



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

**MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE  
JOCOTÁN**

**José Roberto Hernández Díaz  
Asesorado por Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta**

**Guatemala, septiembre de 2004**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE  
JOCOTÁN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN  
PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JOSÉ ROBERTO HERNÁNDEZ DÍAZ**

ASESORADO POR ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2004

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruíz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Gordillo
EXAMINADOR	Ing. Angel Roberto Sic García
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS**

Porque, “Él me dio la Sabiduría  
y de su boca vino hacia mí el  
el conocimiento y la inteligencia”

### **A MIS PADRES**

Roberto Antonio Hernández  
Hilda Victoria Díaz Lemus de H.

### **A MI HERMANA**

Hilda Cristina Hernández Díaz

### **A MI SOBRINO**

Erick José Chang Hernández

### **A MIS ABUELITOS**

Justo Antonio Díaz Albanez  
Victoria Lemus de Moscoso  
Zoila Josefina Hernández S.

### **POR SER MUY ESPECIAL**

Xiomara R. Carrera Sagastume

### **A MIS FAMILIA EN GENERAL**

### **A LA MEMORIA DE MIS PRIMOS QUE EN PAZ DESCANSEN**

Sergio J. Díaz Espina y  
Boris E. Cervantes Díaz

### **A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS**

### **A MI ASESOR**

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

### **A**

Universidad de San Carlos de Guatemala  
y, en especial, a la Facultad de Ingeniería.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>V</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>VI</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>VII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>VIII</b>
<b>1. ANTECEDENTES</b>	
1.1. Localización y ubicación	1
1.2. Topografía	2
1.3. Geografía	2
1.4. Demografía	2
1.5. Calidad del suelo	3
1.6. Situación actual de los desechos sólidos	3
<b>2. CAMPAÑA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL</b>	
2.1. Participación de radios y canal de televisión local	5
2.2. Participación de otros sectores	6
2.3. Participación de sectores educativos	6
2.4. Temas de capacitación a empleados y población en general	6
<b>3. MARCO TEÓRICO</b>	
3.1. Desechos sólidos	9
3.2. Efectos de los desechos sólidos	9
3.2.1. Lixiviación	10
3.3. Efectos de los desechos sólidos en el medio ambiente	11
3.3.1. Alteración del sistema hídrico	11
3.3.2. Alteración del sistema edafológico	12

3.3.3. Alteración del aire	12
3.4. Sistema de tratamiento	12
3.4.1. Incineración	13
3.4.2. Compostificación	13
3.4.2.1. Lombricompost	13
3.4.3. Recuperación	14
3.4.3.1. Reutilización	14
3.4.3.2. Reciclaje	14
3.4.3.3. Uso constructivo y transformación	15
3.5. Disposición final	16
3.5.1. Definición de relleno sanitario	16
3.5.2. Método de relleno sanitario	16
3.5.2.1. Método de trinchera o zanja	16
3.5.2.2. Método de área	17
3.5.2.3. Método combinado	18
3.5.3. Relleno sanitario manual	19
<b>4. METODOLOGÍA DE ESTUDIO</b>	
4.1. Delimitación del área de estudio	23
4.2. Técnicas del muestreo	23
4.2.1. Determinación de la población muestral	23
4.2.2. Período del muestreo	24
4.3. Análisis físico de los residuos sólidos	24
4.3.1. Producción per cápita por día de basura PPC	24
4.3.1.1. Procedimiento	24
4.3.2. Prueba de densidad	25
4.3.2.1. Procedimiento	25
4.3.3. Prueba de composición física	26
4.3.3.1. Método del cuarteo	26

4.3.3.2.	Procedimiento	26
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS DEL MUESTREO</b>	
5.1.	Desechos sólidos domiciliarios	29
5.1.1.	Densidad de basura	29
5.1.2.	Componentes físicos	29
<b>6.</b>	<b>SERVICIO DE RECOLECCIÓN</b>	
6.1.	Transporte	31
6.2.	Recolección domiciliaria	31
6.3.	Recolección en áreas públicas	31
<b>7.</b>	<b>PLANTA DE COMPOSTAJE Y RECICLAJE</b>	
7.1.	Descarga de los desechos	33
7.2.	Separación	33
7.3.	Diseño	34
7.4.	Proceso de compostaje	34
7.2.	Área y equipo a utilizar	35
<b>8.</b>	<b>RELLENO SANITARIO</b>	
8.1.	Selección del terreno	37
8.1.1.	Criterios de selección	37
8.2.	Cálculo de la producción total de basura y volumen del relleno sanitario	38
8.2.1.	Población	38
8.2.1.1.	Volumen de desechos sólidos producidos	40
8.3.	Infraestructura del relleno	40
8.3.1.	Tratamiento de lixiviados	41
8.3.2.	Distribución y compactación	42

