaron para la Rehabilitación y Mejoramiento de los Caminos Secundarios, consistieron en colocar una estructura de pavimento mediante las operaciones de reacondicionamiento de la subrasante que existía, como también la colocación de sub-base de 15 cm de espesor, una base de grava de piedra triturada de 15 cm y superficie de rodadura Concreto Asfáltico, para dicha actividad se derribaron varios árboles en la ampliación del tramo carretero y eliminación de cobertura vegetal del lugar, cabe mencionar que se utilizaron varias áreas para el funcionamiento de campamentos, plantas de asfalto y trituradora. Se modificaron varios taludes de corte y las estructuras de drenaje según el diseño topográfico, ya que se colocaron tuberías con diámetros mayores a las que existían; modificando con ello los desfogues y drenajes naturales del área y por ende causando problemas de erosión. Todo ello modificaron de una u otra manera las áreas cultivables y los cuerpos de agua.

El plan que se propone está compuesto por 9 componentes, de los cuales se determinaron según la síntesis de impactos significativos que se provocarán según el funcionamiento del proyecto, siendo estos; a) Medidas para protección de la Calidad del aire, b) Medidas para el control del ruido, c) Manejo de residuos líquidos y sólidos, d) Medidas para reducir el riesgo de deslizamientos, e) Medidas de mitigación contra la erosión y transporte de

sedimentos, f) Medidas para la recuperación de la biodiversidad de los ecosistemas Terrestres, g) Medidas para reducir los cambios en el paisaje, h) Medidas de seguridad humana, i) Seguimiento y vigilancia ambiental.

Cada uno de los elementos que se mencionan anteriormente se basa en el impacto que se provoca con las actividades de rehabilitación y las posibles medidas que se proponen para poder revertir el daño que se ocasiona al medio. Las medidas seleccionadas siguen un patrón apegado a la realidad de las comunidades que se encuentran alrededor del proyecto, ya que muchas de las medidas que se plantean no necesitan materiales con un valor económico alto, más bien se proponen medidas en las cuales se utilicen recursos que se encuentren en el área de influencia directa. Se justifica cada componente del por qué se debe de tomar en cuenta la propuesta, a implementar, los responsables de la actividades que hay que realizar (municipalidad, COCODES, y vecinos de las diferentes comunidades que atraviesa la carretera). Como también el seguimiento por parte de dos Ministerios que juegan un papel muy importante; Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda (MICIVI), Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), ya que la intervención positiva de éstos depende del buen funcionamiento del tramo carretero y la compatibilidad del proyecto con el ambiente.

Obteniendo como resultado principal el buen funcionamiento del tramo carretero en aspectos de impactos ambientales que conllevan la actividad del mismo, logrado a través de la interacción de elementos tanto naturales como inducidos al área de influencia directa Comitancillo – San Lorenzo 13 km.

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Tipos de Impacto

A. Impacto ambiental

Se entiende el efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos. El concepto puede extenderse, con poca utilidad, a los efectos de un fenómeno natural catastrófico. Técnicamente, es la alteración de la línea de base (medio ambiente), debido a la acción antrópica o a eventos naturales, (Gutiérrez, 1997).

Las acciones humanas, motivadas por la consecución de diversos fines, provocan efectos colaterales sobre el medio natural o social. Mientras los efectos perseguidos suelen ser positivos, al menos para quienes promueven la actuación, los efectos secundarios pueden ser positivos y, más a menudo, negativos (Vides, 1981).

B. Impacto ambiental de vías terrestres

Las obras de infraestructura de transporte o vías terrestres, como son por ejemplo: caminos, carreteras autopistas, o autovías utilizan áreas importantes en el lugar de influencia, creando en el entorno impactos ambientales importantes (Vides, 1981).

Los beneficios socioeconómicos proporcionados por las vías terrestres incluyen la confiabilidad bajo todas las condiciones climáticas, la reducción de los costos de transporte, el mayor acceso a los mercados para los cultivos y productos locales, el acceso a nuevos centros de empleo, la contratación de trabajadores locales en obras en sí, el mayor acceso a la atención médica y otros servicios sociales y el fortalecimiento de las economías locales. Sin embargo, las vías terrestres pueden producir también complejos impactos negativos directos e indirectos (Vides, 1981).

C. Impactos directos de las vías terrestres

Se dan desde la fase de construcción de las mismas, y durante toda su vida útil. Los impactos más importantes relacionados con la construcción son aquellos que corresponden a la limpieza, nivelación o construcción del piso: Pérdida de la capa vegetal, exclusión de otros usos para la tierra, modificación de patrones naturales de drenaje, cambios en la elevación de las aguas subterráneas, deslaves, erosión y sedimentación de ríos y lagos, degradación del paisaje o destrucción de sitios culturales, e interferencia con la movilización de animales silvestres, ganado y residentes locales. Muchos de estos impactos pueden surgir no sólo en el sitio de construcción sino también en las pedreras, canteras apropiadas y áreas de almacenamiento de materiales que sirven al proyecto. Adicionalmente, pueden darse impactos ambientales y socioculturales adversos en proyectos tanto de construcción como de mantenimiento, como resultado de la contaminación del aire y del suelo, proveniente de las plantas de asfalto, el polvo y el ruido del equipo de construcción y la dinamita, el uso de pesticidas, derrame de combustibles y aceites, la basura y en proyectos grandes la presencia de mano de obra no residente (Vides, 1981).

D. Impacto en caminos rurales

Un camino influye en el ambiente a su alrededor de muchas formas. Los caminos frecuentemente alteran los patrones naturales de drenaje y tienen una tendencia para acumular agua de muchas formas. Las plataformas compactas restringen la infiltración que puede conducir a un incremento de escurrimientos. Los cortes y rellenos de las plataformas pueden restringir o modificar las corrientes de agua subterránea. La erosión y la degradación se aceleran cuando existen áreas grandes de superficies de plataformas, cortes expuestos y rellenos. El movimiento de tierra modifica la forma del terreno natural con bancas adicionales y pendientes empinadas.

Las estructuras de drenaje y los terraplenes de la plataforma pueden estrechar los cauces naturales y aumentar la velocidad de los canales. Así mismo los caminos consumen recursos naturales, reducen el área de producción, ocasionan o promueven contaminación, y pueden acelerar el uso de la tierra y cambio social (Gordon, Bauer y Aldana, 1995).

E. Erosión

La erosión del suelo se define como el movimiento de tierra debido al agua y el viento, es uno de los impactos ambientales más comunes y serios de los proyectos de caminos. La erosión es una función del clima, la topografía (declive, los suelos, la vegetación y la acción humana, tales como, los métodos de cultivo, las prácticas de riego, el uso de equipo agrícola, la construcción de caminos y otras actividades de desarrollo rural, usualmente, el control de la erosión se hace más necesario a medida que el declive del terreno se incrementa, debido a que éste ayuda a que la tierra se mueva. La construcción, el uso y el mantenimiento de caminos pueden causar problemas de erosión de los suelos y sedimentación en cuerpos de agua. Cuando las condiciones naturales son alteradas por la construcción de un camino se da el banderazo de salida de una carrera entre los procesos de la erosión y el restablecimiento de la vegetación en los taludes desnudos y el paisaje alterado. La acción erosiva se manifiesta en el mismo camino, en los bancos de préstamo o en los cauces de ríos y riachuelos. Las pérdidas en términos económicos y ambientales pueden ser significativas para los encargados del camino y terceros (Gordón, Bauer y Aldana, 1995).

2.2.2 Áreas de Influencia

A. Área de localización del proyecto

Superficie de terreno afectada directamente por las obras o actividades tales como el área de construcción, instalaciones, caminos, sitios de almacenamiento, disposición de materiales y otros. La localización de la ruta debe incluir estudios a nivel de oficina,

basados en mapas e información disponible y localización de campos de caminos alternos. El reconocimiento del campo es muy importante para verificar las condiciones actuales del terreno. La localización de campo a menudo requiere varias evaluaciones en el lugar de la ruta propuesta o de las rutas alternas, una ruta propuesta puede ser señalada en el lugar y después ajustada varias veces, para evitar algunos rasgos y pendientes fuertes o ajustar la alineación del camino para que el trazo sea más parejo, para reducir al mínimo la modificación del ambiente y movimiento de tierras o para dar acceso a lugares específicos adicionales a través de la ruta, durante el proceso de localización del camino a nivel de campo, los puntos de control son localizados y las áreas problemáticas específicas pueden ser examinadas y evaluadas, tales como drenajes y posible localización de puentes, áreas de ganchos, cuestas pronunciadas y cortes, áreas húmedas e inestables, e intersecciones (Gordón, Bauer y Aldana, 1995).

B. Área ambiental frágil

Espacio geográfico que en función de sus condiciones de geopotencialidad, capacidad de uso del de la tierra o de ecosistemas que lo conforman, o bien de su particularidad sociocultural, presenta una capacidad de carga limitada y por tanto, limitantes técnicas para su uso y para la realización de proyectos, obras, industrias o actividades (Vides, 1981).

2.2.3 Tipos de Plan

A. Plan de contingencia

Descripción de las medidas a tomar como contención a situaciones de emergencia derivadas del desarrollo del proyecto, obra, industria o actividad y para situaciones de desastre natural (MARN, 2008).

B. Plan de gestión ambiental

Conjunto de operaciones técnicas y acciones propuestas, que tienen como objetivo asegurar la operación de un proyecto, obra, industria o actividad, dentro de las normas legales, técnicas y ambientales para prevenir, corregir o mitigar los impactos o riesgos ambientales negativos y asegurar a los proponentes, la mejora continua y la compatibilidad con el ambiente. Puede formar parte integral de los instrumentos de evaluación ambiental, a fin de organizar las medidas ambientales y los compromisos que implican. En determinados casos, en la evaluación ambiental de proyectos, obras, industrias o actividades de moderado impacto, podrían ser solicitados como complemento de la evaluación ambiental inicial (MARN, 2008).

C. Plan de revegetación

El uso de vegetación para el control de erosión a lo largo de caminos rurales requerirá una inversión por parte de la Dirección General de Caminos (DGC), tales como tiempo de personal, material y equipo, a fin de utilizar estos recursos limitados en una manera eficiente, efectiva y con un costo mínimo será beneficioso planificar adecuadamente las actividades necesarias antes de del inicio del proyecto y plasmarlo en un plan de revegetación. En realidad, la complejidad del plan depende de la intensidad del proyecto y el nivel de problemas de erosión o problemas potenciales en el área del proyecto (Gordón, Bauer y Aldana, 1995).

2.2.4 Partes de una carretera

A. Terracería

Es el conjunto total de material no clasificado de una carretera, conformada en todas sus etapas previas, por la maquinaria, hasta el nivel de subrasante, incluye cortes y rellenos (MICIVI, DGC, 2002).

B. Sub-rasante

Es la capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad en que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto (MICIVI, DGC, 2002).

C. Reacondicionamiento de Sub-rasante

Es la operación que consiste en escarificar, homogenizar, mezclar, uniformizar, conformar y compactar la sub-rasante de una carretera previamente construida efectuando cortes y rellenos, no mayores de 20cms de espesor, con el objeto de regularizar, mejorando mediante estas operaciones las condiciones de la sub-rasante, como cimiento de la estructura del pavimento (MICIVI, DGC, 2002).

D. Derecho de vía

Es toda la faja de terreno seleccionado para la construcción de una carretera. Los terrenos afectados deberán ser expropiados a favor del estado. El costo del derecho de vía debe ser tomado en cuenta en el proyecto de una carretera; el costo estará determinado por la clase del terreno que atraviesa la carretera es un asunto de orden legal y se rige por las leyes de cada país. En la determinación del ancho del derecho de vía; este estará determinado por las exigencias de cada caso en particular. El derecho de vía no tiene que ser constante a todo lo largo de la carretera. Este ancho variará cuando los cortes y rellenos sean muy altos, necesitándose terreno adicional para que los taludes queden dentro del derecho de vía (Gómez, 2005).

En Guatemala el derecho de vía corresponde a 12.5m a partir de la línea central hacia a cada lado teniendo 25m en total, de la cual el Estado posee derecho sobre las propiedades para la construcción de infraestructura (DGC, 2002).

El Estado proporcionará al Contratista libre de costo, el Derecho de Vía necesario para la construcción de la carretera, sus estructuras, obras de protección necesarias y anexos; Antes de que el Contratista principie sus operaciones en la obra. El Estado, antes de iniciarse los trabajos, debe de obtener tales derechos de vía. Por cualquier circunstancia no los tuviere, en la medida que esto afecte el trabajo del contratista, indemnizará a este por los perjuicios que se le causen. Las afectaciones de familias vulnerables dentro del derecho de vía y que estén incluidas en las Disposiciones Especiales deberán ser de estricto cumplimiento por parte del contratista, el Estado podrá optar en las licitaciones en proveer un renglón para el establecimiento del Derecho de Vía, si es adquirido por trabajos por administración, a cargo del contratista (, DGC, 2002).

E. Socavación

Es una consideración clave de diseño para puentes construidos sobre depósitos de material aluvial fino. Los diseños de puentes que involucran condiciones críticas de socavación deberían ser analizados por personal con experiencia considerable sobre el tema. La socavación y la falla del cimiento es la causa más común de ruptura de un puente (Gordón, Bauer y Aldana, 1995).

F. Sistemas de drenaje para caminos

El sistema de drenaje es el aspecto más importante del diseño y la construcción de caminos por el impacto ambiental, costo de construcción, mantenimiento y reparación, en el diseño de caminos los tres aspectos más importantes son: Drenaje, drenaje y drenaje. Los principios para un sistema de drenaje para caminos son muy elementales, sin embargo, no son ampliamente dominados por mucha gente, y como consecuencia, no se le presta la atención que realmente merecen, un buen sistema de drenaje para un camino requiere mucha atención en los detalles, del diseño y la construcción (Gordón, Bauer y Aldana, 1995).

G. Sub-drenaje

El agua subterránea puede ocurrir en suelos saturados, grietas o fracturas en la roca, en las zonas de falla, sepultadas en estratos aluviales, puede naturalmente salir sobre una ladera o en un área de manantial, o puede salir en un área como resultado de un nuevo corte de camino, o la modificación de agua subterránea, y los modelos de corriente ocasionados por la construcción de un relleno sobre un área. También un camino puede cruzar un área inundada o cenagosa que necesite ser drenada (Gordón, Bauer y Aldana, 1995).

H. Corte de talud

Tanto la estabilidad de las excavaciones y taludes de cortes, como la de los rellenos, son muy importantes para reducir los costos de mantenimiento de los caminos y los impactos en el ambiente. Un derrumbe o un relleno mal hecho pueden producir mil veces más sedimento que la erosión de la capa del camino en un área determinada. Los deslizamientos en cortes de taludes frecuentemente tapan los drenajes superficiales, particularmente donde el camino tiene un peralte hacia adentro con cunetas en el mismo lado (Gordón, Bauer y Aldana, 1995).

I. Taludes de Rellenos

La construcción de rellenos es generalmente una parte rutinaria del movimiento de tierra en un proyecto de construcción. El uso de material de una calidad razonable, buen control de compactación y los ángulos estándares recomendados para taludes de rellenos producirán generalmente una estructura estable. El ángulo de inclinación para la mayoría de materiales utilizados para construir taludes de rellenos estables es de 1 ½:1 (H: V). Los rellenos de roca pueden ser estables sobre inclinaciones con un ángulo hasta de 1 1/3:1. Para lograr una buena estabilización vegetal en una ladera, los rellenos deben ser de un 2:1 o con una ladera más plana, especialmente para taludes menos de 3 metros de alto (Gordón, Bauer y Aldana, 1995).

J. Muros de Contención y Escolleras

Las estructuras de contención o retención se utilizan en las diferentes aplicaciones en la construcción de caminos, incluyendo la estabilización de pendiente. Su aplicación principal consiste en resolver las limitaciones de espacio donde se necesita un muro para apoyar el camino en las partes estrechas, tales como, cuando el terreno tiene una inclinación muy pronunciada. También son utilizados para reconstruir caminos donde ha habido una falla de relleno, para evitar cortes de ladera en zonas de deslizamiento (Gordón, Bauer y Aldana, 1995).

K. Cárcavas

Una cárcava es una zanja causada por la erosión del suelo que sigue generalmente la pendiente máxima del terreno y constituye en cauce natural donde se concentra y corre el agua proveniente de las lluvias. El agua que corre por la cárcava arrastra gran cantidad de partículas de suelo producto de la erosión (Gordón, Bauer y Aldana, 1995).

L. Carretera

En términos generales, se le denomina así, a una vía de uso público para propósitos de movimientos de vehículos y peatones. En un área urbana, con o sin banquetas la vía pública es llamada calle (MICIVI, DGC, 2002). Se considera que una carretera es una vía de tránsito público construida dentro de los límites del derecho de vía es un camino de características modernas destinado al tránsito de un número relativamente grande de vehículos motorizados (MICIVI, DGC, 2002).

M. Clasificación de carreteras

Primera, segunda, rurales y vecinales.

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 Objetivo General

Asegurar el funcionamiento del proyecto Rehabilitación de Caminos Secundarios en el Altiplano del Departamento de San Marcos, Tramo: RDSM-01; Comitancillo-San Lorenzo (13 Km), a través de un Plan de Gestión Ambiental que se encuentre dentro de las normas ambientales para prevenir, corregir o mitigar los impactos o riesgos ambientales negativos y asegurar a usuarios y beneficiarios, la mejora continua y la compatibilidad con el ambiente de la zona.

2.3.2 Objetivos Específicos

- Descripción general del proyecto Rehabilitación de Caminos Secundarios en el Altiplano del Departamento de San Marcos, Tramo: RDSM-01; Comitancillo-San Lorenzo (13 Km).
- Identificación y selección de impactos ambientales, producidos por la construcción del tramo carretero, que tendrán efectos negativos post-obra.
- Elaboración de propuestas de mitigación de los impactos más significativos, encontrados en el tramo carretero.

2.4 METODOLOGÍA

La metodología que se utilizó para la realización del Plan de Gestión Ambiental (PGA), se dividió en dos partes; obtención de datos (fase de campo) y fase de análisis e integración (fase de gabinete).

2.4.1 Fase de obtención de datos (fase de campo)

Se realizaron viajes al área de influencia directa y se realizó investigación bibliográfica de temas relacionados a la obra tales como documentos oficiales que dieron origen a los planes de construcción del proyecto. Durante los recorridos que se realizaron en el área, se hizo un estudio detallado de las condiciones ambientales propias del lugar, donde se realizó la obra y un estudio sobre el entorno cultural, a través de este se analizó y observaron los impactos a estudiar y las medidas de mitigación más apropiadas.

Se realizaron visitas a las municipalidades involucradas en especial a las oficinas de planificación municipal (OMP), para obtención de información primaria de los municipios, mapas de vías de acceso, diagnósticos de los municipios y otros datos de importancia para la elaboración del PGA.

Se realizaron entrevistas con profesionales que tuvieron a cargo el diseño de la carretera y se estudió las secciones típicas que se utilizaron para la construcción, los diagramas de masa para los movimientos de tierras y la estructura de pavimento ya que éstos son de gran ayuda para brindarnos una idea de los volúmenes de materiales que se manejaron en la obra y la utilización que se les dió, al final se obtuvieron parámetros a seguir para poder identificar los impactos que se generaron principalmente en las medidas que se debieron tomar para su mitigación.

2.4.2 Fase de integración de datos (fase de gabinete)

La información proporcionada por las municipalidades, en especial las OMP, se utilizó para realizar análisis de modificaciones y cambios entre las formas de vida, uso de la tierra, cultivos, bosques, cuerpos de agua, estructuras civiles, con la carretera anterior (de terracería) y la hoy actual de concreto asfáltico, la forma en que ésta beneficia o causa daños a vecinos del área de la misma, ya que muchas veces las estructuras provocan daños tanto de erosión como de cambio y uso de la tierra.