8.3.3. Cobertura	42
8.3.4. Drenaje de gases	42
8.3.5. Actividades de postclausura	43
<b>9. PRESUPUESTO</b>	
9.1. Costo del proyecto	45
9.2. Relación costo-beneficio	46
9.3. Análisis de inversión	46
<b>10. ANÁLISIS DE RIESGO</b>	
10.1. Amenazas por movimiento de laderas	47
10.2. Amenazas por inundaciones	47
CONCLUSIONES	51
RECOMENDACIONES	52
BIBLIOGRAFÍA	53
ANEXOS	54

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Ubicación de la cabecera municipal de Jocotán	1
2.	Método de trincheras	20
3.	Método de áreas	21
4.	Sistema de cuarteo	28
5.	Tectónica local	48
6.	Riesgos por inundaciones o desbordamientos	49
7.	Relleno sanitario	54
8.	Banda transportadora	55
9.	Molino de martillo	56
10.	Cernido de material descompuesto	57
11.	Plano de diseño del relleno sanitario	58
12.	Plano de planta de compostaje y reciclaje	59

## TABLAS

I.	Componentes físicos	29
II.	Cálculo de producción total de basura	39
III.	Cálculo del volumen del relleno sanitario	40
IV.	Costo del proyecto	45
V.	Tasa mensual según servicio	64

## **RESUMEN**

En el municipio de Jocotán se producen grandes volúmenes de desechos sólidos por eso se ha realizado el estudio de su manejo, para un mejor aprovechamiento, para lo cual se pretende realizar un relleno sanitario por medio de fosas atrincheradas, cada una con capacidad de almacenar 296 m<sup>3</sup> de desechos sólidos no biodegradables. También se ha diseñado un sistema de compostaje por medio de lombrices llamadas coquetas, en el cual se producirán abonos orgánicos, y estos se comercializará entre la población interesada.

Adjunto a esta se instalará una planta de reciclaje para materiales como vidrios, aluminios etc., y también se comercializarán con empresas interesadas.

## **INTRODUCCIÓN**

El siguiente anteproyecto contiene la planificación del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S) de la Facultad de Ingeniería, el cual consiste en el estudio del Manejo de los Desechos Sólidos en el Municipio de Jocotán.

Según el diagnóstico realizado en el municipio, se determinó que un problema prioritario es el excesivo volumen de basura que se genera diariamente, por tal motivo se propone como una solución al problema del manejo de los desechos sólidos, el diseño de un relleno sanitario con su planta de compostaje y reciclaje.

Todo lo descrito en este anteproyecto está basado en estudios preliminares derivados de encuestas y visitas de campo al vertedero no controlado, en el que actualmente se depositan estos desechos, lo cual es un foco de alteración de los sistemas ambientales.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Plantear una alternativa para solucionar y mejorar el servicio de recolección y manejo de los desechos sólidos

### Específicos

1. Contribuir a la calidad de vida y la racionalización de los esfuerzos para solucionar los problemas de la alteración de los sistemas ambientales que generan los vertederos a cielo abierto clandestinos, que actualmente existen
2. Implementar un proceso de reciclado y compostaje de la basura urbana, para contribuir a una mejor salubridad y limpieza de la cabecera municipal
3. Reducir el volumen de desechos sólidos que se generan en el municipio y, así, dar una mejor panorámica del municipio