Se analizaron e identificaron todos los impactos que se generaron durante la construcción del tramo carretero y se analizó el estudio de impacto ambiental para tener una mejor perspectiva del proyecto, para poder así hacer recomendaciones a cada una de las medidas de mitigación que se aplicaron y se recomiendan en la propuesta de nueve temas relevantes que conforman el presente Plan de Gestión Ambiental para el funcionamiento del tramo carretero.

2.5 RESULTADOS

El plan de gestión ambiental que se presenta en éste documento tiene como objetivo primordial asegurar el buen funcionamiento del proyecto, dentro de las normas legales, técnicas y ambientales, ya que las actividades para la construcción del tramo carretero tienen una serie de modificaciones para el ambiente y generan una serie de impactos negativos por lo que el estudio de impacto ambiental realizado propone una serie de procesos para recuperación de áreas denominada mitigación ambiental, pero a su vez varias de éstas no se cumplen por lo que el plan de gestión ambiental en funcionamiento del proyecto que se propone, pretende la mejora continua y compatibilidad de la obra con el ambiente.

2.5.1 Descripción del proyecto

2.5.1.1 Síntesis general del proyecto

El proyecto carretero comprende los Estudios de Diseño y ejecución de una carretera de 13 Km de longitud con una sección típica “E” modificada a lo largo de toda la ruta, con una estructura de pavimento cubierta con un Concreto Asfáltico (MCOP, DGC, 2009). El diseño de la carretera incluye la rehabilitación de lo existente y una mejora geométrica del trazo de la carretera actual. La carretera cuenta con obras de drenaje mayor y menor para brindar un buen drenaje a la carretera. Las obras de drenaje cuentan con sus respectivas cajas y cabezales de entrada y salida, cunetas, bordillos, muros de contención y cajas de gaviones donde sea necesario. El proyecto incluye medidas de ejecución ambiental para la mitigación de todos aquellos impactos negativos que puedan producirse, también cuenta con un monitoreo constante a lo largo de todo el tiempo de ejecución y mediante la buena práctica del plan de gestión ambiental.

Dicho proyecto se encuentra en la fase de funcionamiento, como también habilitación de la carpeta de rodadura y carpeta asfáltica, en la fase de corte (ampliación del derecho de

vía), las actividades fueron diversas: Movimiento de grandes volúmenes de tierra, acarreo y formación de áreas para botaderos, y eliminación de árboles que se encontraban a orilla de la ruta, replanteo de línea central, acompañados de la elaboración de obras de sub-drenajes y colocación de tuberías transversales, la fase de la elaboración de carpeta asfáltica, dentro de sus actividades se encontraban el acarreo y elaboración y mezcla de piedra triturada con líquidos bituminosos (MCOP, DGC, 2009).

2.5.1.2 Ubicación geográfica y Área de Influencia del Proyecto

En la figura 2-1, se puede observar a través de una imagen satelital el área de influencia directa donde se desarrollo el proyecto carretero Comitancillo – San Lorenzo, con un total de 13 Km. Las colindancias del área de influencia son al Norte con el municipio de Tejutla, al Este los municipios de Cabricán y Río Blanco, al Sur los municipios de San Pedro Sacatepéquez, San Antonio Sacatepéquez y San Marcos y al Oeste los municipios de Tejutla y San Marcos (Feliciano, 1996).

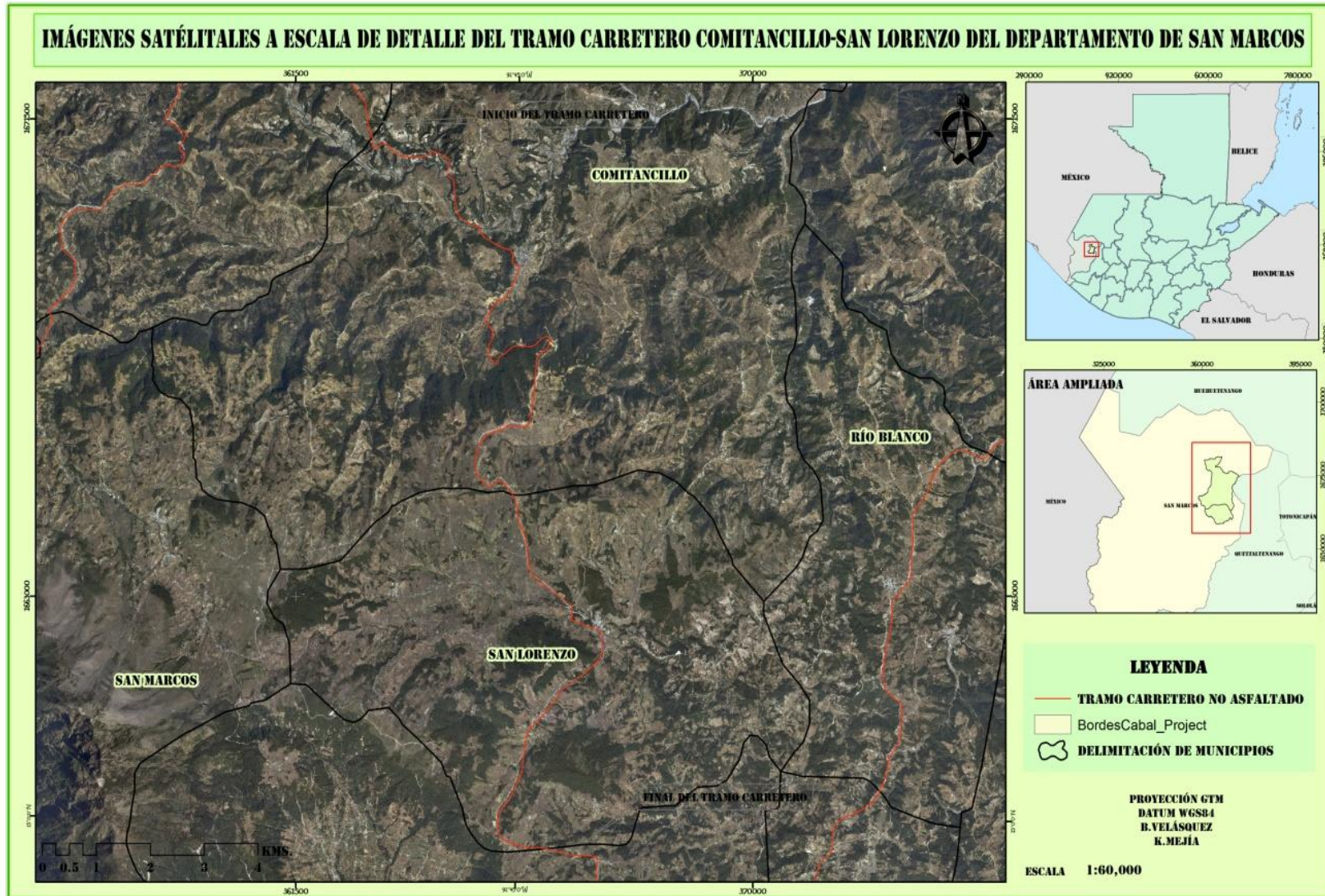


Figura 2-1. Área de influencia directa proyecto carretero Comitancillo – San Lorenzo 13 km. Fuente: MAGA 2006.

El tramo carretero que se construyó tiene una longitud de 13 km, con una sección típica de tipo “E” modificada, por lo que se ha determinado como zona de influencia directa del proyecto una franja paralela a la carretera con un ancho de 5 km, por lo que se tiene un área de influencia de 65 km². La ubicación político-administrativa del tramo carretero que se construyó sobre los municipios de Comitancillo y San Lorenzo en el Departamento de San Marcos, pasando por las comunidades denominadas; Las Flores, La Primavera, Ixmoco, Tuichilupe, Vista Hermosa pertenecientes al municipio de Comitancillo. Las comunidades de San Lorenzo por las cuales se desarrolló el tramo carretero son; Talquichó, Corinto y Cerro Grande, (MCOP, DGC, 2009). La carretera se construyó dentro del derecho de vía de la que existía anteriormente (de terracería), por lo que el derecho de vía sobre esos terrenos pertenecen al Estado de Guatemala, (MCOP, DGC, 2009).

2.5.1.3 Componentes del proyecto y sus fases

El proyecto tuvo una duración de 15 meses, dentro de ellos se realizaron los trabajos necesarios para mejorar la subrasante que existía, se realizaron saneamientos laterales para dar el ancho de sección, colocación y mejoramiento de los drenajes menores, colocación de una capa de sub base de 0.20 metros de espesor, una capa de base de 0.15 metros de espesor y como corona de rodadura el tendido del concreto asfáltico. Todos los trabajos anteriormente citados necesitaron del montaje previo de campamentos, plantas de trituración, talleres, tanques y para la finalización de los mismos el desmontaje de la infraestructura que fue necesaria para la obra. (Solel Boneh, 2009).

El monitoreo ambiental de la obra incluyó la ejecución de los renglones contractuales generados por el estudio de impacto ambiental y la observancia de las Disposiciones Ambientales para el proyecto, el acompañamiento ambiental se dió desde la fase de diseño con el diagnóstico ambiental y la elaboración de los planes de manejo ambiental para la obra. Los componentes y fases del tramo carretero siguieron una serie de actividades ordenadas para la conclusión de la obra. Estos se dan a conocer en el cuadro siguiente.

Cuadro 2-1. Fases de construcción que se utilizaron para la ejecución del tramo carretero

| No. | Tipo de fase. |
|-----|--|
| 1 | Ejecución Ambiental |
| 2 | Verificaciones y ampliaciones de derecho de vía |
| 3 | Inventario forestal |
| 4 | Control de calidad |
| 5 | Diseño topográfico |
| 6 | Reacondicionamiento de terracería. (Sub-Rasante, Sub-Base). |
| 7 | Conformación de botaderos |
| 8 | Elaboración de estructuras de drenaje |
| 9 | Colocación de carpeta asfáltica |
| 10 | Señalización de tramo carretero |
| 11 | Movimiento y limpieza de materiales no utilizados en construcción del tramo carretero |
| 12 | Reforestación a lo largo del tramo carretero, como en las áreas donde se utilizaron como campamentos, plantas de asfalto y trituradora |

Fuente: Solel Boneh Guatemala

2.5.1.4 Infraestructura que se desarrolló (descripción básica)

Se concluyó la obra con una carretera de segunda categoría, y carpeta asfáltica, con el drenaje adecuado para una mejor vida útil del proyecto. La carretera tiene un ancho de 7.20 metros de corona de rodadura, hombros y cunetas según la sección típica de diseño, la construcción mejoró tanto la geometría horizontal como la vertical (MCOP, DGC, 2009).

2.5.2 Identificación, caracterización de impactos ambientales

El propósito primordial de este apartado es identificar y caracterizar los posibles impactos positivos y negativos que puedan tener lugar al funcionamiento de la carretera. Por medio

del análisis de relación causa-efecto de cada una de las actividades del proyecto y su medio, se identificaron los impactos a que estará sometido el ambiente.

La identificación de impactos se ha realizado en base a las condiciones actuales del tramo carretero y conforme los cambios que resultaron durante la construcción, la valoración de los Impactos no tiene un rango cuantitativo, sino más bien un valor cualitativo respecto al entorno cultural de la obra.

No hay ningún trabajo en carreteras que no genere impactos negativos, la sola acción del hombre dentro de cualquier ecosistema y la variación del mismo produce impactos negativos (Gordón, Bauer y Aldana, 1995). Los escenarios ambientales o medios en los cuales se analizaron cada una de las actividades del proyecto son: Agua, Aire, Biológicos, Paisaje, Socioeconómicos y de Riesgo. Los indicadores ambientales utilizados como criterios para identificar impactos ambientales del proyecto se presentan a continuación en el siguiente cuadro.

Cuadro 2-2. Criterios utilizados como indicadores de impacto ambiental que presenta el tramo carretero en funcionamiento

| Indicadores Ambientales | Factor Ambiental | Impacto Ambiental Esperado |
|---|-------------------------|---|
| Cambio de uso de la tierra | Suelo | Cambio en el uso de la tierra |
| Mezcla con materiales como aceite y todo tipo de lubricantes, resultado de la maquinaria pesada que se utilizo en la construcción y vehículos que circulan actualmente. | Suelo, Agua | Cambio del relieve topográfico natural y contaminación de mantos freáticos y cuerpos de agua, por derrames de aceites u otro tipo de líquidos bituminantes. |
| Alteración del relieve topográfico en su estado natural. | Suelo | Cambio del relieve topográfico natural |
| Alteración en su composición química por la presencia de sustancias diferentes. | Recurso Hídrico | Alteración de la calidad del agua. |

| | | |
|--|-----------------|---|
| Cambios de las pendientes naturales a pendientes obligadas. | Recurso Hídrico | Alteración de la dirección de los flujos de aguas naturales por medio de aguadas de invierno, colocación de tuberías transversales, y desfuegos de las mismas a cuerpos de agua del área. |
| Cambios de los niveles sonoros por el incremento vehicular tanto pesado como liviano, ya que el área es como un corredor para ingresar a los municipios del altiplano marquense. | Aire | Incremento en los niveles sonoros. |
| Superficie afectada por olores y por concentración de basureros clandestinos. | Aire | Introducción de olores contaminantes que pueden provocar algún tipo de enfermedades respiratorias. |
| Disminución de la visión sobre una superficie y cambio de color en plantas por deposición de exceso de humo resultado de la combustión interna de los automotores. | Aire | Deposición de polvos y humos en superficies. Tanto naturales como las mismas habitaciones que se encuentran paralelas al tramo carretero. |
| Cambios en su composición química, debido al incremento de Monóxido de Carbono CO. | Aire | Alteración de la composición del aire (fase gaseosa). Provocando una alteración del mismo y por ende provocación de enfermedades respiratorias a los vecinos del lugar. |
| Remoción de la cubierta vegetal. | Biológicos | Alteración de la flora. |
| Extinción y/o migración de la fauna, debido a la alta intervención antrópica. | Biológicos | Alteración de la fauna. |
| Unidades de valor paisajístico, cobertura o grado de cubierta vegetal. | Paisaje | Alteración de la calidad del mismo por introducir un factor distinto a los naturales que presenta el paisaje del área. |
| Contraste estructural, relaciones pendiente | | Impacto Visual. Cambio e incremento de la velocidad de las aguas de lluvia, |

| | | |
|--|-----------------|--|
| natural-pendiente introducida. | Paisaje | y por ende incremento de la erosión tanto laminar y formación de cárcavas. |
| Cambio de la perspectiva de la cuenca, del alcance y de ángulo de incidencia visual. | Paisaje | Impacto Visual. |
| Mejora de vías de acceso y de servicios básicos. | Socioeconómicos | Desarrollo económico local. |
| Mejoras dentro de la comunidad (área de influencia). | Socioeconómicos | Generación de empleos, y desarrollo local. |
| Mayor tráfico vehicular. | Socioeconómicos | Incremento de transporte. |
| Lesiones Humanas. | Riesgos | Mayor incidencia de Accidentes. |
| Deslizamiento de tierra durante la actividad de funcionamiento. | Riesgos | Falla de los taludes construidos. |
| Falla de los taludes de corte. | Riesgos | Falla de los taludes naturales. |

Fuente: Elaboración propia.

2.5.3 Componentes del Plan de Gestión Ambiental

Según el análisis de los impactos que se realizó en el cuadro 2-2, se elaboró el siguiente Plan de Gestión Ambiental (PGA), que se podrá aplicar con el funcionamiento del tramo carretero, elaborado para los ocho componentes que se presentan a continuación:

- Medidas para Protección de la Calidad del Aire.
- Medidas para el Control del Ruido.
- Manejo de Residuos Líquidos y Sólidos.
- Medidas para Reducir el Riesgo a Deslizamientos.
- Medidas de Mitigación contra la Erosión y Transporte de Sedimentos.
- Medidas para la Recuperación de la Biodiversidad de los Ecosistemas Terrestres.
- Medidas para Reducir los Cambios en el Paisaje.
- Seguimiento y Vigilancia Ambiental.

2.5.3.1 Medidas para protección de la calidad del Aire

Impacto

Emisión de gases al ambiente – para evitar daños a la salud de los habitantes del lugar.

Propuesta

Plantar a orilla del tramo carretero árboles de Aliso (*Alnus acuminata*).

A. Justificación para realizar la actividad

La construcción del tramo carretero trae en si un aumento considerable del tráfico, ya que ésta carretera funciona como un corredor para ingresar al altiplano de San Marcos. Los vehículos utilizan combustibles derivados del petróleo y por ende desprenden CO (Monóxido de Carbono), al realizar la combustión interna, siendo mucho mayor ahora a la cantidad emitida cuando el tramo carretero era de terracería. Con la plantación de esta especie se pretende que los gases emitidos por los vehículos sean fijados por el aliso reduciendo así su porcentaje en el ambiente. La especie que se recomienda para plantar es el Aliso (*Alnus acuminata*), debido a su rápido crecimiento y por ser una especie nativa, ya que se desarrolla bien por el tipo de zona de vida que presenta el lugar.

Los automóviles son los responsables del 55 al 95% de la contaminación atmosférica por Monóxido de Carbono. Este contaminante es nocivo para la salud ya que se fija fuertemente a la hemoglobina impidiendo que lo haga el Oxígeno, como consecuencia los tejidos pueden presentar un déficit de Oxígeno provocando dolores de cabeza, disminución de la capacidad intelectual y de la agudeza visual, (DGMA, ES. 1984). Se estima que el 28% del monóxido de Carbono presente en el aire es absorbido por las plantas, (Audesirk T, Audesirk G, 1997).

La capacidad de fijar nitrógeno en simbiosis, con microorganismos Actinomicetos del género Frankia le da la facultad de colonizar suelos pobres y fertilizar los suelos donde crece, acumulando una extraordinaria cantidad de materia orgánica en un tiempo relativamente corto, (Mstandley J, 1946). Por lo que es un buen recurso para beneficiar a los agricultores que se vieron afectados por la construcción del tramo carretero de una u otra manera en sus terrenos cultivables, se comporta como una especie marcadamente pionera, especialmente adecuada como rodal protector inicial de las laderas erosionadas y en las cuencas hidrográficas de las tierras altas.

a.1. **El árbol en la regulación del CO**

Las mediciones realizadas de las variaciones diurnas del Monóxido de Carbono-CO en el aire interior de las masas forestales, muestran que la fotosíntesis introduce importantes modificaciones en la cantidad de CO reduciéndolo. Esta función de los bosques no debe despreciarse. Los bosques fijan 2.5 toneladas de CO/ha/año y liberan 6.67 toneladas de O₂ (Oxígeno)/ha/año. Mientras más productivo y saludable sea el bosque más eficaz será la liberación de Oxígeno (Morales MC, 2007).

Los bosques pueden ser extremadamente importantes para la reducción de los niveles de Monóxido de Carbono-CO, ya que los árboles lo toman del aire y lo retienen en sus tallos, hojas y raíces. Los árboles, y la mayoría de las otras plantas, capturan el Monóxido de carbono durante la fotosíntesis y lo usan para producir moléculas orgánicas, (Morales MC, 2007).

a.2. **Rehidratación de la atmósfera**

Tarea realizada por los árboles (todas las plantas) mediante la transpiración. Mediante este proceso, las plantas entregan vapor de agua a la atmósfera a través de los estomas (Audesirk T, Audesirk G, 1997).

a.3. El árbol como mitigador de la contaminación

Según, Morales MC, 2007 el aire está cargado de contaminantes sólido, líquido y gaseoso, 80 % de estas partículas pueden quedar en suspensión y crear una nube de contaminación. El árbol contribuye a disminuir contaminantes por las dos vías que a continuación se detallan:

a.3.1 Retención de partículas por el follaje

Absorción y transformación de contaminantes. Una de las consecuencias de la ventilación atmosférica generada por los árboles es rebatir el aire enfriado sobre la pantalla vegetal que actúa como una especie de filtro quedando muchas partículas retenidas en el follaje. La retención de estas partículas se realiza por un efecto aerodinámico y por un efecto de captación. El efecto aerodinámico está ligado a la rugosidad del follaje que frena el aire y crea localmente turbulencias a nivel de la copa reteniendo partículas en suspensión. Por el efecto de captación se fijan las partículas a las hojas (sedimentación e impacto), (Morales MC, 2007).

a.3.2 Absorción de óxidos de Nitrógeno

Estos óxidos se forman en la cámara de combustión de los vehículos a partir del Nitrógeno gaseoso (que normalmente contiene el aire que respiramos y no nos resulta tóxico) y el Oxígeno al ser sometido el aire a alta presión y temperatura. Los óxidos de Nitrógeno también se fijan a la hemoglobina formando compuestos estables que disminuyen la fijación de Oxígeno. La depuración del dióxido de Nitrógeno por los árboles ha sido estimada a partir de ciertas mediciones en una reducción teórica de alrededor del 50%, (Morales MC, 2007). El árbol contribuye a disminuir la contaminación química generada por la actividad humana, en el caso de algunos contaminantes, estos pueden absorberlos y transformarlos como el monóxido de Carbono y el dióxido de Nitrógeno. En otros casos sólo puede acumularlos sin transformación como el Plomo, (Morales MC, 2007).

B. Información básica del Aliso (*Alnus acuminata*)

b.1. Descripción técnica

Se presenta la descripción técnica de la especie que se utilizara como recurso para mitigar las medidas para protección de la calidad del aire, estas se dan a conocer en el cuadro siguiente.

Cuadro 2-3. Clasificación científica del aliso (*Alnus acuminata*)

| Clasificación Científica | |
|--------------------------|---------------|
| Reino | Plantae |
| División | Magnoliophyta |
| Clase | Magnoliopsida |
| Orden | Fagales |
| Familia | Betulaceae |
| Genero | Alnus |
| Especie | Acuminata |

Fuente: (Mstandley J, 1946).

Árbol hasta de 20 m de altura, tronco único desde la base, a veces varios, corteza escamosa, gris, con lenticelas observables a simple vista, el follaje es perenne cuando crece en quebradas húmedas y caducifolias en ladera semi secas, (Mstandley J, 1946).

Hojas: Alternas, simples, ovoideas, algo resinosas, con el ápice acuminado y el borde aserrado. Flores: Unisexuales, masculinas y femeninas sobre un mismo árbol, pero en inflorescencias diferentes, flores masculinas agrupadas en amentos, péndulos, flores femeninas con brácteas formando un cono estrobiliforme. Frutos: Nueces pequeñas, aladas, protegidas dentro del estróbilo leñoso, liberadas a la madurez y diseminadas por el viento y el agua.

El aliso puede soportar temperaturas por debajo de cero por breve tiempo, debido al clima que se presenta en el lugar en especial al finalizar el año y el inicio del próximo se

presentan heladas con temperaturas de 0 a 3°C, por lo que no afectaría el crecimiento y desarrollo de la planta. Se desarrolla en áreas montañosas con pendientes de escarpadas a muy escarpadas que oscilan entre 25 y 40 grados de inclinación y su distribución coincide con las isoyetas de 600 a 1,200 mm de precipitación (Mstandley J, 1946). No es exigente en cuanto a calidad de suelos siempre y cuando haya buena humedad y con buena capacidad de drenaje, crece en un amplio rango de textura desde la arcillosa hasta arenosa e inclusive en suelos pedregosos y superficiales, por tal motivo es una especie idónea para las áreas denominadas plataformas antiguas que en su mayoría son pedregosas, al igual que los bancos de préstamo áreas modificadas pedregosas y escarpadas e intervenidas por maquinaria pesada.

b.2. Fenología y reproducción del Aliso

Se observa en floración en septiembre-octubre y con frutos maduros en enero-febrero. Se reproduce a través de semillas, hijuelos de raíz y estacas. Las semillas no requieren tratamiento previo para su germinación. Las formas recomendables de reproducir aliso son mediante germinación de semillas y vegetativamente vía estacas, aunque las plantas originadas de estacas tienen un desarrollo radicular superficial en relación a las plantas producidas por semillas que tienen raíz pivotante de penetración profunda. La semilla germina en condiciones de luz plena entre los 12 a 30 días después de la siembra, (Mstandley J, 1946).

Su crecimiento es rápido y plantado entre 2,000 y 3,000 msnm, ha demostrado ser claramente más eficiente que otras especies introducidas, característica que plantea a esta especie como una alternativa para el repoblamiento forestal con un potencial económico similar al pino. Tiene la capacidad de podarse naturalmente y de esa manera ofrecer madera de buena calidad sin muchos nudos. El crecimiento en plantaciones artificiales es más rápido que en bosques naturales debido al mayor espaciamiento, (Feliciano, 1996).

b.3. Usos

Da leña de buena calidad, de amplio uso y comercialización, la madera y los troncos se utilizan para la construcción de casas (vigas), chozas y apriscos; la corteza rica en taninos se usa para curtir cueros. En la medicina tradicional las hojas frescas maceradas en alcohol sirven para fricciones contra el reumatismo, (Feliciano, 1996). De acuerdo a la literatura la madera sirve también para construcciones livianas, cajas, utensilios domésticos, cabos de escobas e instrumentos musicales. También es materia prima para carbón vegetal aunque de baja calidad. De acuerdo a sus propiedades físicas, ésta puede ser utilizada potencialmente para pulpa de papel, ebanistería, lápices, fósforos, muebles, yugos, artículos deportivos, embalajes y encofrados, esta especie es muy recomendable en reforestaciones para **mejorar las condiciones de los suelos, pasturas naturales y como estabilizadoras de torrentes con problemas de erosión.** (Feliciano, 1996).

C. Procedimiento para Desarrollar la Actividad

Se recomienda plantar Aliso (*Alnus acuminata*), plántulas mayores de 40 cm de altura, a lo largo del tramo carretero, ya que este tipo de plántula no es tan vulnerable a factores climáticos. Las plántulas deben de ser plantadas a tres (3) metros de distancia entre si, alejándose dos metros de la cuneta para evitar accidentes y problemas con raíces que puedan dañar la carretera en el futuro, a la vez se hace la recomendación de no plantar árboles en lugares que puedan obstaculizar la vista de los conductores en especial en curvas peligrosas por el tipo de peralte que presentan.

En áreas planas como plataformas antiguas, terrenos que fueron utilizados para campamentos, planta de asfalto y trituradora, se recomienda plantar árboles al tresbolillo.

D. Áreas en especial para reforestar

- Área de trituradora.
- Área de campamento.

- Área de planta de asfalto.
- Plataformas antiguas (cambio de línea).
- A lo largo del tramo carretero.

E. Responsables de la actividad

La empresa responsable de la construcción del tramo carretero, dentro de sus actividades contempla durante el trayecto de construcción la ejecución ambiental y dentro de ésta se autoriza en los contratos de compromisos ante la Dirección General de Caminos un reglón de reforestación, para reponer los árboles dañados y eliminados en la ampliación de derecho de vía; como la responsabilidad de tratar las áreas destinadas a plantas de asfalto y trituradora, campamentos y bancos de préstamo, los cuales deberán de ser reforestados al momento de retirarse del lugar o concluir la obra. La empresa asignada para supervisar los trabajos de la empresa ejecutora, tiene un profesional a cargo, quien debe velar por que las medidas de mitigación y corrección ambiental sean aplicadas, como el caso de la reforestación. En casos de entrega de la obra o fase post obra, los encargados de velar por conservar los recursos naturales renovables a la orilla del tramo carretero es la División de Ambiente de la Dirección General de Caminos, pero debido al poco presupuesto que se le asigna a este es probable que la Empresa Constructora deba cumplir con las actividades de conservación.

Se propone que la Empresa coordine con la oficina forestal de cada municipalidad, para trabajar de una forma ordenada y eficiente con cada una de las comunidades que se encuentran a lo largo del tramo carretero, para que sea con éstas aldeas, caseríos y parajes, que a través de los COCODES, se trabaje y se pueda apoyar la plantación forestal.

Las semillas se pueden adquirir en los bosques naturales del lugar; la obtención de la plántula se puede trabajar de dos maneras: Por siembra directa de semilla a bolsa o bandeja o la obtención de pilones producto de regeneración natural en las riveras de los ríos aledaños a los bosques del área, con lo cual se reducirían costos. Se recomienda

una mezcla del sustrato con relación 3:1:1, tres carretas de tierra negra, una de arena y otra de materia orgánica, recursos que se encuentran en el área y se pueden obtener sin ningún costo.

Se recomienda importante realizar el traslado de los árboles de Aliso, al campo definitivo cuando tengan una altura mínimo de 40 cm, ya que a esta altura la planta es menos vulnerable a morir por diferentes factores. Se pueden trabajar otras especies siempre y cuando sean beneficiosas para los habitantes, que representen bajos costos y cumplan la función de captar en mayor parte los gases emitidos por los vehículos, sin embargo se recomienda el Aliso, debido a que es una especie nativa y de crecimiento rápido. Como recomendación principal se dispone no plantar directamente en el talud de las áreas denominadas botaderos, recomendando que sea en la parte de la corona del botadero o plataforma.

2.5.3.2 Medidas para el Control del Ruido

Impacto

Niveles altos de ruido por tránsito de vehículos.

Propuesta

Plantar a orilla del tramo carretero árboles de aliso (*Alnus acuminata*).

A. Justificación para realizar la actividad

La actividad que se propone anteriormente cumple con las funciones de mitigación del ruido, debido que a diario circularán un alto número de vehículos por el mismo progreso de las comunidades beneficiadas, provocando un excesivo incremento de vehículos livianos y pesados, dando esto un alto grado de decibeles de los que se presentaban anteriormente;

además, se mitigará la contaminación del aire por partículas de monóxido de carbono (CO).

A continuación en el siguiente cuadro se presenta un estudio que se realizó en varios estacionamientos a lo largo del tramo carretero cuando la carretera existente era de terracería.

Cuadro 2-4. Información de decibeles que se producían en la carretera tipo terracería

| Estación | Hora | Emisor | Decibeles |
|-----------------|-------------|--|------------------|
| 7+700 | 14:32 | Entorno en Cerro Grande y lote vehicular | 73 |
| 8+500 | 14:52 | Entorno ambiental | debajo de 50 |
| 9+500 | 15:05 | Entorno La Cuchilla y lote vehicular | 71 |
| 10+100 | 15:15 | Entrada banco La Cumbre Sta. Rosa | 68 |
| 12+600 | 15:33 | Entorno en Corinto y lote vehicular | 75 |
| 16+500 | 16:02 | Casco urbano San Lorenzo | 78 |
| 19+400 | 17:20 | Caserío Vista Hermosa | 71 |
| 21+200 | 17:40 | Aldea Tuichilupe | 76 |
| 27+500 | 18:00 | Casco urbano Comitancillo | 77 |

Fuente: Elaboración propia

Con el funcionamiento de la carretera se considera que existirá un 10% del aumento del paso vehicular por lo que se hace un aproximado del aumento del ruido a lo largo del tramo, éste se menciona en el cuadro 2-5 que se presenta a continuación.

Cuadro 2-5. Información de decibeles que se producían en la carretera con proyección del 10%, debido al aumento vehicular por el tipo de carretera que se construyó

| Estación | Hora | Emisor | Decibeles |
|-----------------|-------------|--|------------------|
| 7+700 | 14:00 | Entorno en Cerro Grande y lote vehicular | 80 |
| 8+500 | 14:30 | Entorno ambiental | abajo 55 |
| 9+500 | 15:00 | Entorno La Cuchilla y lote vehicular | 78 |
| 10+100 | 15:20 | Entrada banco La Cumbre Sta. Rosa | 75 |
| 12+600 | 15:40 | Entorno en Corinto y lote vehicular | 82 |
| 16+500 | 13:00 | Casco urbano San Lorenzo | 86 |
| 19+400 | 14:00 | Caserío Vista Hermosa | 78 |
| 21+200 | 11:00 | Aldea Tuichilupe | 84 |
| 27+500 | 12:00 | Casco urbano Comitancillo | 85 |

Fuente: Elaboración propia

Se considera al árbol como mitigador de la contaminación sonora, debido a que forma una barrera entre la carretera y las poblaciones aledañas. La agresión constante de sonidos desagradables sin ningún sentido convierte una situación momentánea en el estado habitual del organismo en una fuente de desequilibrios que se han dado en llamar la enfermedad del hombre moderno. La vista, el oído, las percepciones viscerales (dolor de cabeza, náuseas, fatiga excesiva), la memoria y el sentido común, son gravemente afectados por el ruido. El ruido es nocivo además por sus efectos sobre la circulación cardiovascular. Las relaciones humanas pueden ser alteradas por el ruido ambiental reduciendo nuestro sentido del humor, perdiendo creatividad y cordura, (Gómez JG, 2005).

El árbol con su follaje puede reducir el ruido por absorción, refracción o dispersión. Una pantalla vegetal de seis metros de ancho puede reducir un 50% la intensidad sonora del tráfico de vehículos; arboles en alineación pueden reducir cinco veces el ruido medido a la altura de hombre, según Gómez JG, 2005. Además, los árboles satisfacen ciertas necesidades psicológicas, sociales y culturales de la población; desde el punto de vista social juegan un papel muy importante al aliviar las tensiones y mejorar la salud psíquica de la población. La gente, sencillamente, se siente mejor cuando vive en zonas arboladas;

un estudio ha demostrado que los pacientes hospitalizados en habitaciones con vista a árboles se curaban más rápidamente. En el cuadro 2-6 que se menciona a continuación contiene un listado orientativo de los ruidos provocados por varias actividades que se dan a diario en la vida del ser humano.

Cuadro 2-6. Listado orientativo de los ruidos

| Origen | Intensidad |
|---------------------|-------------------|
| Discoteca | 130 dB |
| Camiones | 70-105 dB |
| Bocina de vehículos | 85-100 dB |
| Circulación densa | 75-94 dB |
| Motonetas | 70-95 dB |
| Autos | 60-70 dB |
| Teléfonos y timbres | 60 dB |
| Conversación | 50 dB |

Fuente: (Gómez JG, 2005).

B. Responsables de la actividad

Se proponen las mismas organizaciones que se hacen mención como responsables de la actividad a desarrollarse en el impacto denominado protección de la calidad del aire.

2.5.3.3 Manejo de Residuos Líquidos y Sólidos

Impacto

Contaminación de fuentes de agua por manejo inadecuado de desechos, acumulación de basura a lo largo del tramo carretero (basureros clandestinos), basura en cunetas, contaminación de fuentes de agua por diferentes factores como: Aguas servidas domésticas, utilización de detergentes, productos químicos, entre otros.

Propuesta

- Disposición en sitios adecuados de desechos (Rellenos sanitarios con manejo).
- Uso de recipientes rotulados para deposición de desechos (incluyendo reciclables).
- Colocación de rótulos, con advertencias de multa por tirar basura, pero tratando de no modificar la belleza escénica del lugar.
- Uso de fosas sépticas en áreas de servicios sanitarios y/o donde se utilice agua para limpieza.
- Uso de letrinas con aboneras secas.
- Deposición en sitios adecuados de desechos orgánicos.
- Monitoreo por parte de las alcaldías auxiliares, para la prevención de basureros clandestinos a lo largo del tramo carretero.
- Verificación periódica de cunetas por parte de los comités vecinos y auxiliaturas de cada comunidad, para evitar la socavación de tuberías y arrastre de basura (desechos sólidos), a las fuentes de agua en la cual se realiza el desfogue de las mismas.
- Colocación de estructuras de mallas a las salidas de las tuberías para evitar el paso de desechos sólidos a las fuentes de agua (ríos, riachuelos y quebradas).
- Realizar fosas de retención para acumular aguas servidas; que se producen de las pilas o tanques de agua, que se utilizan para servicios del hogar, ya que estas contaminan las fuentes de agua debido a los detergentes que utilizan las amas de casa.
- Reciclar o enterrar los recipientes en bolsas de plástico, producto de fertilizantes, insecticidas y herbicidas, que se utilizan para la actividad agrícola, ya que a lo largo del tramo carretero existen varias áreas con cultivos agrícolas, estos recipientes al ser lavados en las corrientes que corre en las cunetas y/o tuberías, contaminan los ríos y riachuelos al desfogar en estos.
- Las municipalidades deben de ser las entidades que capaciten a los habitantes y vecinos del tramo carretero a través de los comités COCODES, alcaldías

auxiliares, para que estas tengan conciencia de reciclar y aprovechar los desechos orgánicos en forma de aboneras, y acerca de los beneficios que estos pueden tener tanto para el tramo carretero como para las comunidades.

- Se pueden utilizar desechos o materiales locales para hacer estructuras para estabilizar taludes y controlar erosión, el uso de tales materiales como llantas usadas reducirá sustancialmente el costo y se tendrá un talud o un relleno estable libre de arrastre de partículas de suelo.

A. Justificación para realizar la actividad

A lo largo del tramo carretero se desarrollan actividades que generan cierta cantidad de residuos los cuales deben ser tratados y depositados en sitios autorizados con el objeto de disminuir sus efectos contaminantes.

Las inadecuadas prácticas de manejo como las quemas a cielo abierto, la deposición en tiraderos o vertederos ineficientes han provocado consecuencias negativas hacia el medio ambiente, provocando problemas de contaminación hacia el suelo, cuerpos de agua y la atmósfera; además es necesario el cumplimiento de la normativa vigente en Guatemala que actúen en pro del desarrollo, mejoramiento y mantenimiento del ambiente. Por lo que es imperativo implementar prácticas de manejo de los desechos producidos durante el funcionamiento del proyecto. (Duncan, 1984).

a.1. Gestión integral de residuos

Es el conjunto de operaciones y disposiciones encaminadas a dar a los residuos producidos el destino más adecuado desde el punto de vista ambiental, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costos, tratamiento, posibilidades de recuperación, (Duncan, 1984).

a.2. **Aprovechamiento**

Es el proceso mediante el cual, a través de una gestión de los residuos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales y/o económicos, (CALAS GT, 2004). La basura se considera que son los desperdicios que tira el hombre, resultado de su producción y su consumo y que no es peligroso ni susceptible de aprovechamiento, (Duncan, 1984).

a.3. **Clasificación de desechos**

Los desechos se clasifican según su origen en directos e indirectos, los directos son todos aquellos generados por el funcionamiento del proyecto, los indirectos son todos aquellos generados por fuentes externas y que afectan las áreas del proyecto. Una segunda clasificación los define según su composición en orgánicos, inorgánicos y residuos peligrosos.

B. Responsables de la actividad

Los entes responsables se pueden dividir en dos partes, siendo uno general y otro local; el responsable general será la municipalidad en especial la oficina de ambiente, el ente local serán cada una de las comunidades a través de los COCODES que se encuentra a lo largo del tramo carretero.

b.1. **Clasificación de desechos**

Se definirán las fuentes directamente producidas en el proyecto, las cuales se refieren a todos los desechos producto de las actividades de funcionamiento del proyecto.

- **Orgánicos:** Materiales biodegradables.
- **Inorgánicos:** Materiales de degradación lenta, de fuentes minerales.

- **Residuos peligrosos:** Materiales tóxicos y radiactivos.

b.2. Definición de frentes de trabajo

Para llevar un mejor control de las cantidades producidas por cada frente, le llamaremos frente de trabajo a cada una de las comunidades que se encuentran a lo largo de la carretera, divididas en comunidades de Comitancillo y comunidades de San Lorenzo.

b.3. Cuantificación de desechos

Se cuantificarán dependiendo el tipo de material:

- **Orgánicos:** En base a peso, midiendo las cantidades mensuales Kg/mes.
- **Inorgánicos:** Basura de las comunidades en base a peso Kg/mes.
- **Otros:** Llantas: por unidad.