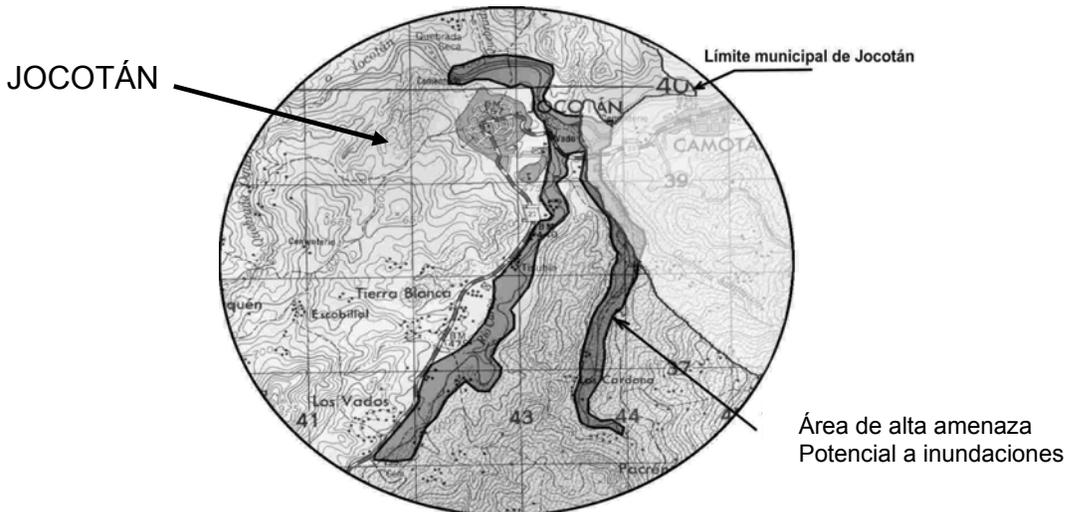
# 1. ANTECEDENTES

## 1.1. Localización y ubicación

El municipio de Jocotán se localiza al norte del departamento de Chiquimula y al poniente de la Cuenca Copanch'orti', al lado norte de la Ruta Maya Chortí, con dirección hacia las ruinas de Copán. Colinda al norte con los municipios de Zacapa y La Unión, del departamento de Zacapa; y dentro del departamento de Chiquimula colinda al este con los municipios de Camotán y Esquipulas, al sur con el municipio de Olopa y San Juan Ermita y al oeste con el municipio de Chiquimula.

La altitud en el parque de la cabecera municipal de la Villa de Santiago Jocotán es de 457 MSNM, con latitudes de  $14^{\circ}$  ,  $49' 18''$  y longitud de  $89^{\circ} 23' 30''$ .

Figura 1. Ubicación de la cabecera municipal de Jocotán en el mapa escala 1:50000, adquirido en IGN



**A la cabecera municipal Villa de Santiago Jocotán, se llega por la carretera asfaltada internacional de primer orden, que comunica la República de Honduras con la República de Guatemala, en la denominada Ruta Maya Ch'orti' por encontrarse en ella el Parque Arqueológico Copán Ruinas el trayecto se identifica como CA-11 en la cartografía de la República de Guatemala.**

## **1.2 Topografía**

**La topografía es quebrada, pues el área está atrevasada por la Sierra del Merendón. Los valles o planicies son únicamente las formadas por los depósitos aluviales de los ríos Jocotán, Carcaj, Torjá y Jupilingo.**

## **1.3 Geografía**

**El municipio ocupa una extensión territorial de 148 kilómetros cuadrados.**

## **1.4 Demografía**

**La población estimada para el año 2,001 es de 42,754 habitantes, lo que demarca una explosión demográfica de 289 hab./km<sup>2</sup> ó sea mas del doble del promedio de la República, según el INE. En el ámbito urbano se tienen 4,500 habitantes y en el medio rural 38,254 habitantes.**

## **1.5 Calidad del suelo**

Según el libro clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala, de Charles S. Simmons, los suelos del municipio de Jocotán se ubican sobre materiales sedimentarios o metamórficos, y son suelos poco profundos, sobre esquistos arcillosos y piedra caliza.

## **1.6 Situación actual del manejo de los desechos sólidos**

Actualmente, la municipalidad de la Villa de Jocotán cuenta con un servicio contratado con dos camiones particulares; uno hace un recorrido por información del personal municipal. El recorrido se realiza en los cuatro barrios de la villa de Jocotán, pero en algunos casos es difícil que circule en todo el casco urbano, dejando una parte de la población sin este servicio este recorrido se realiza dos veces por semana, los días lunes y jueves, dicho servicio tiene el costo de Q. 10.00 al mes, siendo una cuarta parte de la población total la que paga por el servicio. En total 200 usuarios, cuyo pago es recolectado por la tesorería municipal.