Los desechos se cuantificarán según su naturaleza pero se recomienda en especial por peso.

b.3.1. Monitoreo y control

Consistirá en búsqueda de formas de nuevas formas de manejo de la basura para evitar sus efectos contaminantes, además se establecerá un control constante del cumplimiento de las medidas de manejo de la basura propuesta anteriormente.

b.3.2. Registro y estadística

Además de controlar el cumplimiento de las medidas de manejo, se llevará un registro mensual de las cantidades generadas por comunidad y tipo de material desechado, los sitios finales de deposición y el tipo de manejo dado.

Los responsables pueden utilizar las denominas 3R, estas consisten en:

- **Reducir:** Evitar o minimizar la producción de residuos, usando racional y eficientemente los recursos e insumos en nuestras actividades.
- **Reutilizar:** Es devolver a los residuos su potencial de utilización en su función original o en alguna relacionada, sin requerir procesos adicionales de transformación.
- **Reciclar:** Es recuperar aquellos residuos que mediante su reincorporación como materia prima o insumos sirven para la fabricación de nuevos productos.

2.5.3.4 Medidas para Reducir el Riesgo a Deslizamientos

Impactos

- Deslizamientos de tierra por cortes inadecuados o deposición inadecuada de desperdicios de movimientos de tierras.
- Corrimiento y desprendimiento de material por saturación.

Propuesta

- Implementar medidas de estabilización de taludes que pueden incluir:
- Instalación de gaviones.
- Instalación de muros de escollera.
- Instalación de barreras muertas/vivas.
- Revegetación y tratamiento de taludes.
- Disposición adecuada y ordenada de materiales desperdicio que se obtuvo del corte, se recomienda que éste hubiese sido con las siguientes condiciones: en capas y compactado.
- Elaboración de estructuras denominadas bermas, a las áreas denominadas botaderos, para evitar el deslizamiento del material.
- Elaboración de estructuras denominadas bordas a la parte denominada corona de talud para evitar erosión hídrica y por ende corrimiento de materiales.

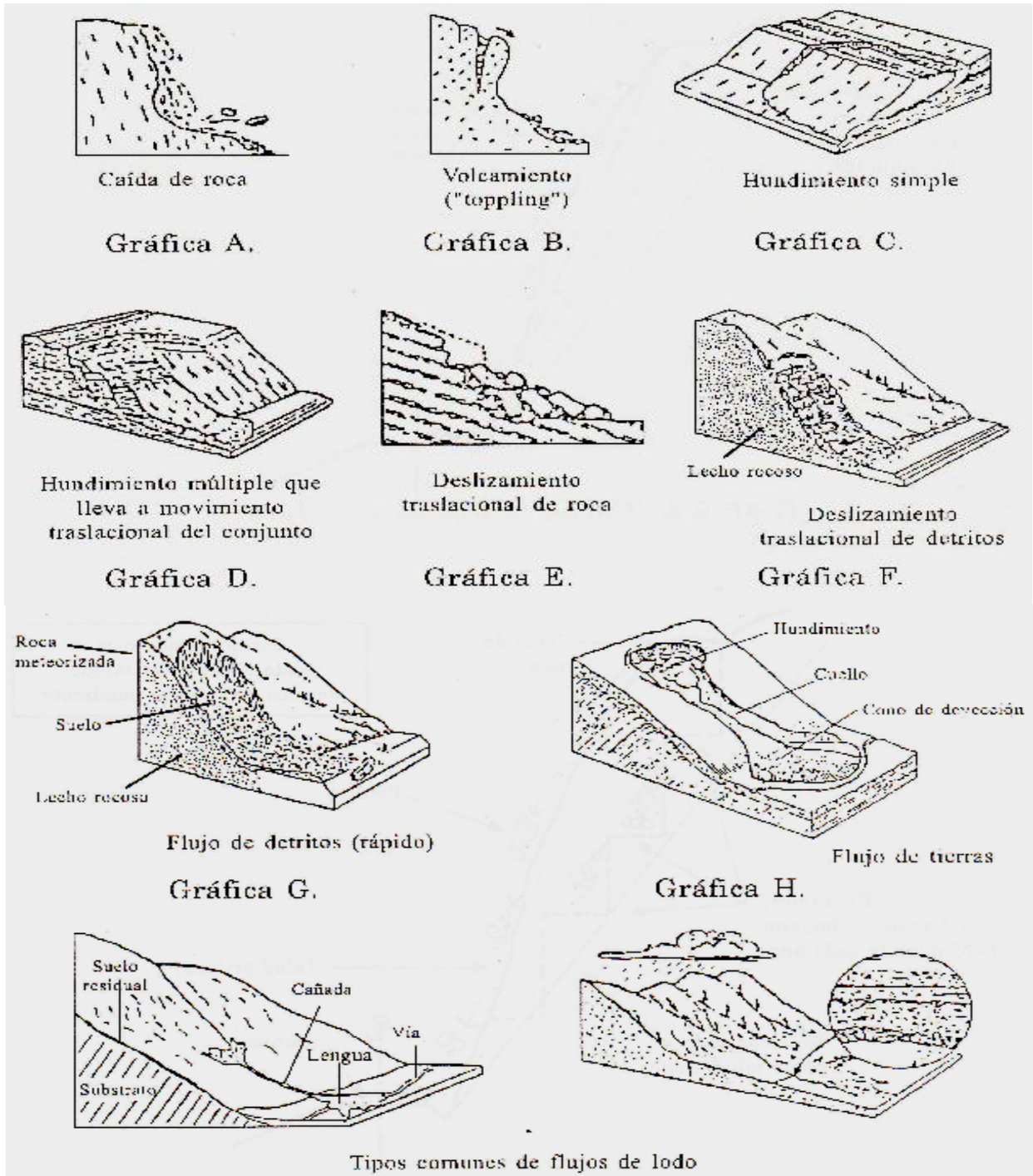
- Elaboración de estructuras a las áreas que se utilizaron como depósito de materiales de corte, llamadas disipadores para evitar deslizamientos, por escurrimiento de agua o erosión laminar o en cárcavas.
- Realizar contra cunetas para evacuar el agua llovida del área del talud.
- Evacuar la mayor cantidad de agua llovida en el talud, para evitar saturación y corrimiento o desprendimiento del mismo.
- Elaboración de pozos de absorción para reducir el escurrimiento superficial y alimentar los mantos acuíferos.

A. Justificación para realizar la actividad

Tanto la estabilidad de las excavaciones y taludes de cortes, como la de los rellenos, son muy importantes para reducir los costos de mantenimiento de los caminos y los impactos en el ambiente. Un derrumbe o un relleno mal hecho pueden producir más sedimento que la erosión de la capa del camino de un área determinada. Los deslizamientos en cortes de taludes frecuentemente tapan los drenajes superficiales, particularmente donde el camino tiene un peralte hacia adentro con cunetas en el mismo lado, (Gordón, Bauer y Aldana, 1995).

a.1. Tipos de deslizamientos

Estos incluyen caída de rocas, deslizamiento translacional y rotacional, deslizamiento o flujo de detritos, flujo de lodo, falla de rellenos y otros. Los tipos básicos de deslizamiento que se pueden afectar o ser ocasionados por la construcción de caminos se muestran en la figura 2-2. Los deslizamientos rotacionales localizados que ocurren en suelos ricos en arcilla y los deslizamientos someros de detritos en suelos granulosos son las formas más comunes de deslizamientos que afectan los caminos, (Gordón, Bauer y Aldana, 1995).



Fuente: Gordón, Bauer y Aldana, 1995.

Figura 2-2. Tipos de deslizamientos que ocurren generalmente en tramos carreteros

Por lo general, los taludes en los que se encuentran formaciones de gran altura de roca sólida y masiva, sedimento bien cementado o depósitos volcánicos soldados son estables en cortes de $\frac{1}{4}:1$ a $\frac{1}{2}:1$ (horizontal: vertical), o hasta casi vertical, (Gordón, Bauer y Aldana, 1995). Las excavaciones de grandes alturas deberían ser construidas con plataformas de 3-5 metros de ancho y de 8-15 metros de alto. La estructura de la roca local o los ángulos de los buzamientos (planos de estratificación de la roca), pueden indicar el ángulo estable de la ladera. En los taludes de roca fracturada o erosionada, las excavaciones son hechas generalmente en laderas de $\frac{1}{2}:1$ un $\frac{3}{4}$, (Gordón, Bauer y Aldana, 1995). El cuadro 2-7, presenta información sobre los cortes de taludes típicos de roca recomendados.

Cuadro 2-7. Cortes de talud típicos de roca que recomiendan utilizar en el corte para ampliaciones del derecho de vía

| No. | Descripción | Rango Máximo de Pendiente. | |
|-----|--|--|--|
| | | Masiva | Fracturada |
| 1 | Ígnea, Granito, basalto, toba volcánica y ceniza, piroclásticas cementada. | $\frac{1}{4} : 1$ | $\frac{1}{2} : 1$ |
| 2 | Sedimentaria Arenisca y caliza masiva, roca arcillosa y roca limosa masiva. | $\frac{1}{4} : 1$ $\frac{3}{4} : 1$ | $\frac{1}{2} : 1$ 1.1 |
| 3 | Metamórfica Gnesis, esquisto y mármol Pizarra. | $\frac{1}{4} : 1$ $\frac{1}{2} : 1$ | $\frac{1}{2} : 1$ $\frac{3}{4} : 1$ |
| 4 | Roca Intemperizada o serpentina | $\frac{3}{4} : 1$ | 1:1 |
| 5 | Granito descompuesto in situé, ligeramente a moderadamente intemperizada. | $\frac{1}{4} : 1$ | 1:1 |

Fuente: (Gordón, Bauer y Aldana, 1995).

Los cortes en la mayoría de suelos de hasta más o menos 10-15 metros de altura usualmente son estables con taludes de $\frac{3}{4}:1$ hasta un 1:1. Los cortes mas altos tendrán que ser más planos para evitar problemas de inestabilidad, a menos que el suelo este bien cementado, las áreas húmedas y quebradizas o las zonas de fallas son muy propensas a tener fallas, por lo tanto requieren taludes más planos como de 2:1 a 3:1 para ser estables, (Gordón, Bauer y Aldana, 1995).

a.2. Cortes Verticales

La mayoría de suelos no se mantendrán firmes y estables con cortes verticales que exceden alturas de de 1-3 metros a menos que los materiales sean cementados o de una mezcla de suelo residual y roca intemperizada con una cohesión moderada. Incluso en estos casos solamente unas áreas limitadas permanecen verticalmente por mucho tiempo. Por lo tanto, generalmente las excavaciones verticales no deben ser utilizadas ya que en un momento dado se derrumbarán.

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. Los cortes verticales son fáciles de construir y reducen al mínimo el volumen de excavación y área de perturbación de superficie, por lo tanto se utilizan frecuentemente, (Anckermann, 1969).

El uso de una serie de terraplenes con cortes verticales bajos es una solución para reducir al mínimo el área de la perturbación de superficie aún utilizando cortes verticales y reduciendo al mínimo la inestabilidad e impactos sobre el drenaje del camino. El terraplén bajo, cerca de la superficie del camino, es muy importante para evitar el asentamiento que puede tener las cunetas. La inclinación total es más o menos 1:1 y las gradas bajas 1-1.5 metros de altura, permiten estabilidad local y global del talud. No se reduce el área de producción, como con los terraplenes horizontales, y pueden ser aprovechados con siembras, (Anckermann, 1969).

En taludes de poca altura, menores de 2-3 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 el talud pueda ser revegetado para controlar la erosión, (Vides, 1981).

a.3 **Otras consideraciones**

Ocasionalmente se utiliza el redondeo de taludes para alisar la transición desde un corte al terreno natural, particularmente en caminos de normas altas. Es recomendable eliminar los árboles grandes cerca de las orillas de los cortes cuyas raíces han sido socavadas y probablemente cayeron sobre el camino. Sin embargo, se debería dejar los arbustos y árboles pequeños existentes sin tocar hasta la orilla superior del corte para proveer fortaleza de raíz al suelo y soporte al talud, por la misma razón no se debe quitar la vegetación que se encuentre en la superficie de los cortes de talud en el proceso de mantenimiento, con la excepción de áreas en donde se necesita mantener una buena distancia de visibilidad. En la mayoría de casos los árboles contribuyen a la estabilidad de un talud y raras veces representan un factor desestabilizador, por ende la vegetación de cualquier clase es conveniente en la mayoría de taludes, (Vides, 1981).

Los suelos arcillosos presentan problemas muy particulares en la construcción y mantenimiento de carreteras porque su resistencia varía, dependiendo de las condiciones climatológicas. Por lo tanto las medidas que se toman en la construcción y el mantenimiento de caminos en este tipo de suelos deberían enfocarse con el objetivo de evitar que los suelos arcillosos se saturen. Los cortes en suelos arcillosos inicialmente pueden ser altos y verticales, pero con el tiempo perderán su estabilidad. En este tipo de suelo se recomienda hacer los cortes relativamente planos, tal como 2:1 a 3:1 o más, los terraplenes anchos también son convenientes para acomodar deformación y reducir al mínimo la inestabilidad en suelos arcillosos, (Anckermann, 1969). En cualquier excavación (corte o talud de relleno) se debe mantener la corriente de agua debajo o fuera de la superficie (donde sea posible) a través del uso de interceptadores o zanjas para remover el agua, (Anckermann, 1969).

a.4 **Taludes de relleno**

La construcción de rellenos es generalmente una parte rutinaria del movimiento de tierra en un proyecto de construcción. El uso de material de una calidad razonable, buen control

de compactación y los ángulos estándares recomendados para taludes de rellenos producirán generalmente una estructura estable. El ángulo de inclinación para la mayoría de materiales utilizados para construir taludes de rellenos estables es de 1 ½:1 (H: V). Los rellenos de roca pueden ser estables sobre inclinaciones con un ángulo hasta 1 1/3:1. Para lograr una buena estabilización vegetal en una ladera los rellenos deben ser de un 2:1 o con una ladera más plana, especialmente para taludes menos de 3 metros de alto, (Gordón, Bauer y Aldana, 1995).

Los materiales que resulten de derrumbes o de cualquier desecho que hayan sido tirados, se deben colocar, generalmente, sobre una pendiente más plana que 1½:1 por ser materiales sueltos, ya que la superficie del relleno original puede formar un plano de debilidad, a menos que se construya en capas, (Gordón, Bauer y Aldana, 1995). Los rellenos contruidos con una inclinación de 1:½:1 son generalmente estables, sin embargo, la inestabilidad en taludes de relleno puede ocurrir por una variedad de razones tales como las siguientes:

- Colocar material en laderas inclinadas donde se excede la resistencia interna del suelo.
- Aumentar la profundidad de un relleno puesto sobre material débil existente.
- La falta de una limpia y chapeo adecuado del terreno y no compactar el relleno suficiente para que se adhiera bien con la superficie de la tierra original.
- Compactar el relleno cuando no cuente con la humedad óptima ni la densidad máxima.
- La inclinación del talud del relleno excede el ángulo de reposo del material rocoso.
- Dejar elevar el nivel de agua freática dentro del relleno donde brota el agua y no construir sub-drenes apropiados en terrenos húmedos.

La acción de agua, erosionando y/o saturando el relleno por estructuras mal contruidas de drenaje, por ejemplo: Cunetas desagües, transversales o sub-drenajes instalados en el relleno.

La compactación de rellenos es muy importante para reducir al mínimo su falla y para reducir la cantidad de material que se erosiona de la superficie del mismo. Los rellenos idealmente deben construirse en capas y si se utilizan vehículos para transportar y colocar material de relleno, puede aprovechar el tránsito de la maquinaria para compactar las capas. (Anckermann, 1969).

Los rellenos en laderas con una pendiente en exceso de 50-60 grados deben evitarse, porque los rellenos resultan ser muy grandes, largos y delgados. Para prevenir fallas en el fondo de rellenos, se deben formar terrazas en la ladera natural con una inclinación mayor de 45% antes de colocar el relleno, (Anckermann, 1969).

Para evitar rellenos largos y estrechos sobre pendientes muy inclinadas o para reparar las fallas de rellenos, se pueden hacer rellenos reforzados con una inclinación de 1:1 y utilizar algún tipo de geotextil, los rellenos reforzados se construyen con el refuerzo primario puestos en intervalos de 1-1.5 metros y un refuerzo intermedio puesto a lo largo de la cara cada 0.3 metros para prevenir asentamiento localizado. Cuando la aplicación de un relleno reforzado es factible sobre una ladera debe utilizarse porque este ofrece una alternativa económica a estructuras de contención. La superficie de relleno reforzado necesita paja o una maya para control de erosión, los rellenos que cruzan por áreas húmedas deberán ser construidos en el fondo con materiales rocosos, que ofrecen drenaje libre. También se puede usar algún sistema de drenaje interno, como una capa de filtrante, debajo del relleno, (Vides, 1981).

B. Responsables de la actividad

Los miembros de COCODES y auxiliaturas de cada comunidad, deben de verificar el largo del tramo carretero para localizar tanto áreas de talud como de relleno, en sus límites territoriales. Verificar y chequear las condiciones, tales como: 1) Presencia de grietas. 2) Erosión hídrica. 3) Verificación de material que obstaculice cunetas. 4) Verificación de tuberías socavadas 5) Arrastre de material por erosión. 6) Entre otros.

b.1 Áreas en especial a tratar para evitar derrumbes

Las áreas más propensas que se encuentran en el municipio de Comitancillo, son: el caserío las Flores, Ixmoco, y parte de Tuchilupe; ya que los cortes en estas comunidades por el alto grado de pendiente del lugar tienen hasta 15 m de altura en promedio, considerándose de alto riesgo ya que no se encuentran con el tratamiento adecuado como corresponde. Un ejemplo de esto es: 1) Implementación de bermas o terrazas con ángulos de inclinación que permiten una estabilización adecuada para los mismos. 2) Cada talud debe contar con estructuras manuales denominadas contra cunetas para drenar el agua acumulada del talud.

b.2 Medidas a implementar

b.2.1 Estabilización de taludes

Las fallas o cortes de laderas o rellenos pueden ser corregidas, controladas o toleradas con una combinación de cualquiera de las cuatro medidas principales que son: 1) Evitar 2) Mantener 3) Reubicar cortar (reconformar) o nivelar 4) Instalar drenajes o estabilizar con estructuras o vegetación. Las medidas a tomar dependen principalmente del costo, sin embargo, hay otros factores que determinan el método que se utiliza tales como el tipo de falla, el uso del camino, la ubicación de la falla, el potencial del crecimiento de la misma, existe también un número de niveles de eficacia y aceptabilidad que pueden ser aplicados en el uso de estas medidas. A veces se requieren de unas medidas de corrección inmediatas que son proyectos de largo plazo y a veces solamente se requiere un control mínimo que se puede terminar rápidamente. Las áreas en donde se han tomado medidas para prevenir deslizamientos o las construcciones, son diseños para prevenir derrumbes mayores, estas tienen un costo más efectivo. La estabilización de taludes con vegetación son recomendados en los proyectos de reparación de caminos por su efectividad y bajo costo, las ventajas del uso de estos métodos para estabilizar taludes son; bajos costos iniciales, requiere mucha mano de obra, visualmente agradable, utiliza sistemas naturales y biológicos y requiere menos mantenimiento a largo plazo, las medidas vegetativas son

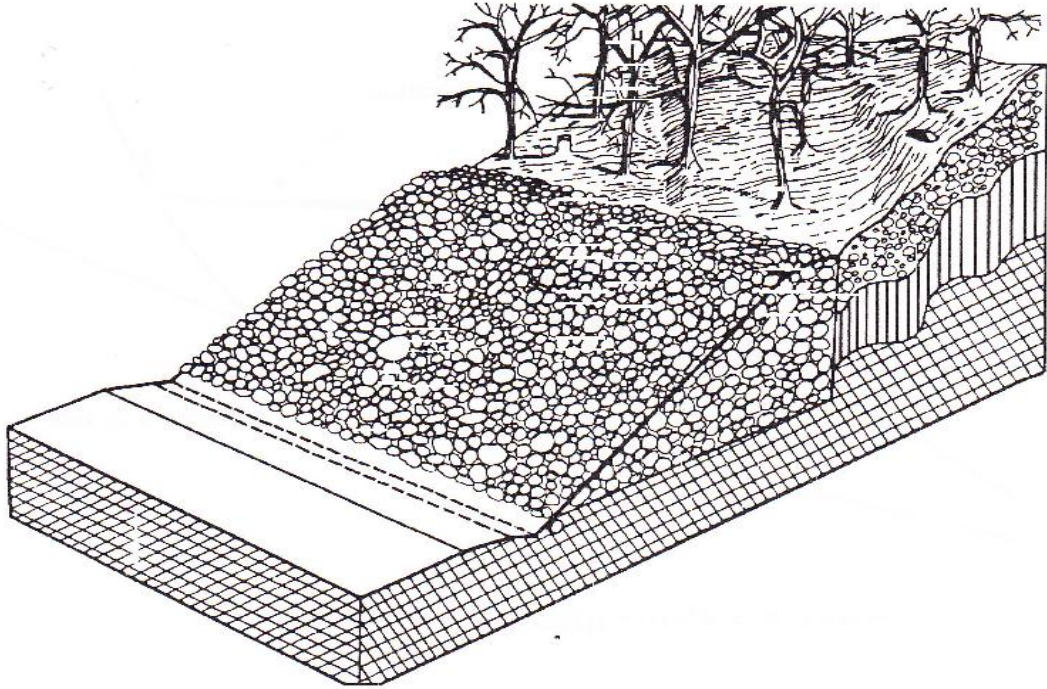
apropiadas para el control de erosión superficial y en los casos de fallas poco profundos, tales como deslizamientos, no se debe utilizar solamente métodos vegetativos para estabilizar los deslizamientos amplios y profundos, sino conjuntamente con medidas físicas tienen una mejor efectividad en el control de deslizamientos. De preferencia se debe utilizar las especies de arbustos y árboles que desarrollen raíces profundas (raíz pivotante) en vez de algunas gramíneas para estabilizar taludes. La colocación de material vivo y desechos vegetales en el pie de un talud o relleno ayudará a controlar erosión y atrapar sedimento, (Gordón, Bauer y Aldana, 1995).

b.3.2 Se utilizan los métodos de estabilización de taludes

Para reparar los caminos en el caso de derrumbes, asegurar las áreas debajo de taludes, o prevenir fallas. Las opciones para resolver problemas de inestabilidad de taludes son las siguientes:

- Brindar mantenimiento a los caminos para seguridad de los transeúntes.
- Sólo remover el material derrumbado sin hacer reparaciones.
- Modificando el talud y elaborando estructuras de contención.
- Instalar sub-drenes, longitudinales de zanja o colocar una capa de drenaje debajo del relleno para evitar que el agua subterránea sature el terreno.
- Instalar drenaje interno tales como sub-drenes de penetración transversal (horizontales) para interceptar el agua antes de que llegue a la cara del talud.
- Cambiar el flujo de agua para que no causen inestabilidad en el talud, y drenar el mismo hacia otras partes que cuenten con cobertura vegetal.
- Utilizar diques de piedra para contener la ladera.
- Instalar muros de escollera en el pie del relleno para evitar corrimiento de material y arrastre de partículas de suelo a cuerpos de agua.
- Las partes desprotegidas, revegetar con gramíneas, con tepe y guía de kikuyu (*Pennisetum clandestinum*).
- Colocar estacas de sauce en las coronas de taludes y botaderos para estabilizarlos.

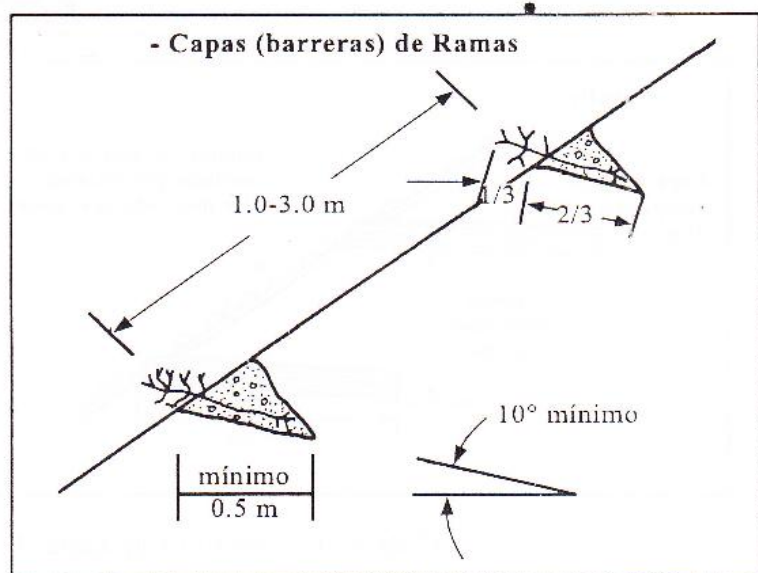
- Cada botadero debe de contar con una estructura a lo largo de la corona denominada borda para evitar que el agua almacenada en la plataforma del talud, provoque daños de erosión.
- Cada botadero debe de contar con estructuras para drenar el agua del botadero denominadas disipadores, estos se pueden hacer con piedras.
- Realizar contra cunetas a las bermas de los botaderos y taludes para drenar el agua llovida a los lados de las áreas mencionadas, y así evitar problemas de deslaves y erosión.
- Utilizar anclajes de roca o suelo para estabilizar zonas de material como se muestra en la figura 2-3.
- Realizar barreras vivas, con especies del lugar útiles para retener sedimentos y evitar erosión en especial hídrica, las especies que se pueden utilizar son: Izote (*Yucca filifera*), carrizo (*Arundo donax*), y pajón (*Dichanthium annulatum*). otras especies nativas del lugar tales como chilca (*Seneciu* sp) y raijan (*Bacharia yaccinides* L). En la figura 2-4 que se da a conocer a continuación, se puede observar cómo se deben colocar las barreas vivas a lo largo del talud de relleno.
- En la figura 2-5 se da un ejemplo de del funcionamiento de de las especies vegetales en la estabilización de taludes



Fuente: Gordón, Bauer y Aldana, 1995.

Figura 2-3. Modelo de un contrafuerte hecho con piedra para contener taludes de corte

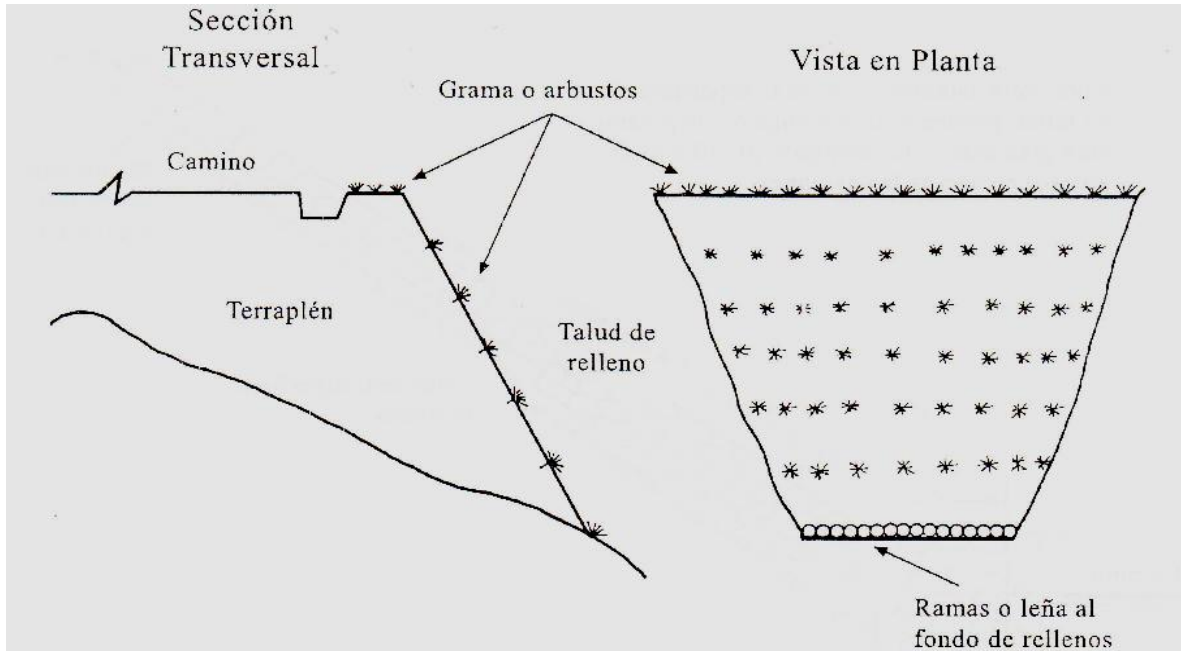
Uso de
barreras vivas.



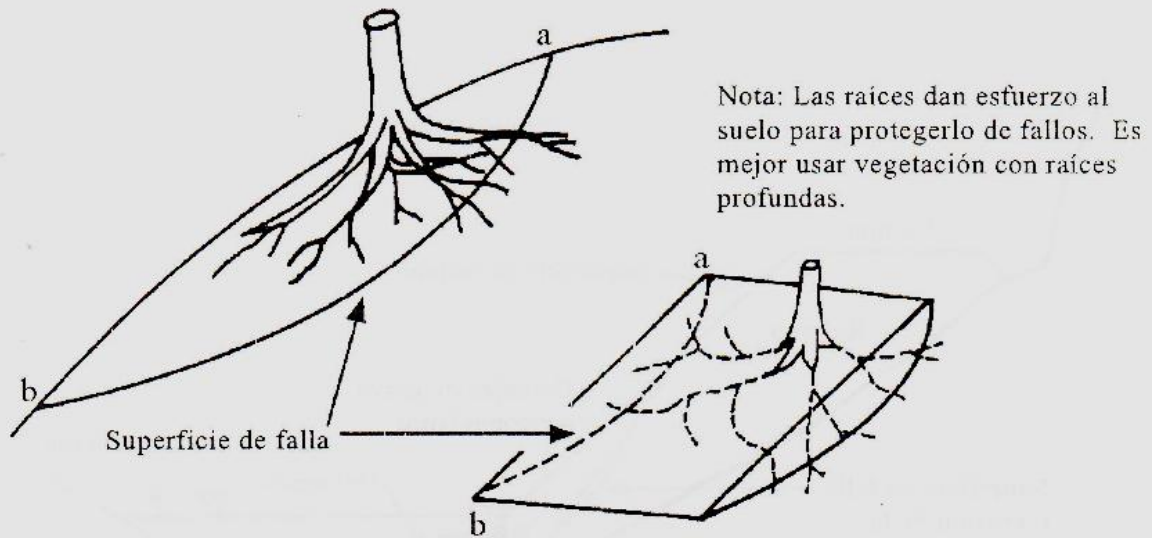
Métodos de estabilización de taludes con vegetación.

Fuente: Gordón, Bauer y Aldana, 1995.

Figura 2-4. Forma de colocar las barreras vivas en la pendiente del talud



Gráfica A - Uso de gramíneas y arbustos en la estabilización superficial de taludes.



Gráfica B - Uso de raíces de vegetación para la prevención de falla de la superficie de talud.

Fuente: Gordón, Bauer y Aldana, 1995.

Figura 2-5. Uso de vegetación para estabilización de taludes

2.5.3.5 Medidas de Mitigación contra la Erosión y Transporte de Sedimentos

Impactos

- Acarreo de sedimentos hacia cuerpos de agua cercanos.
- Formación de cárcavas en desfuegos de tuberías, provocando daños en áreas cultivables afectando de una u otra manera la producción de los cultivos.

Propuesta

- Instalación de barreras vivas y/o muertas.
- Estabilización de pendientes.
- Realizar visitas periódicas a las estructuras para verificar su correcto funcionamiento y mantenimiento, por parte de propietarios y COCODES de las comunidades del lugar. (El exceso de mantenimiento puede causar erosión).
- Utilización de desechos tales como llantas para la formación de muros de contención y estabilización de taludes.
- Construcción de muros de contención de piedra típica hecha con labor manual, para evitar corrimiento de sedimentos a cuerpos de agua.
- Construcción de disipadores con piedra, en botaderos, para evitar la formación de cárcavas y arrastre de sedimentos a cuerpos de agua, y a su vez disminuir la fuerza del agua de lluvia para evitar erosión hídrica.
- Colocación de disipadores en salida de tuberías, con restos de piedrín tipo dren, para que funcionen como filtro. El piedrín se puede obtener de los restos que se utilizaron en las fundiciones de concreto o material sobrante de la trituradora.

A. Justificación para realizar la actividad

La erosión del suelo se define como el movimiento de tierras debido al agua, viento u otros procesos geológicos, es uno de los impactos ambientales más comunes y serios que se

dan en los proyectos de carreteras. La erosión está en función del clima, la topografía (declive), los suelos, la vegetación y la acción humana, tales como los métodos de cultivos, las prácticas de riego, el uso de equipo agrícola, la construcción de caminos, carreteras de desarrollo rural. (Gordón, Bauer y Aldana, 1995).

En la mayoría de los casos los efectos de la erosión se manifiestan en áreas ajenas de la carretera, afectando cuestas, riachuelos, ríos, y presas lejos del sitio real del impacto. El uso de diseños adecuados y prácticas apropiadas para la construcción y el mantenimiento de carreteras reducirán no solo el costo total, sino también las consecuencias a largo plazo de la erosión y sedimentación, el costo de corregir los problemas causados por la erosión a lo largo de una carretera muchas veces resulta ser mayor que adoptar unas medidas sencillas de prevención en la construcción, (Gordón, Bauer y Aldana, 1995).

Sin embargo, aún en el caso de una carretera bien diseñada, ubicada, construida y mantenida, será necesario implementar medidas de control de erosión para reducir al mínimo el movimiento y la pérdida de suelo y la producción de sedimento, causado por la acción del agua y el viento, (Gordón, Bauer y Aldana, 1995).

a.1. La erosión causada por el agua en taludes de corte

Hay tres clases de erosión causadas por el agua: 1) Erosión laminar. 2) Erosión en canales. 3) Erosión en cárcavas.

- Erosión laminar: La lluvia intensa o las grandes gotas de agua desplazan partículas de suelo, la capa superior es disgregada por este impacto. A medida que el agua se acumula empieza a remover el suelo, más o menos uniformemente, sobre una superficie desnuda en declive. La erosión laminar es la primera fase del daño, y como tal, es difícil de identificar, (Gutiérrez HR. 1997).
- Erosión en canales y desagües: El escurrimiento intenso puede remover suficiente tierra para formar pequeños canales, hondonadas, o arroyuelos en el campo. Los

arroyuelos son las primeras indicaciones visibles de este tipo de erosión. 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, (Gordón, Bauer y Aldana, 1995).

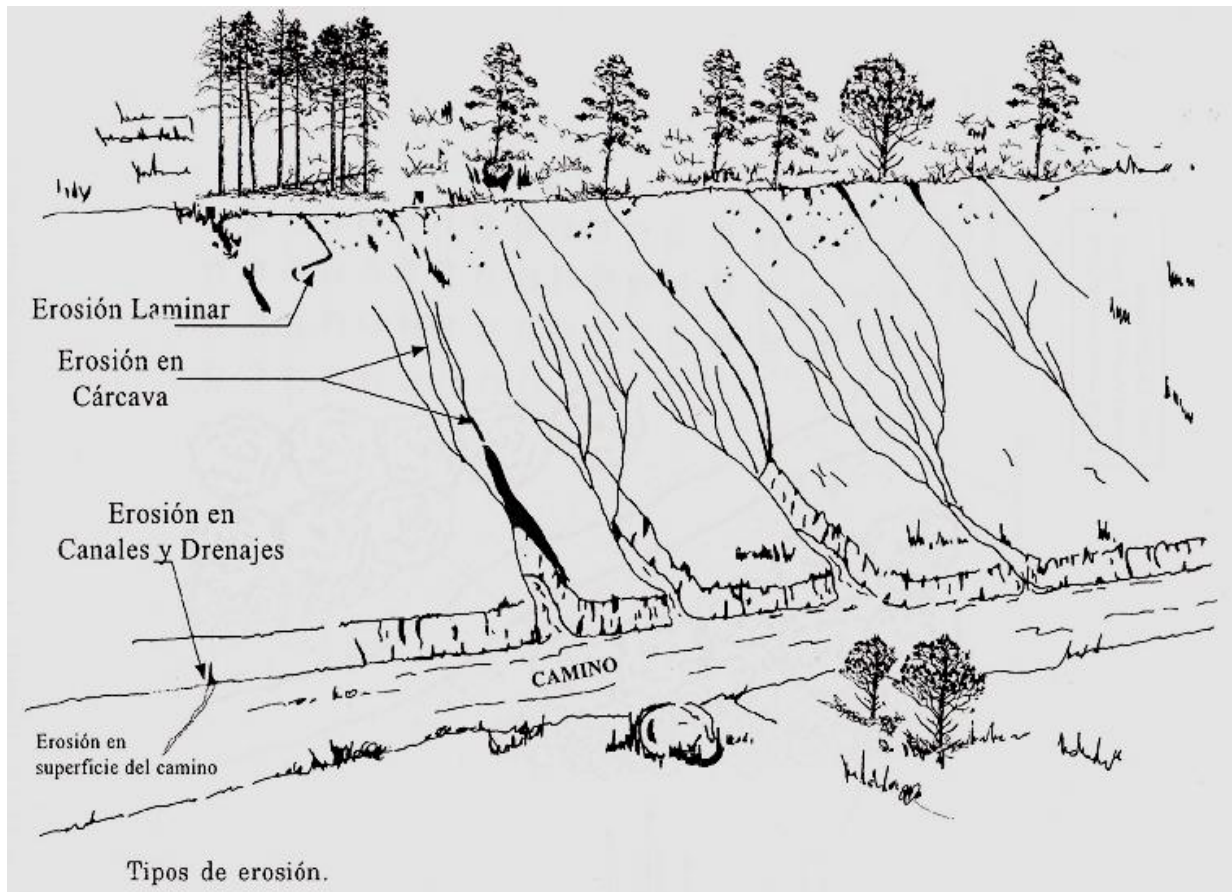
- Erosión en cárcavas: A medida que el agua se acumula en canales estrechos, continúa removiendo el suelo. Este es el caso más severo de erosión y puede remover la tierra hasta la profundidad de 1 a 2 pies, e incluso hasta varios cientos de pies en algunos casos extremos, (Gordón, Bauer y Aldana, 1995).

a.2. **Pérdida de suelo**

Los principales factores que posibilitan la erosión de un suelo son la estructura física, la composición química, el declive del terreno y el manejo de la tierra. La pérdida del suelo está directamente relacionada con lo siguiente:

- Intensidad y cantidad de precipitación.
- Calidad del suelo y la medida en que está sujeto a erosión.
- Longitud del declive, grado de inclinación o pendiente.
- Cantidad de cubierta vegetal, sistemas de cultivos (monocultivo o asociaciones y/o secuencia de cultivo).
- Prácticas de control de la erosión.

Estos factores determinan la cantidad de agua que ingresa al suelo, cuanta se pierde y el impacto potencial de la erosión. En la figura 2-6, se puede observar un esquema sobre tipos de erosión más frecuentes a que se exponen los taludes de las carreteras.



Fuente: (Gordón, Bauer y Aldana, 1995).