El segundo camión contratado es exclusivo para los residuos sólidos generados por el mercado. Este vehículo se estaciona en el lugar y las personas depositan su basura en él luego, por la tarde, los dos camiones se dirigen a un vertedero cuyo terreno esta en usufructo allí son concentrados los residuos sólidos a menos de un kilómetro de la Villa de Jocotán, en una hondonada natural, donde son incinerados esta hondonada, en época de invierno, es cause natural del agua generada por las lluvias, por lo que es de esperar la contaminación de los ríos cuando la corriente arrastra la contaminación.

Aunque la municipalidad no cuenta con maquinaria especial, se las ha arreglado hasta ahora con un servicio contratado mixto, para limpiar las calles la municipalidad de la villa de Jocotán cuenta con siete empleados que se ocupan de la limpieza del parque central y del mercado principal, dejando la limpieza de calles frente a las viviendas a discreción de cada vecino.

En la villa de Santiago de Jocotán actualmente se genera alrededor 1,056 qq. de basura mensual (100%), de la cual se recolectan 380 qq. de basura mensuales (36%) y no se recolectan 676 qq. de basura mensual, que representa el (64%), la cual se vierte en basureros clandestinos, se quema en solares baldíos y/o se deja en los interiores de las viviendas.

En datos más globales: en la Villa de Santiago de Jocotán se generan 0.23 Kg persona / día de basura y se recolectan 0.13 kg persona / día de basura.

El dato generado no parece ser muy elevado pero si se considera que el 64% de toda la basura no es recolectada, se ve que la mayor parte de la basura generada en la villa de Jocotán no esta siendo controlada y es un foco principal de contaminación para el municipio una de las causas principales podría ser que las autoridades competentes no han creado ningún reglamento de extracción de basuras ni se concienta al resto de la población para utilizar el servicio de extracción de basuras. La mayoría de la basura que se da es de tipo orgánico e inorgánico siendo el primero la mayoría, por venir de un área de tipo urbano rural.

Actualmente, no se ha realizado ningún tipo de estudio ni se le ha buscado ninguna solución al sistema de recolección de basuras en la villa de Santiago de Jocotán.

## **2. CAMPAÑA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL**

**De acuerdo a la información de fuentes propias y por las visitas de campo realizadas en la cabecera urbana del municipio de Jocotán, se observa que los vecinos no han recibido educación para manejar los desechos sólidos, en virtud de que no han recibido una orientación educativa sobre el sistema de limpieza y aseo de la ciudad.**

**Como una alternativa de solución a la problemática, se sugiere establecer una campaña de educación ambiental para motivar a la población a usar el servicio de tren de aseo.**

**Para poder llevar a cabo esta campaña se deberá pedir apoyo de los siguientes sectores:**

### **2.1. Participación de radios y canal de televisión local**

**Para el desarrollo de esta campaña educativa, se recomienda que se involucre a los medios de comunicación usados por los pobladores, es decir se debe contar con las radioemisoras regionales así como con el canal de televisión local se deben impartir pláticas dirigidas a diferentes grupos sociales, y divulgar carteles, trifoliales, etc., así como realizar eventos culturales, en los que se impartan conferencias sobre tareas de salud humana y la calidad del medio ambiente, dirigidas a niños y adultos.**

## 2.2. Participación de otros sectores

**Se sugiere que cuente también con la colaboración de grupos de estudiantes y maestros del nivel medio de educación y algunas ONGS con que cuenta la región, como: Cooperación Española, Acción Contra el Hambre, Médicos del Mundo, ya que pueden ser grandes emisores para esta campaña educativa y pueden financiar en pequeña parte los gastos que esta origine.**

## 2.3. Participación de sectores educativos

**También se le debe pedir apoyo a instituciones privadas y estatales educativas para que se asesoren y ejecuten actividades educativas sobre el manejo de la basura, como plásticas, videos, películas, etc., dirigidas a diferentes sectores de la población.**

**Para el inicio de esta campaña educativa, previa al proyecto, se recomienda a la municipalidad elaborar segmentos publicitarios radiales, los cuales deberán ser difundidos a manera de cuñas publicitarias, o bien pedir la ayuda de alguna empresa de bebidas gaseosas que por medio de sus unidades móviles difunda dichos anuncios en todas las colonias del municipio.**

## 2.4. Temas de capacitación a empleados y población en general

- ✓ La basura y la alteración a los sistemas ambientales
- ✓ Los desechos y su clasificación
- ✓ Estrategias de recolección de basura.