Figura 2-6. Tipos de erosión que se presenta en los taludes de corte

Una adecuada cobertura de suelo es el control más importante para la erosión. Es más efectiva cuando esta directamente sobre el suelo o cerca de él. La cubierta cumple las siguientes funciones.

- Interrumpe la precipitación a manera que disminuye velocidad antes de golpear las partículas de suelo, reduciendo el chapoteo y los efectos disgregadores de la lluvia.
- Disminuye la velocidad de deslizamiento restringido del agua y el suelo.
- Aumenta la capacidad del suelo, para almacenar agua, proporciona sombra, humus y desechos vegetales.
- Mejora la porosidad superficial del suelo, por medio de los sistemas radiculares que ayudan a romper el suelo y facilitan la infiltración de agua.

Las hojas y ramas de la vegetación a lo largo de los caminos proporcionan una capa o cubierta sobre el suelo y lo protegen de la precipitación y el viento fuerte. Los pastos o leguminosas proporcionan una cubierta más cercana a la superficie de la tierra que los arbustos y árboles y deben ser utilizados cuando sea posible, (Gutiérrez HR. 1997).

a.3. **Como se puede controlar la erosión**

Reduciendo las fuerzas mecánicas del agua o el viento, aumentando la resistencia del suelo a la erosión o una combinación de ambas. La erosión hídrica puede controlarse impidiendo el chapoteo, proporcionando una cubierta vegetal o una capa de cubierta muerta (residuos vegetales u otros materiales orgánicos) a través de la cual el agua se cuele, (Gordón, Bauer y Aldana, 1995).

Otro medio de control de erosión hídrica sería, impedir cualquier escurrimiento que siga excediendo la tasa de infiltración (barreras físicas, curvas a nivel, terrazas, camellones o barreras vivas hechas de pasto o arbustos naturales o plantados). La cubierta vegetal detiene, tanto la erosión eólica como la hídrica. También la erosión eólica puede reducirse plantando árboles o arbustos como cortina rompeviento, (Gordón, Bauer y Aldana, 1995).

Existen varios métodos de control de erosión hídrica, entre los más comunes están:

- Reducir la cantidad de perturbación de terreno y el ancho de limpieza al mínimo posible para construir o mantener el camino a las normas deseadas.
- Aumentar por métodos artificiales o naturales la cubierta vegetal (gramíneas, arbustos, bejucos, árboles) en los taludes y áreas con suelo desnudo a la mayor brevedad después de la intervención.
- Usar residuos vegetales para proteger el suelo.
- Plantar árboles con raíces profundas para estabilizar terrenos en declive.
- Usar canales tipo disipador.
- Construir terrazas en los taludes de relleno.
- Evitar alineaciones sensibles de camino.

- Controlar el volumen y la velocidad de agua sobre la superficie del camino.

a.4 **Como los residuos vegetales combaten la erosión**

Estos pueden proporcionar un efectivo control de la erosión, reduciendo el impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo y disminuyendo el escurrimiento, (Gordón, Bauer y Aldana, 1995). La práctica de dejar residuos vegetales en el campo se denominan cubierta retenedora de humedad (mulch).

a.5 **Métodos vegetativos para control de erosión**

El control vegetativo de erosión usa materiales naturales y cuenta con las propiedades naturales de la vegetación para amortiguar el impacto de la lluvia, disminuir la velocidad de agua, extraer la humedad del suelo y fortalecer el suelo con los sistemas radiculares, todo en conjunto ayudando para restringir el movimiento del suelo. Además, el costo de los materiales que se necesitan es relativamente económico, se puede cubrir un área grande, y el resultado final será estético y natural, (Gordón, Bauer y Aldana, 1995).

Los métodos de control de erosión vegetativos involucrarán el uso de especies herbáceas (pastos, hierbas, leguminosas, árboles, arbustos y malezas) usados independientemente o en combinación para obtener los resultados deseados, la vegetación herbácea, especialmente hierbas y pastos, se usan para proveer protección a largo plazo contra la erosión superficial (hídrica y eólica) en las laderas y otras áreas expuestas, y provee protección menor solamente contra el movimiento de masas.

Las barreras vivas o setos vivos de vegetación leñosa ofrecen otra aplicación útil para el control de erosión. Se deben establecer las barreras en contorno para dispersar adecuadamente el agua, esta práctica se usa mayormente como barrera en tierras agrícolas, para separar los cultivos o los campos y para controlar la erosión en las laderas, sin embargo se puede aplicar el uso fácilmente a cualquiera de las áreas perturbadas tales

como los bancos de préstamo o ponerlas a transversal al pie de una pendiente de relleno para atrapar sedimento, (Gordón, Bauer y Aldana, 1995).

Un número limitado de especies leñosas pueden ser podadas, estas rebrotarán y se propagarán, se pueden sembrar como estacas alrededor de estructuras y entre fisuras de roca, la ventaja del uso de estas especies es la facilidad con que se puede realizar el objetivo de revegetación, con un costo muy razonable, una de las especies más utilizadas para estos propósitos es el sauce (*Salix alba*).

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

- Tipo de vegetación: Seleccionar el tipo y la fuente de vegetación para el mejor alcance de las metas. La planificación del proyecto debe considerar ubicación, vista, clima y microclima, tipo de suelo y fertilidad y época de siembra.
- Especies nativas: Considerar el uso de especies nativas o disponibles localmente.
- Tipo de material: Considerar el uso de semillas, recortes o trasplantes de un semillero, seleccionar el más ventajoso.
- Selección de semilla: Seleccionar la semilla según: Calidad, resistencia, y propiedades de germinación.
- Preparación de sitio: Preparar los semilleros, el sitio para la siembra o ahoyado, enmendando material necesario para promover el crecimiento.
- Cuidado de las plantas: Manejar las plantas con cuidado y no permitir que les falte humedad durante el almacenamiento, transporte o plantación.
- Mantenimiento: Regar las plantas después de la plantación, cuando lo necesiten, protegerlas de animales, plagas y enfermedades, fertilizándolas ocasionalmente.

La mayoría de proyectos de revegetación no será cien por ciento exitosos, se tendrá que replantar algunas plantas que mueren por enfermedades, plagas o clima.

Es importante observar el desarrollo radicular de diferentes especies de plantas creciendo bajo las mismas condiciones. La profundidad y la extensión de las raíces son factores muy importantes en la selección de la especie que se utiliza para la estabilización de suelo y control de erosión. La estabilización de suelo y protección de derrumbes da mejor resultado cuando se usan especies de plantas con raíces profundas.

Las especies forestales que se plantaron por parte de la empresa constructora deberán ser monitoreadas por parte de los vecinos de cada comunidad para asegurar su desarrollo y que cumplan sus funciones requeridas.

a.6 Áreas especiales a tratar por erosión

Las áreas que se recomiendan tratar según la información descrita anteriormente para evitar daños severos de erosión son: Los cortes que se formaron por la ampliación de taludes, salidas de tuberías después de los cabezales fundidos con concreto, ya que muchas de éstas debido a la cantidad de agua que drena de la carretera erosionan el suelo de una forma drástica, provocando esta erosión algunas cárcavas, en donde el arrastre de partículas es mayor y por ende destruye la fertilidad de los suelos agrícolas y la productividad baja; otro recurso que se ve afectado por este fenómeno son los cuerpos de agua ya que los sedimentos en suspensión aumentan por la pérdida del suelo, provocando azolvamientos en la parte baja de la cuenca de los ríos. Para estas áreas se recomienda hacer disipadores de energía para que el caudal de la tubería disminuya velocidad, con esta práctica se pretende disminuir la erosión y así evitar la formación de cárcavas en terrenos cultivables evitando dañar la estructura del suelo y bajar su productividad.

En los taludes formados por el corte, se recomienda realizar prácticas de conservación citadas anteriormente; varias de estas propuestas son viables y no representan alto costo. Lo que se debe de emplear para realizar las actividades es únicamente la coordinación de las comunidades como también el apoyo de las municipalidades, en especial las oficinas forestales o de planificación, a través del técnico responsable.

B. Responsables de la actividad

Estas medidas deben ser realizadas por los propietarios de las áreas tales como; Campamentos, plantas de trituradora y asfalto, bancos de préstamo. Las áreas que son parte del derecho de vía deben ser responsabilidad de los vecinos del área, como en cierto grado las oficinas de planificación de las municipalidades, a fin de brindar una asesoría técnica a los propietarios y vecinos organizados como COCODES u otro tipo de organización. Hasta cierto punto estas actividades tienen que ser realizadas por la empresa constructora a través de la parte ambiental y supervisada por parte de la empresa que tiene a su cargo la supervisión del proyecto.

2.5.3.6 Medidas para la Recuperación de la Biodiversidad de los Ecosistemas Terrestres

Impactos

- Daños y/o destrucción de ecosistemas terrestres por la actividad del funcionamiento del tramo carretero debido a la frecuencia de intervenciones antrópicas, causando eliminación de sitios de anidamiento/hábitat de especies del área.
- Intervenciones más frecuentes a la flora y fauna por el funcionamiento del tramo.

Propuesta

- Protección de áreas de hábitat (mantenimiento de áreas sin perturbar), monitoreadas por vecinos del lugar.
- Prohibición de caza, recolección de plantas/animales y explotación de los recursos naturales, en áreas protegidas paralelas o cercanas al tramo carretero, las municipalidades deben estipular multas drásticas y sanciones a personas que se encuentran realizando actividades que afecten a la flora y fauna.
- Almacenamiento de capa de suelo útil para su uso en actividades de revegetación en otras áreas tales como planta de asfalto, trituradora, campamentos y bancos de

préstamo de materiales, esto se puede lograr con el apilamiento de hojarasca (broza) y otros residuos vegetales, para obtener un suelo orgánico y fértil para una rápida recuperación de la biodiversidad.

- Restauración de áreas degradadas mediante la revegetación
- Reforestación en áreas que se modificaron por la extracción de materiales o instalación de estructuras como campamentos, plantas de asfalto y trituradora.
- Mantener intactas, áreas de vegetación nativa mediante la prevención de se fragmentación. Identificar en un mapa las áreas naturales que no están fragmentadas hasta el momento por carreteras o por urbanización.
- Crear áreas ecoturísticas, ya que funcionaría como fuente de ingresos hacia los pobladores, y como tal sirven para crear fondos para la conservación del lugar.

A. Justificación para realizar la actividad

La pérdida de biodiversidad constituye una amenaza, en especial en lugares donde la gente depende estrechamente de los bosques para obtener sus medios de vida. Tal es el caso de los habitantes a lo largo del tramo carretero que conduce de Comitancillo a San Lorenzo, que dependen en un alto grado de la biodiversidad del lugar para sobrevivir.

Es importante enfatizar que, contrariamente a lo que mucha gente cree, no son las organizaciones ambientalistas quienes están más interesadas en la conservación de la biodiversidad, sino las comunidades locales, cuyos medios de vida y sobrevivencia cultural están en gran medida dependientes en los productos, subproductos y servicios que proveen los bosques y los ecosistemas. Para ellos, el tema no se restringe a la conservación de ciertas especies, sino a la conservación del ecosistema entero.

La reducción de biodiversidad es consecuencia directa del desarrollo humano, ya que muchos ecosistemas han sido convertidos en sistemas menos productivos, económica y biológicamente. Se podría decir que el uso inadecuado de los ecosistemas además de perturbar su funcionamiento también implica un costo, (Gutiérrez HR. 1997).

La conservación de la diversidad biológica supone un cambio de actitud, desde una postura defensiva (protección de la Naturaleza frente a las repercusiones del desarrollo) hacia una labor activa que procure satisfacer las necesidades de recurso biológicos de la población al mismo tiempo que se asegura la sostenibilidad a lo largo del tiempo de la riqueza biótica de la Tierra, (Morales MC, 2007).

A menudo, los efectos del desarrollo de asentamientos humanos pueden resultar en la disminución de la biodiversidad mediante la destrucción o la alteración de los componentes físicos o biológicos de los sistemas ecológicos existentes. Aunque el crecimiento no destruya inmediatamente un ecosistema, la construcción de carreteras, cercos o viviendas, puede obstruir o interrumpir los esquemas de la vida silvestre, creando, por lo tanto fragmentación ecológica y desequilibrio que tienen un efecto durante un período de tiempo mayor. A pesar de que el ambiente es capaz de adaptarse a las circunstancias naturales cambiantes, los desarrollos creados por el hombre hacen más difícil la recuperación del ambiente, tomando a menudo décadas para recuperar su equilibrio, en el mejor de los casos, (Morales MC, 2007).

A pesar de que a menudo pensamos que la protección del ambiente natural es el deber de las organizaciones de conservación, la realidad es que los diseñadores de sitios tienen una responsabilidad igual que una oportunidad real para asegurarse que tales recursos valiosos no se pierdan.

a.1. Deterioro o Pérdida de las Áreas Ecológicamente Frágiles

La construcción de caminos a través de las tierras silvestres, parques, bosques nacionales y otras áreas no explotadas, resultará inevitablemente a su conversión a otros usos de la tierra, a menos que exista un apoyo popular local para la conservación o preservación, combinando con una efectiva administración y coacción legal, (Morales MC, 2007).

a.2. Principios para el Mantenimiento de la Biodiversidad en la Escala del Paisaje

Establecer prioridades para la protección de especies y proteger el hábitat, que obligan la distribución y abundancia de esas especies. Proteger elementos raros del paisaje, guiando el desarrollo hacia áreas del paisaje que contienen características comunes, (Morales MC, 2007). Mantener conexiones entre los hábitats de vida silvestre mediante la identificación y la protección de corredores o piedras de apoyo, para el movimiento natural. Contribuir a la persistencia regional de especies raras mediante la protección de algunos de sus hábitats, identificando oportunidades para incorporar la conservación regional o nacional de planes dentro de planes locales, (Morales MC, 2007). Balancear una oportunidad para recreación por el público con las necesidades del hábitat de la vida silvestre.

a.3. Principios para el Mantenimiento de la Biodiversidad en la Escala de sitio

A la escala del sitio, el desarrollo afecta la salud, la reproducción y la mortalidad de las plantas y animales individuales. Los ejemplos de estos efectos en el nivel del sitio incluyen la vida silvestre siendo forzada a evadir estructuras y carreteras, la vida silvestre siendo cazada por animales domésticos recién introducidos, o conflictos creados por un incremento de contacto humano con la vida silvestre, (Morales MC, 2007). Estos efectos se suman a lo que es llamada una zona de disturbios. Una zona de disturbio es definida como el área alrededor de una casa, una carretera o una urbanización en la cual el valor del hábitat para plantas y vida silvestre es reducido significativamente por la actividad humana y las estructuras. En la figura 2-7, se puede observar el esquema de una zona de disturbio.



Fuente: (Morales MC, 2007).

Figura 2-7. Representación de las causas de una zona de disturbio

A pesar de que los efectos del nivel del sitio causados por un desarrollo son importantes de tomar en consideración en una localidad en particular, debería tener presente que estos efectos, cuando se unen a desarrollos existentes o futuros, tienen de igual manera un impacto profundo en la escala del paisaje. Cuando los efectos de nivel del sitio y las zonas de disturbio se acumulan en una escala mayor son considerados efectos a nivel del paisaje, (Morales MC, 2007).

B. Responsables de la actividad

La responsabilidad debería ser del MARN, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y brindar una asesoría específica a los técnicos forestales de cada una de las municipalidades para que a través de estas instituciones y COCODES, se pueda llevar a cabo la restauración y conservación de la biodiversidad del lugar modificada y alterada por la construcción del tramo carretero. Las municipalidades deben brindar capacitación constante a los líderes comunitarios para concientizar a las comunidades sobre conservar la riqueza natural que se encuentra en los municipios de Comitancillo y San Lorenzo, y a

su vez aprovechar la misma en forma sostenible, para evitar el deterioro y eliminación de la biodiversidad.

2.5.3.7 Medidas para Reducir los Cambios en el Paisaje

Impactos

- Cambio en la vegetación del área por corte de árboles y destrucción de otras especies propias del área debido al corte para ampliación del derecho de vía.
- Modificación drástica del paisaje por implementación de plantas de asfalto y trituradora, campamentos y utilización de bancos de préstamo.

Propuesta

- Plantación de árboles y arbustos que actúen como pantallas visuales.
- Retiro de apilamientos de material sobrante de cortes y movimientos de tierra.
- Los botaderos deben estar con el material esparcido y no en forma de volcanes apilados.
- Los botaderos tienen que estar revegetadas con especies nativas del área, para evitar daños de erosión, así como mala visualización escénica del lugar.
- Los campamentos, plantas de asfalto y trituradora, deben estar libre de todo material que se utilizó anteriormente para las actividades de construcción, con el fin de ser reforestadas y revegetadas.
- Los bancos de préstamo son áreas que se modifican y por ende alteran la belleza escénica del lugar, éstos deben ser reforestados de inmediato; los materiales apilados que ya no son utilizados tienen que ser esparcidos formando un terraplén, con capa orgánica para el mejor desarrollo de los árboles.
- El material que se utilizó del dragado de ríos se debió de esparcir, o formar bordas en lugares donde se cree que el cauce del río no es capaz de transportar el caudal en eventos de lluvia extremos.

- Los taludes que se formaron con la ampliación del derecho de vía tuvieron que ser revegetados. El objetivo que se persigue con esta actividad es cubrir el suelo descubierto y que éste se vea en armonía con el paisaje del lugar.
- Tener un control por parte de la municipalidad y vecinos de instalar rótulos o vallas publicitarias en lo menor posible a lo largo del tramo carretero más que las que indiquen señalización vial y precaución. Notificación a vecinos y visitantes de las sanciones que serán impuestas por daños a flora, fauna y otros recursos naturales del área. Ya que esto provoca una alteración de la visión del paisaje del área.
- Seleccionar las especies nativas del entorno natural. Disponer espacialmente la vegetación para lograr una buena relación visual con el entorno, ocultando elementos no integrados y no deseables.

A. Justificación para realizar la actividad

a.1. Paisaje

El paisaje es un recurso natural, ya que posee valores estéticos y culturales, por ello debe ser protegido, conservado y restaurado. Si se introduce un elemento ajeno al paisaje en éste caso la incorporación del tramo carretero, se modifica la estructura del paisaje. Se entiende por paisajismo el arte de diseñar espacios, jardines, bosques y parques, utilizando la naturaleza como herramienta, (Morales MC, 2007).

a.2. Impacto paisajístico

Es una alteración estructural o funcional de uno, varios o todos los componentes naturales y elementos visuales del paisaje como consecuencia de las intervenciones humanas, lo que provoca una disminución en su calidad ambiental y visual, (Morales MC, 2007).

a.3. **Causas del impacto**

- Ocupación del territorio por obras públicas, movimientos de tierras que alteran la vegetación y las formas naturales del relieve.
- Aparición de líneas rectas no acordes con las formas geométricas del terreno.
- Contrastes cromáticos con el entorno.
- Introducción de elementos artificiales de gran tamaño (tramos carreteros).

a.4. **El origen del impacto visual puede ser variado**

- Aparición de líneas rectas y formas geométricas en el paisaje: Carreteras.
- Cambios bruscos de color: Edificaciones, eliminación vegetación.
- Modificación de las formas naturales del relieve como puede ser vaciado de zonas, escombreras.
- Acumulación de residuos y contaminación del entorno.
- La proximidad a lugares frecuentados o accesibles y la existencia de un amplio campo visual.

a.5. **Extracción de recursos**

Los cuales provocan cambios en la morfología del relieve, vegetación y alteraciones cromáticas con desestabilización del paisaje, (Gutiérrez HR. 1997).

a.6. **Calidad visual**

Es una cualidad intrínseca del paisaje que nos indica sus valores estéticos, es decir, su belleza, (Gutiérrez HR. 1997).

a.7. **Fragilidad visual**

Es la susceptibilidad de un paisaje al cambio e indica el grado de deterioro visual que puede sufrir un paisaje como consecuencia del uso a que se destine, (Morales MC, 2007).

a.8. **La capacidad de absorción visual**

Es opuesta a la fragilidad, y es la aptitud de un paisaje para “acoger” posibles modificaciones o impactos sin producir una disminución grave de su calidad visual, (Morales MC, 2007).

a.9. **Componentes del paisaje**

- **Abióticos:** Relieve, litología, clima agua y suelo.
- **Bióticos:** Vegetación y la fauna.
- **Antrópicos:** En los que ha intervenido el hombre

a.10. **Elementos del paisaje**

- **Color:** Propiedad de reflejar la luz, con una determinada longitud de onda.
- **Forma:** Superficie del terreno, volúmenes del paisaje.
- **Línea:** Camino real o imaginario cuando existen diferencias entre los elementos del paisaje.
- **Textura:** Irregularidades que se perciben sobre la superficie continuas de los componentes de un paisaje.

a.11. **Problemas**

- En muchos casos pasan desapercibidos.
- Se puede suponer la pérdida de especies, áreas que pueden resultar alteradas.
- Desarrollo en estructuras en especial en la construcción de tramos carreteros.

a.12. **Consecuencias**

- **A corto plazo:** no se tienen en cuenta.
- **A medio plazo:** Pérdida de lugares únicos.
- **A largo plazo:** Respecto a la tala, desertización de la zona, haciéndola inutilizable para la agricultura.

a.13. **Alteraciones**

- Eliminación total o parcial de la cobertura vegetal.
- Sustitución del bosque por cultivos o pastos.
- Repoblaciones forestales.
- Alteraciones en el color.
- Modificación del relieve.
- Presencia de carreteras, tendidos eléctricos.

a.14. **Impactos en la construcción y operación de la carretera sobre el Medio Físico, que modifican el paisaje**

Entre los impactos potenciales sobre el suelo están los derrumbes, la contaminación por derrames de material transportado, alteración de su composición física, química y mineralógica, el cambio de uso del suelo, inicio o incremento de procesos erosivos, alteración del paisaje natural y asentamientos humanos espontáneos, (Morales MC, 2007). Alteración en las áreas de canteras y bancos de préstamo por pérdida de cobertura vegetal posibilitando el inicio de un proceso erosivo y alteración del paisaje.

a.15 **La Escala del Paisaje y la Escala del Sitio**

El desarrollo humano tiene un impacto en el medio ambiente y la biodiversidad en dos escalas separadas, pero interactivas: La ancha escala del paisaje, tal como un valle

entero y la más focalizada escala del sitio, tal como un desarrollo particular dentro de un valle. (Morales MC, 2007).

B. Responsables de la actividad

Los responsables de esta actividad pueden ser los vecinos del área como a su vez la comuna municipal y COCODES, del lugar, estos pueden organizarse y velar por la buena imagen del lugar, evitando la colocación de vallas publicitarias muy grandes que afecten el panorama del lugar, en si los vecinos cumplen una función muy importante dentro del lugar ya que estas personas viven en el área, la municipalidad debe de tomar muy en cuenta a las empresas que se dedican a la colocación de publicidad para restringirles el tamaño de las vallas y lugares en que serán colocadas, (Morales MC, 2007).

2.5.3.8 Seguimiento y Vigilancia Ambiental

Impactos

- Deterioro de plantaciones y revegetación realizada como medidas de mitigación ambiental en la fase de construcción del tramo carretero por falta de mantenimiento.
- Deterioro de las estructuras de drenaje por falta de mantenimiento, provocando así, problemas de funcionalidad de la carretera.

Propuesta

- Las municipalidades tienen el derecho y la obligación de exigir a la Dirección General de caminos que brinde mantenimiento periódicamente al tramo carretero tanto a la infraestructura elaborada como a la parte de mitigación ambiental.
- Las municipalidades en caso que la Dirección General de Caminos, no proceda al mantenimiento deben de programar con las auxiliaturas, COCODES, vecinos y

escuelas a brindar mantenimiento a las cunetas, tuberías (Cajas y cabezales), y dar mantenimiento a los árboles que se plantaron paralelamente a la carretera.

- Es fundamental que no queden materiales en situación que ofrezca peligro y que la parte de carretera contigua al sitio de trabajo quede limpia de restos o sobrantes del trabajo de conservación.
- La limpieza del derecho de vía debe involucrar generalmente actividades rutinarias, aunque ocasionalmente también se requieren actividades periódicas.
- La zona de derecho de vía está constituida por: Los hombros, taludes, alcantarillas, cunetas, derramaderos, señales verticales, sistema de drenaje en general.

La plantación forestal en los caminos públicos queda sujeta a la vigilancia de las autoridades locales y camineras. No se podrá establecer cultivos anuales dentro del derecho de Vía, pero sí en su orilla o límite, establecido. Las alamedas deben ser formadas de árboles de la misma especie.

A. Justificación para realizar la actividad

Esta es la última fase del ciclo de vida de los proyectos viales. En este período debe tenerse especial atención en el mantenimiento de las estructuras de drenaje dado que un mantenimiento inadecuado o a destiempo puede propiciar problemas en su funcionamiento que posteriormente se puede convertir en un problema de funcionalidad de la carretera. Con la conclusión de esta fase finaliza un ciclo en la vida de la carretera; sin embargo se puede llevar a cabo una evaluación ex post la cual tiene por objeto apreciar la medida en la que se han alcanzado los objetivos de desarrollo de las operaciones planificadas, como también apreciar la eficiencia con la cual se han conseguido tales objetivos. Se denomina evaluación ex post porque tiene por objeto calificar los resultados de una operación, particularmente en términos de sus efectos directos o impacto producido, una vez concluida la actividad, (Morales MC, 2007).

a.1. **Limpieza de la superficie de Rodadura y Hombros**

Esta es una actividad de rutina, y consiste en retirar de los hombros y la calzada los obstáculos tales como piedras, árboles caídos o ramas, montones de tierra, arena llevadas por el viento o el agua, y desechos. Estos objetos deben ser retirados de los hombros y la calzada y depositados en lugares que no ofrezcan peligro. Los materiales pueden a veces ser extendidos, en condiciones de seguridad, en los taludes. Regularmente esta actividad se lleva a cabo conjuntamente con otras similares, (Morales MC, 2007).

a.2. **Limpieza de drenajes longitudinales**

Esta es una actividad de rutina, y consiste en retirar de las cunetas, contra cunetas, canales laterales y de descarga, piedras, lodo y arena, malas hierbas, ramas, arbustos, e incluso sus raíces. La retirada de estos materiales se hará a lugares alejados de la carretera. Una cubierta ligera de hierba, en cunetas o canales sin revestir, puede ayudar a estabilizar su fondo y los laterales. Por esto es aconsejable no eliminar la hierba y dejarla corta cuando se limpie una cuneta o canal natural, (Morales MC, 2007).

Se busca permitir el curso libre y controlado del agua por las cunetas y canales, y evitar que los materiales desalojados caigan o entren, en todo o en parte, de nuevo en la red de drenaje. A menudo hay tramos de conducción de drenaje que quedan en pendientes fuertes o en curvas cerradas sin protección contra la erosión o en la zona de descarga de un drenaje. En tales casos habrá que considerar las opciones siguientes:

- Rectificar el trazado en planta y perfil de las conducciones.
- Protección contra la socavación y/o reparación de socavaciones.
- Al rectificar el trazado se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:
 1. Prolongar el dren hacia una descarga con poca pendiente, para reducir la velocidad de la corriente cuando deja la cuneta.

2. La pendiente ideal debería estar entre un 2% o un 5%. o El dren podría trazarse en planta de modo que se adaptará más a las curvas de nivel, hasta un punto donde pueda realizarse la descarga en forma más segura.
3. Debe tenerse en cuenta que lo más importante será llevar la descarga del agua pluvial hasta suelo consolidado naturalmente.

En las opciones se deben usar las técnicas arriba descritas relativas a dar forma, alinear y profundizar los drenes. En los casos de ocurrencia de socavación en el fondo y laterales de cunetas y canales no revestidos pueden realizarse las siguientes actividades:

- Realizar reparaciones sencillas rellenando las zonas afectadas con suelo y pasto, siempre que lo permitan las condiciones climáticas. Estos topes probablemente necesitarán ser sujetados con estacas para sostenerlos, y ser regados hasta que se adhieran al terreno.
- Construirse con madera y piedra escalones sencillos contra la socavación. Otros mayores se podrían construir mampostería, ladrillo o concreto. Reducen la velocidad y la fuerza de erosión del agua. También retienen el lodo de arrastre y en conjunto configuran tramos de cuneta suavemente escalonados.
- Los escalones contra la socavación no deben ser muy altos, ya que de otra forma se obligaría al agua a irse por el terreno circundante, el hombro o la calzada. La construcción de estos escalones se puede controlar con la ayuda de plantillas. Además, los escalones contra socavación no deben de construirse en cunetas o canales de pendiente menor del 4%, porque la conducción se llenaría de material excesivamente y llegaría a dañar la carretera. En ese sentido es necesario conocer bien la pendiente del drenaje lateral.
- Cuando el agua se estanca, o el drenaje lleva demasiada agua o cuando se produce la erosión, hay que considerar la posibilidad de construir una nueva descarga.
- Los drenes de desagüe frecuentes previenen contra el crecimiento de los caudales de agua y vierten caudales menores en el terreno próximo, reduciendo el riesgo de erosión.

a.3. Limpieza de Drenajes y Transversales

Los drenajes transversales son las tuberías, cajas y bóvedas; la actividad consiste en limpiar cuidadosamente, en toda su longitud, la sección hueca, así como las zonas de las bocas de entrada y de salida, permitir el curso libre y controlado del agua por las tuberías, cajas y bóvedas, y evitar que los materiales desalojados caigan o entren, en todo o en parte, de nuevo en la red de drenaje.

a.4. Corte de Maleza

Esta actividad, que es de rutina, implica control de la maleza, hierbas, matas y árboles. El corte de la maleza, así como el despeje de matas en los hombros constituye una actividad básica de conservación. La mayor parte de las operaciones que reclama esta tarea se pueden realizar con procedimientos basados en mano de obra o herramientas manuales.

Con el control de la vegetación se evita que el agua superficial se estanque en el borde de la calzada y debilite el pavimento, que el lodo se acumule en el borde de la calzada, se reduzca la visibilidad para los usuarios y se incremente el riesgo de accidentes para personas y animales y disminuya el peligro de incendios durante la estación seca.

Esta actividad deberá realizarse una vez al año al menos, o cuando las malezas, matas, arbustos y árboles sobrepasen los límites admisibles establecidos por la Unidad Ejecutora de Conservación Vial –COVIAL- en las especificaciones especiales.

2.6 CONCLUSIONES

- El Plan de Gestión Ambiental es una herramienta importante para asegurar el funcionamiento de una obra en operación ya que a través de éste se establece un conjunto de operaciones técnicas dentro de las normas legales y ambientales para mitigar o corregir los impactos negativos que se provocaron en la construcción del tramo carretero proyecto Comitancillo-San Lorenzo, departamento de San Marcos. A través del mismo se asegura la viabilidad de una infraestructura, ya que se puede lograr la compatibilidad de la obra con el ambiente que corresponde al área de influencia directa, en donde se desarrolló el proyecto.
- En el proyecto denominado “Rehabilitación de Caminos Secundarios en el departamento de San Marcos”, se realizó un reacondicionamiento de terracería de la carretera ya existente, la cual está diseñada con una sección típica “E” modificada, que incluye un tipo de concreto asfáltico para prolongar el tiempo de vida de la sección, debido a las condiciones del clima que presenta la zona. Los trabajos incluyeron la reparación, ampliación y colocación de estructuras de drenaje menor, señalización vertical y horizontal y los trabajos de mitigación ambiental.
- Los impactos más importantes que se identificaron en el tramo carretero, son aquellos que corresponden a la limpieza, nivelación y construcción del piso, debido a la pérdida de la capa vegetal del área de influencia directa; modificando los patrones naturales de drenaje, provocando un alto grado de erosión por falta de estructuras de conservación, presentando deslaves a los cortes de talud, azolvamiento de cuerpos de agua tales como el Río San Sebastián y el riachuelo la Ciénaga, que se encuentran en los límites de San Lorenzo. El tramo presenta degradación de recursos naturales renovables a lo largo de los 13 km; otras zonas que sufrieron alteración significativa, son el banco de préstamo de materiales por la extracción de piedra y movimiento de volúmenes altos de material dejando un impacto visual del área afectada tal es el caso del banco de Paconché ubicado en San Lorenzo.

- La aplicación de las medidas propuestas en el presente Plan de Gestión Ambiental del funcionamiento del tramo carretero, pretende mitigar los impactos ambientales que se provocan por el funcionamiento del proyecto, éste Plan proporciona a los beneficiarios ideas para ponerlas en práctica, las cuales se proponen realizar con recursos que se encuentran en el área de influencia directa, minimizando costos pero siendo estos efectivos para conservar los recursos naturales del lugar, a través de las municipalidades, que actúan como gobierno local, COCODES, auxiliaturas y vecinos beneficiarios, que pueden hacer que la obra sea lo más compatible con el ambiente aplicando las medidas que se proponen en este documento.

2.7 RECOMENDACIONES

- El lugar que se utilizó como campamento que se encuentra en el caserío Corinto perteneciente al municipio de San Lorenzo, se le debe brindar tratamientos tales como: Reforestación, que se recomienda se realice con aliso (*Alnus acuminata*) a un distanciamiento de 3*3 m, los agujeros deben de tener 40 cms. de diámetro y 40 cms. de altura, rellenándolos con material que contenga restos orgánicos; otro tratamiento que se recomienda es la revegetación con pasto Kikuyu (*Pennisetum clandestinum*), para evitar arrastre de residuos industriales y de partículas de suelo por la lluvia hacia el riachuelo la Ciénega que se encuentran a 100 m del área, mencionada. El mismo tratamiento se recomienda a los lugares en donde funcionaron la planta de asfalto y la trituradora, que se encuentran en las márgenes del río Xixal ubicado en el municipio de Comitancillo.
- Brindarle seguimiento y a su vez mantenimiento a la revegetación y en especial a las plantaciones que se establecieron a lo largo del los 13 km. que conducen de Comitancillo a San Lorenzo.
- Las Municipalidades, auxiliaturas municipales y COCODES, de las diferentes comunidades en la cual atraviesa el tramo carretero, deben de monitorear periódicamente el paso del agua escurrida por las estructuras de obra civil tales como: Cunetas, cajas de recibimiento y las transversales (tubos); en especial la salida de las tuberías, ya que pueden provocar problemas serios de erosión, por lo que se recomienda la colocación de disipadores.
- Construir un relleno sanitario para controlar la contaminación de basureros clandestinos que se encuentran en la vía, como es el caso del basurero clandestino El BOBO ubicado en el municipio de San Lorenzo y el basurero del casco urbano de Comitancillo, por tal motivo se recomienda un relleno sanitario.

2.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Anckermann Álvarez, E. 1969. Manual para laboratoristas de suelos en construcción de carreteras. Tesis Ing. Civil. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería. 233 p.
2. Audesirk, T; Audesirk, G. 1997. Biología. 4 ed. México, Prentice Hall. p. 1-15.
3. BCIE (Banco Centroamericano de Integración Económica, GT). 1988. Manual de evaluación ambiental. US, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. s.p.
4. CALAS (Centro de Acción Legal, Ambiental y Social de Guatemala, GT). 2004. Legislación ambiental guatemalteca. 2 ed. Guatemala. tomo 1, 212 p.
5. Dirección General del Medio Ambiente, ES. 1984. Curso sobre evaluaciones de impacto ambiental. España, EPES. 560 p.
6. Duncan Mara, MC. 1984. Programa de las naciones unidas para el desarrollo, diseño de letrinas mejoradas de pozo ventilado. Washington DC, US, PNUD. 40 p.
7. Feliciano Pérez, R. 1996. Monografía del municipio de Comitancillo, San Marcos, Guatemala. Guatemala, s.e. 163 p.
8. Gómez Salay, JG. 2005. Descripción y análisis del efecto de la construcción de la autopista Palín-Escuintla sobre el suelo, agua y bosque. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 69 p.
9. Gordón Seller, FE; Bauer, GP; Aldana, M. 1995. Caminos rurales con impactos mínimos: un manual de capacitación con énfasis sobre planificación ambiental, drenajes, estabilización de taludes y control de erosión. Guatemala, s.e. 800 p.
10. Gutiérrez Castellanos, HR. 1997. Análisis del impacto ambiental de las actividades agropecuarias sobre el suelo, agua y bosque, en la comunidad de "El Poxte", Poptún, Petén. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 90 p.
11. MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, GT). 2008. Listado taxativo (correspondencia personal). Quetzaltenango, Guatemala. 10 p.
12. _____. 2008. Términos de referencia para realización de un PGA, Plan de Gestión Ambiental (correspondencia personal). Quetzaltenango, Guatemala. 10 p.

13. MCOP (Ministerio de Comunicaciones, Transporte y Obras Públicas, Dirección General de Caminos, Unidad de Planeamiento, GT). 2009. Evaluación del impacto ambiental, proyecto rehabilitación de caminos secundarios altiplano de San Marcos. Guatemala. 100 p.
14. MICIVI (Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, GT); DGC (Dirección General de Caminos, GT). 2002. Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes. Guatemala. 807 p.
15. Morales Ávila, MC. 2007. Criterios para la supervisión ambiental en carreteras. Tesis Ing. Civil. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería. 82 p.
16. Solel Boneh, GT. 2009. Maquinaria, equipo y materiales de construcción. Guatemala. 5 p.
17. Standley, PC; Steyermark, J. 1946. Flora de Guatemala. Chicago, US, Chicago Natural History Museum, Fieldiana Botany, v. 24, 13 pts.
18. Vides Tobar, A. 1981. Construcción de carreteras. Guatemala, Piedra Santa. tomo 1, 447 p.



3 CAPÍTULO III

SERVICIOS REALIZADOS EN EL CASERÍO IXMOCO COMITANCILLO SAN MARCOS

3.1 PRESENTACION

Los servicios que se presentan a continuación se realizaron según el funcionamiento del tramo carretero, desarrollándose éstos en el caserío Ixmoco una de las tantas comunidades que se beneficiaron con la obra perteneciente al municipio de Comitancillo.

Con el desarrollo de cada uno de los servicios se tiene el objetivo de colaborar y a su vez mitigar algunos de los impactos que se provocan con el funcionamiento del tramo carretero, siendo estos la implementación de un vivero forestal de pino (*Pinus pseudostrobus*), aliso (*Alnus acuminata*) y ciprés (*Cupressus lusitánica*), con fines de mitigación ambiental, ya que la producción de éste se utilizó para implementar la reforestación a lo largo del tramo en lugares tales como: plataformas antiguas, campamentos, áreas de planta de asfalto y trituradora, en compensación de la eliminación de cobertura que se llevó a cabo por la ampliación del derecho de vía; la implementación del vivero cumple con un objetivo más que es el de producción de plántulas para el establecimiento de un bosque con fines energéticos y a su vez la capacitación en campo directo de las personas del caserío que participaron en la actividad.

La implementación del vivero cumplió varios objetivos dentro de la comunidad, ya que a través de éste se logro alcanzar que los habitantes de Ixmoco, tuvieran conciencia sobre la importancia que juegan los bosques, ya que a través de estos se logran varios beneficios tanto de conservación de la flora y fauna, así como el uso sostenible y Conservación de los mismos.

Por último se llevó a cabo una capacitación a los maestros de las escuelas rurales de nivel primario, del caserío antes mencionado, relacionada a la implementación del Módulo de Educación Forestal, en donde se tiene como objetivo primordial, inculcar a los niños desde temprana edad la importancia que tienen los árboles en el medio que los rodea. Aprovechando la oportunidad se dió a conocer a nivel de Escuela la problemática con los desechos producidos por el hombre (basura), dándose algunos consejos de como reciclar los diferentes tipos de basura.