- ✓ Medidas de seguridad en el manejo de basuras
- ✓ La basura toxica y su recolección
- ✓ El reciclaje dela basura
- ✓ Manejo de los residuos sólidos
- ✓ Ventajas de la utilización productiva de los residuos sólidos.
- ✓ Selección, clasificación y utilidad de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos
- ✓ Elaboración de compost con los residuos sólidos orgánicos
- ✓ Embalaje, etiquetado de compost, vidrio, plástico, metales, cartón, etc.
- ✓ Comercialización de compost y residuos sólidos
- ✓ Capacitación a representantes de los cantones del pueblo
- ✓ Diseño de la planta procesadora
- ✓ Funcionamiento y monitoreo de la planta procesadora
- ✓ Cuido y mantenimiento del equipo y maquinaria de la planta procesadora



### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. Desechos sólidos**

“Comprende todos los residuos que provienen de actividades animales, humanas, que normalmente son sólidos y que son desechados como inútiles y superfluos”, según George Tchobanoglous, catedrático de la Universidad de California, Davis, Estados Unidos de América (Tchobanoglous:7).

#### **3.2. Efectos de los desechos sólidos**

La importancia de los desechos sólidos como mecanismo de transmisión de enfermedades no está bien determinado pero se le atribuye la incidencia de la transmisión de algunas enfermedades, al lado de otros factores principales que actúan por vías directas. Estos riesgos van asociados a efectos directos a la salud y a efectos indirectos para la misma.

Efectos directos: estos se refieren al contacto ocasional directo con la basura, que algunas veces contiene excremento humano, de animales y restos de otros agentes que pueden ser fuente de transmisión de enfermedades, de los cuales los recolectores y personas encargadas del servicio de recolección son los mayormente afectados.

Efectos indirectos: estos están vinculados a la proliferación de vectores de importancia sanitaria y de molestias públicas, entre las que se encuentran, la mosca, las ratas, las cucarachas que encuentran en los residuos sólidos su medio

alimenticio y su hábitat, y transmiten enfermedades como fiebre tifoidea, salmonelosis, disenterías, diarreas, malaria, dengue, rosis y rabia, entre otras.

Por otro lado, la alimentación con basura (cerdos, aves y otros), práctica inadecuada, pone en peligro la salud pública. Al ser consumidos estos alimentos, pueden causar enfermedades como la triquinosis, la cisticercosis y otras, en el caso del cerdo. Otro de los efectos indirectos asociados a los desechos sólidos, son los accidentes aéreos y terrestres, causados por la poca visibilidad al producirse incendios, humo y aves en los botaderos de basura mal proyectados, ubicados cerca de aeropuertos y carreteras.

### 3.2.1. Lixiviación

Lixiviación, es un proceso de lavado que realiza el agua que se infiltra en el suelo. La disolución, percolado y precipitación de las moléculas e iones del suelo depende de varios factores, como el pH y la temperatura. El responsable último del tipo de lixiviación, como del tipo de suelo formado, es el clima. El horizonte o nivel A de un suelo se denomina, también, nivel de lixiviación, de eluviación o de lavado, porque es el que resulta empobrecido como resultado de este proceso. Por el contrario, el horizonte B se denomina nivel de iluviación o de acumulación, porque en él se produce el depósito de las sales procedentes del lavado del nivel superior. Se suelen acumular carbonatos, nitratos y sulfatos de hierro, calcio o aluminio.

La lixiviación es un proceso a tener en cuenta desde el punto de vista ambiental, dado que si se han vertido contaminantes en superficie, la lixiviación puede provocar la contaminación de los suelos subyacentes o de las aguas subterráneas. Para evitar algunos de estos problemas, al instalar un vertedero de basuras o una balsa de decantación de instalaciones mineras o

industriales hay que impermeabilizar la base para evitar el lixiviado y posible contaminación del subsuelo. <sup>1</sup>

### 3.2. Efecto de los desechos sólidos en el medio ambiente

Es obvio que los efectos ambientales es más prominente que producen sobre el ambiente los desechos sólidos son el deterioro estético del paisaje natural y de la ciudad, y sobre todo, la contaminación de agua, suelo y aire.

#### 3.3.1. Alteración del sistema hídrico

Este efecto es él más grave problema en cuanto a la contaminación ambiental por los residuos sólidos; sin embargo, es el menos reconocido. Afecta las aguas superficiales y subterráneas, por el vertido directo de las basuras a los ríos y quebradas y por la mala disposición de líquido percolado (lixiviado), producto de los botaderos a cielo abierto estas descargas provocan el incremento de la carga orgánica y disminuyen el oxígeno disuelto, aumentando los niveles de nutrientes y algas que dan lugar al fenómeno de eutroficación en los cuerpos bénticos de aguas y causando la muerte de peces, la generación de malos olores, el deterioro del aspecto estético y la pérdida del recurso agua como fuente de abastecimiento a poblados. Por otro lado, las descargas de basura a la corrientes de agua en el vertido a las vías públicas trae consigo la disminución de los cauces naturales, los canales y la obstrucción de las alcantarillas, provocando inundaciones y, con ello, pérdida de bienes e inclusive vidas humanas.

En el municipio de Jocotán la precipitación anual en los últimos años, según la estación metereológica de Camotán, es de aproximadamente unos 900 mm.

### **3.3.2. Alteración del sistema edafológico**

El abandono y la acumulación de desechos sólidos a cielo abierto es causa del deterioro estético y la desvalorización del terreno propio, y de las áreas adyacentes. Esto es debido a la contaminación causada por distintas sustancias contenidas en la basura, sin ningún control.

### **3.3.3. Alteración del aire**

Es evidente el impacto negativo que causan los vertederos a cielo abierto, los incendios y el humo que reduce la visibilidad, causando irritaciones nasales y de la vista, además de incremento de afecciones pulmonares, aunado a las molestias originadas por los malos olores. En Jocotán soplan vientos con velocidades de 10 a 15 km/hora, según la estación metereológica de Camotán.

## **3.4. Sistemas de tratamiento**

El tratamiento en el manejo de los desechos sólidos tiene como objetivo principal disminuir el riesgo de producir contaminación y proteger la salud.

Entre las alternativas consideradas se debe optar por la solución más adecuada a las condiciones técnicas y socioeconómicas locales, sin dejar de analizar los aspectos de contaminación.

Los principales métodos de tratamiento de basuras son: incineración, compostación o compostaje, recuperación; tienen como propósito reducir el

volumen de los desechos. Sin embargo, se requiere de un relleno sanitario para disponer los residuos que se producen.

#### 3.4.1. Incineración

Con este método se logra una reducción de volumen, dejando un material inerte, alrededor del 10 por ciento del inicial, y emitiendo gases durante la combustión. La reducción es obtenida en hornos especiales en los que se puede garantizar aire de combustión, turbulencia, tiempos de retención y temperaturas adecuadas.

La técnica de la incineración no es recomendable para los países en vías de desarrollo, y menos aún para las pequeñas poblaciones, con excepción de su utilización al tratar residuos hospitalarios.

#### 3.4.2. Compostificación

Es el sistema en el cual los componentes orgánicos de los desechos son degradables biológicamente. El producto es parecido al humus y es un excelente acondicionador de suelo, pero un fertilizante pobre. Inicialmente, las bacterias psicrófilas y mesofílicas (10 – 40 °C) descomponen aún más los desechos. Esto genera más calor hasta que la temperatura y los nutrientes limitan el crecimiento de las bacterias termófilas. Luego la temperatura empieza a descender y las bacterias mesofílicas vuelven a atacar, hasta completar la descomposición. La destrucción de los organismos patógenos se logra manteniendo la temperatura entre 60° y 70° durante 24 horas.

#### 3.4.2.1. Lombricompost

Es un sistema de descomposición por medio de lombrices, ya que debido a su composición natural contribuyen a liberar los elementos esenciales y ponerlos a disposición de nuevo para las plantas.

La influencia de esta importante población de lombrices puede resumirse en las tres funciones que desempeña:

Función metabólica: las lombrices degradan los restos vegetales liberando los elementos químicos (N, P, K, Ca, Mg, etc.) que contienen.

Función biótica: estimulan la microflora del suelo y el número de microorganismos se duplica o triplica gracias a sus actividades mecánicas y aireadas.

#### 3.4.3. Recuperación

La recuperación puede dividirse en tres categorías:

##### 3.4.3.1. Reutilización

Es el rehúso directo de un producto o material que se ha limpiado, reparado (botellas, envases plásticos y cajas de cartón, metales plásticos, y otros).

##### 3.4.3.2. Reciclaje

Proceso mediante el cual los desechos se incorporan al proceso industrial como materia prima para su transformación en nuevo producto de composición semejante (vidrios rotos, papel y cartón, metales, plásticos, y otros).