3.2 Servicio 1. Implementación y establecimiento de un vivero forestal

3.2.1 OBJETIVOS

3.2.1.1 Objetivo General

- Implementación y establecimiento de un vivero forestal de (*Pino pseudostrobus*), (*Alnus acuminata*) y (*Cupressus lusitánica*), con fines de mitigación ambiental, en el tramo carretero Comitancillo – San Lorenzo.

3.2.1.2 Objetivos específicos

- Capacitar a los habitantes del caserío Ixmoco en la implementación y establecimiento de un vivero forestal.
- Producir 15,000 plántulas entre (*Pino pseudostrobus*), (*Alnus acuminata*) y (*Cupressus lusitánica*).

3.2.2 METODOLOGÍA

Para la implementación y establecimiento del vivero forestal se dividió la actividad en dos fases: fase de gabinete inicial y fase de campo.

3.2.2.1 Fase de gabinete inicial

En esta fase se realizó la planificación para la ejecución tanto en los aspectos económicos como en los técnicos. En los aspectos técnicos, se obtuvo información de las especies a producir en el vivero forestal; la información técnica que se obtuvo fue acerca de la calidad física de las semillas, su germinación y los tratamientos pre-germinativos, además información acerca del manejo de especies en vivero, problemas fitosanitarios, tipo de sustrato, riego, tomando muy en cuenta el diseño y distribución del vivero. El sistema seleccionado para la producción fue el de producción en bolsa.

3.2.2.2 Fase de campo

En esta fase de ejecución, se requirió de personal para el establecimiento del vivero, las actividades que se llevaron a cabo se mencionan a continuación:

- a) **Obtención de semilla:** para desarrollar esta actividad se solicitó un kilogramo de semilla, tanto de ciprés, pino y aliso a la empresa AGROKAN S.A., por lo que no fue necesario realizar pruebas de escarificación y pre-germinación, ya que las semillas son certificadas y presentan una viabilidad del 98% por cada kilogramo de germinación.
- b) **Preparación del sitio:** Cercado, limpieza del terreno, nivelación, drenaje, construcción de terrazas y bancales.

- c) **Sistema de producción en bolsa:** Se obtuvo el sustrato (tierra, arena y materia orgánica), en relación 3:1:1, desinfección del sustrato con agua a 100 °C, llenado de bolsas y elaboración de bancales.
- d) **Riego:** Se realizó en las horas más frescas del día y para ese propósito se estableció un calendario de riego con la finalidad de garantizar la cantidad de agua que necesitaban las plantas en sus diferentes etapas de desarrollo.
- e) **Control de malezas:** Consistió en eliminar las malezas que crecieron en las bolsas, bancales y calles del vivero ya que estas sirven de hospederos de plagas y enfermedades y compiten con las plántulas de interés.

3.2.3 RESULTADOS

Se cuenta al final con un vivero forestal con árboles de (*Pinus pseudostrobus*), (*Alnus acuminata*) y (*Cupressus lusitánica*), para cumplir con la reforestación para mitigar el impacto ambiental del tramo carretero, San Lorenzo – Comitancillo.

Los resultados que se obtuvieron en la ejecución, de la producción del vivero forestal. Se pueden comprender mejor en el siguiente cuadro.

Cuadro 3-1 Resultados de la producción del vivero forestal

| Especie | Cantidad esperada | Cantidad producida |
|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|
| <i>Pinus pseudostrobus</i> | 5000 plántulas | 4500 plántulas |
| <i>Cupressus lusitánica</i> | 5000 plántulas | 4800 plántulas |
| <i>Alnus acuminata</i> | 5000 plántulas | 5000 plántulas |
| Gran Total. | 15,000 plántulas. | 14,300 plántulas. |

El área que se utilizó para la implementación del vivero forestal se distribuyó de la siguiente manera, la cual se puede observar en la figura 3-1.

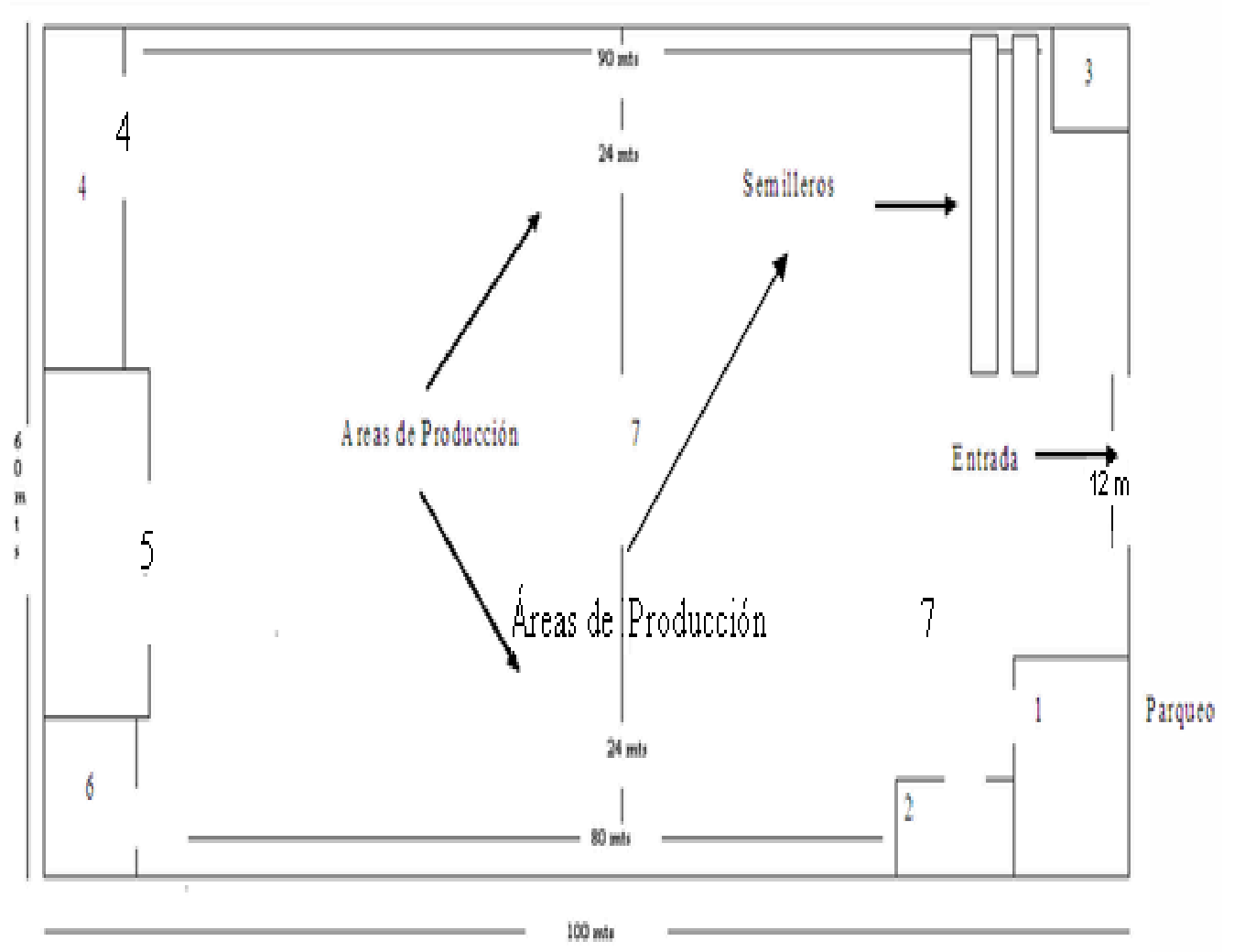


Figura 3-1 Diseño y distribución de la planta del vivero forestal

En la figura 3-2 se puede observar la producción de las plántulas de (*Cupressus lusitanica*) que se establecieron en el vivero en el caserío Ixmoco.



Figura 3-2 Almacigo de pilones de Ciprés (*Cupressus lusitanica*)

En la figura 3-3 se puede observar la producción de las plántulas de (*Alnus acuminata*) que se establecieron en el vivero en el caserío Ixmoco.



Figura 3-3 Almacigo de pilones de Aliso (*Alnus acuminata*)

En la figura 3-4 se puede observar la producción de las plántulas de pino (*Pinus pseudostrobus*) que se establecieron en el vivero en el caserío Ixmoco.



Figura 3-4 Almacigo de pilones de pino (*Pino pseudostrobus*)

3.3 Servicio 2. Establecimiento de un bosque con fines energéticos

3.3.1 OBJETIVOS

3.3.1.1 Objetivo General

- Establecimiento y apoyo para la implementación de un bosque con plántulas de aliso (*Alnus acuminata*) con fines energéticos-leña en el Caserío Ixmoco, Comitancillo San Marcos.

3.3.1.2 Objetivos Específicos

- Establecer una plantación forestal con árboles de Aliso (*Alnus acuminata*) con fines energéticos como bosque comunal del caserío Ixmoco.
- Capacitar a los habitantes del caserío Ixmoco sobre el establecimiento de una plantación de aliso (*Alnus acuminata*) para que sea utilizable como bosque energético.

3.3.2 METODOLOGÍA

Para la realización del servicio, las actividades que se planificaron fueron divididas en dos fases:

a) Gabinete

En esta fase se obtuvo información sobre las fuentes de energía que utilizan los pobladores del caserío Ixmoco del municipio de Comitancillo, y se observó que la fuente energética más usual es la leña, la cual es extraída de los bosques que se encuentran al contorno de la comunidad.

Durante esta fase se planificó la obtención de las plántulas de Aliso para llevar a cabo la implementación del bosque energético.

Se planificó una capacitación sobre la distribución de los árboles para aprovechar de mejor manera el área a utilizar.

b) Campo

Para la realización de esta fase se obtuvo el material o plántulas de Aliso del servicio 1, ya que la producción del vivero se hará principalmente para abastecer la plantación energética.

Se capacitó y realizó una práctica en campo para realizar el trazo de la plantación, utilizando pita y nivel en "A" para distribuir las plántulas en curvas a nivel, respondiendo al nivel del terreno. Se midió la distancia de distribución de la plantación, utilizando cinta métrica, pita y estacas.

Se utilizaron cobas y machetes para la realización de agujeros para el establecimiento de los árboles de aliso.

Se llevo a cabo una pequeña demostración de cómo plantar una plántula de aliso de manera adecuada, como a su vez capacitar para tener el debido cuidado para realizar dicha actividad.

3.3.3 RESULTADOS

3.3.3.1 Aspectos técnicos

El número de plantas de aliso (*Alnus acuminata*) que se plantaron en el área perteneciente al señor; Norberto Marroquín, fueron de 1,111 plántulas/ha. a un distanciamiento entre árboles y entre hileras de 3 metros.

3.3.3.2 Área de plantación

El área que se utilizó para la realización de la actividad, cuenta con dimensiones de 8 cuerdas de (21m * 21m), por lo que se tienen 3,528m² disponibles para establecer el bosque energético.

3.3.3.3 Número de árboles a plantar

Se tuvo como resultado en el área de 3,528m² una cantidad de 392 árboles plantados con el distanciamiento antes descrito de 3 metros.

3.3.3.4 Distribución

La planta al momento de la plantación tuvo una altura promedio de 20 – 25 cm, lo cual se consideró un tamaño ideal para establecer la plantación y trasladar la plántula a campo definitivo. La distribución utilizada fué al tresbolillo, debido a la pendiente del terreno de plantación (35%).

En la siguiente figura se puede observar un diagrama de la distribución en que se ubicaron las plantas en campo definitivo

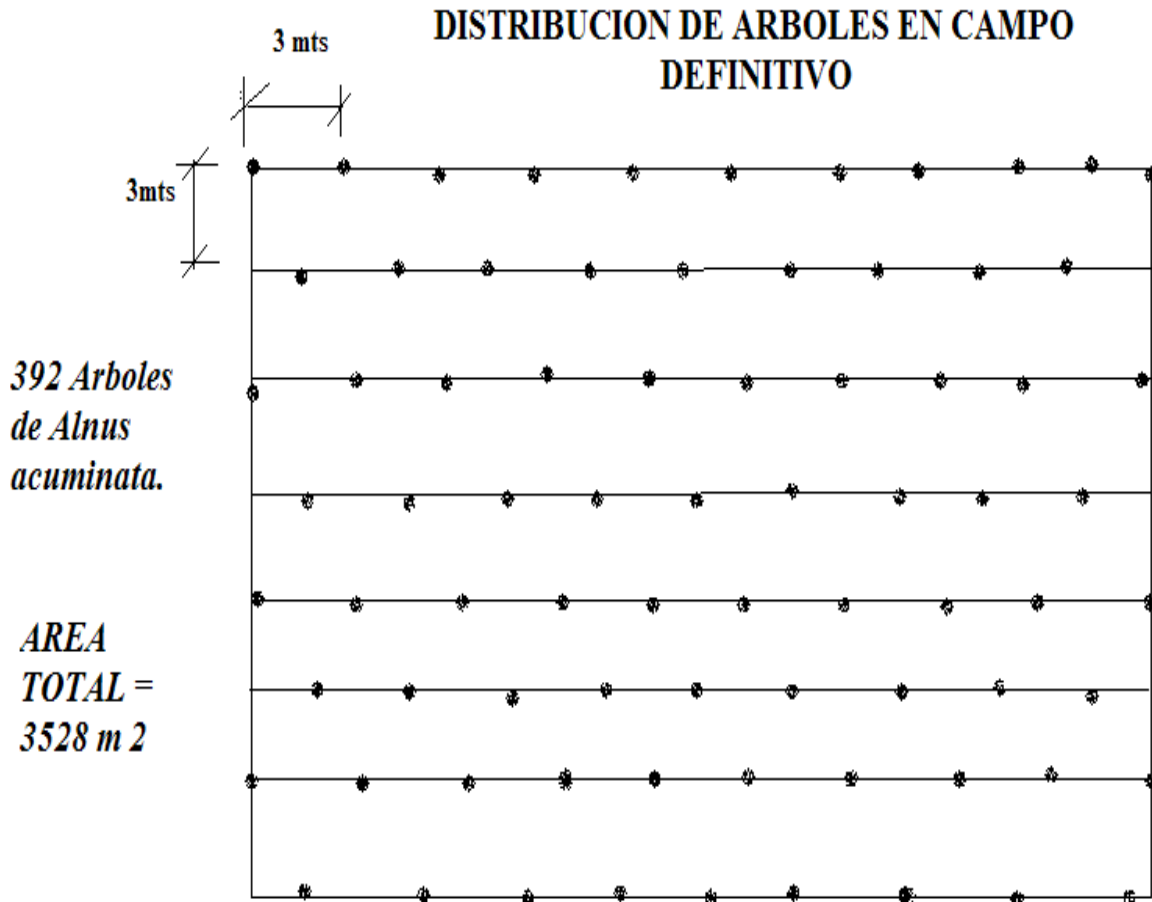


Figura 3-5 Distribución de árboles en campo definitivo

En la siguiente figura se da a conocer el área en la cual se llevo a cabo la plantación, mostrando un árbol de Aliso de aproximadamente 4 – 5 metros.



Figura 3-6 Área de establecimiento del bosque energético

3.4 Servicio 3. Capacitación del Módulo de Educación Forestal

3.4.1 OBJETIVO

3.4.1.1 General

- Capacitación del Módulo Integrado de Educación Forestal a maestros de la escuela Rural Mixta del caserío Ixmoco Comitancillo San Marcos.

3.4.1.2 Específicos

- Dar a conocer el Módulo de Educación Forestal a los Maestros.
- Lograr la comprensión del Módulo de Educación Forestal por parte de los Maestros.
- Obtener la motivación de los maestros para implementar el Módulo de Educación Forestal en la Escuela Rural.

3.4.2 METODOLOGIA

Para la ejecución del servicio fue necesario realizar dos talleres ya que el Módulo de Educación Forestal está dividido en dos componentes ya que está dirigido o diseñado para alumnos de primero a tercero primaria, y para alumnos de cuarto a sexto primaria; por lo que los talleres que se impartieron a los maestros fueron respondiendo a esta subdivisión.

Recomendaciones realizadas a los docentes

- Leer detenidamente los objetivos generales del módulo y de cada componente.
- Relacionar los objetivos con los contenidos de cada lección.
- Utilizar la bibliografía recomendada para profundizar en los temas.

Es de suma importancia que los contenidos del módulo de educación forestal sean abordados secuencialmente obedeciendo al orden lógico de su presentación, ejecutando todas las actividades de manera vivencial, realizando una práctica altamente demostrativa y participativa.

Planificación y reuniones para la elaboración de talleres

Durante los talleres fue necesario utilizar carteles y pizarra, a fin de realizar las charlas explicativas acerca del manejo y uso del módulo.

Tiempo

El tiempo que se utilizó para la capacitación fue a la hora del recreo, debido a que varios docentes tienen diversas actividades que cumplir, por lo que el factor tiempo fue limitante y por consiguiente se tuvo que aprovechar al máximo.

Capacitación

La capacitación fue interactiva ya que se realizó de una manera participativa, ya que tanto exponente como receptores daban a conocer sus inquietudes y puntos de vista.

Aporte de materiales

Para tener una mejor capacitación en los talleres, se proporcionó una copia del documento a cada docente, para poder obtener un mejor y eficiente resultado.

Capacitación en campo

La capacitación en campo se realizó un fin de semana, en el vivero forestal implementado como parte del servicio 1, así como también se realizó una visita a los diferentes bosques que se encuentran aledaños al centro educativo.

División del grupo

Para tener una mejor comprensión del documento el grupo de docentes se dividió en dos partes, una en donde participan los docentes de primero a tercero primaria y otra en donde participan los docentes de cuarto a sexto primaria.

3.4.3 RESULTADOS

Obtención por parte de los docentes del documento de Módulo de Educación Forestal, habiendo reproducido copias suficientes para tener una mejor comprensión y aplicabilidad del contenido del documento.

3.4.3.1 Comprensión del documento

Capacitación a seis docentes de la escuela rural mixta caserío Ixmoco, sobre la utilización del Módulo de Educación Forestal.

Comprensión por parte de los Docentes acerca de la utilización del Módulo de Educación Forestal y comprensión de la utilización del Módulo de Educación Forestal a manera de integración en las clase básicas de formación a nivel primario, con la finalidad de no formar un curso más, sino integrar el tema Forestal en el Sistema Educativo Nacional.

Valoración por parte de los docentes de la importancia de la implementación del Módulo de Educación Forestal en las Escuelas Rurales.

3.5 BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar Cumes, J. M. 1980. Código oficial para las especies arbóreas de Guatemala. Guatemala. 50p.
2. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1967. Mapa topográfico de la república de Guatemala: hoja Tajúmulco, no. 1861-III. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
3. _____. 1976. Mapa topográfico de la república de Guatemala: hoja Comitancillo, no. 1861-II. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
4. INTECAP (Instituto Técnico de Capacitación y Productividad, GT); INAFOR (Instituto Nacional Forestal, GT). 1995. Modulo de educación forestal dirigido a comunidades rurales. Guatemala. 105 p.
5. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 1998. Sistema para selección de especies forestales. Guatemala, Plan de Acción Forestal para Guatemala. Guatemala. 50 p. (MAGA GCP/GUA/007/NET).
6. OMP (Oficina Municipal de Planificación, Municipalidad de Comitancillo, Departamento de San Marcos. GT). 2002. Diagnostico territorial Santa Cruz Comitancillo. Guatemala. 81 p.
7. OMP (Oficina Municipal de Planificación, Municipalidad de San Lorenzo, Departamento de San Marcos. GT). 2004. Diagnostico San Lorenzo. Guatemala. 14 p.
8. Simmons, CH; Tárano T, JM; Pinto Z, JH. 1959. Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, Instituto Agropecuario Nacional. 1,000 p.