#### 3.4.3.3. Uso constructivo y transformación

Es la transformación de desechos en diferentes productos (recuperación de tierras por relleno sanitario, conversión de abono orgánico producido por la digestión anaeróbica de los desechos orgánicos, recuperación de calor proveniente de la incineración de las basuras).

La separación de materiales existentes en la basura se hace tradicionalmente en forma manual, generalmente en el sitio de disposición final. Este último caso es muy frecuente en casi todos los vertederos de basura de las grandes ciudades y aun de pequeñas poblaciones en toda la región bajo estudio. Esta actividad la realizan normalmente personas de escasos recursos, en la del sustento diario para sus familias, sin control alguno y en condiciones inhumanas de trabajo, sin el mínimo de normas sanitarias y de seguridad social. Por esta motivo, se debe evitar esta práctica, en beneficio de una programa completo y con participación extendida a la comunidad.

#### 3.5. Disposición final

Los principales métodos de adquisición final de desechos sólidos son:

- Relleno sanitario
- Vertido a corriente de agua o al mar
- Vertedero a cielo abierto
- Quema al aire libre
- Alimentación de animales

El relleno sanitario es el único admisible, de los métodos antes mencionados, ya que no representa mayores molestias ni peligros a la salud pública; por esto, será el único que se definirá, pues cumple con los requerimientos del método científico.

### 3.5.1 Definición de relleno sanitario

“Técnica de eliminación final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia, ni peligro para la salud y seguridad pública, tampoco perjudica el ambiente durante su operación, ni después de terminado del mismo. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más pequeña posible, cubriéndola diariamente con capas de material impermeable (preferiblemente) que puede ser tierra (material de cobertura) y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que pueden causar los líquidos y gases producidos en el relleno sanitario, por efecto de la descomposición de la materia orgánica” (Jaramillo : 2).

### 3.5.2. Métodos de relleno sanitario

El método constructivo y la secuencia de la operación de un relleno sanitario están determinados principalmente por la topografía del terreno escogido, aunque también dependen de la fuente del material de cobertura y de la profundidad del nivel freático. Existen dos maneras para construir un relleno sanitario.

#### 3.5.2.1. Método de trinchera o zanja

Es un método comúnmente utilizado en regiones planas, el cual consiste en excavar periódicamente zanjas de 2 a 3 metros de profundidad.

Existen experiencias de excavaciones para trincheras hasta de 7 metros de profundidad, pero el diseño dependerá del material de cobertura y el nivel freático, y el material que se extrae, será colocado a un lado de la zanja para ser utilizado como material de cobertura. Los desechos sólidos son depositados y acomodados dentro de la trinchera, siendo luego compactados y cubiertos con tierra. En épocas lluviosas, dado que las aguas pueden inundar las trincheras, deberán construirse canales perimetrales para captarlas y desviarlas. Las paredes longitudinales de las trincheras tendrán que ser cortadas, de acuerdo al ángulo de reposo del suelo excavado.

La excavación de las trincheras exige condiciones favorables, en lo que se refiere a la profundidad del nivel freático y al tipo de suelo, de tal forma que terrenos con niveles freáticos altos o muy próximos a la superficie del suelo no son apropiados, por el riesgo de contaminar el acuífero. Por otro lado los terrenos rocosos tampoco lo son, debido a las dificultades de la excavación para la conformación de las trincheras.

#### 3.5.2.2. Método de área

Este método tiene su utilidad en áreas relativamente planas, en donde no es factible excavar fosas o trincheras para enterrar la basura . El método consiste en depositar la basura directamente sobre el suelo original, elevando el nivel algunos metros.

En estos casos el material de cobertura será importado de otros sitios; de ser posible, puede ser extraído de la capa superficial del propio terreno.

En ambos casos, las primera capas o celdas se construyen estableciendo una pendiente suave para evitar el deslizamiento y lograr una mayor estabilidad del terreno a medida que se eleva el relleno.

El método también es adaptable para rellenar depresiones naturales o canteras abandonadas de algunos metros de profundidad en este caso el material de cobertura es extraído de las laderas del terreno o, en su defecto, debe preocuparse lo mas cerca posible para evitar el encarecimiento en los costos de transporte.

La operación de descarga y construcción de celdas en rellenos de este tipo deberá ser iniciado desde el fondo hacia arriba, las celdas se construyen, apoyándolas a la pendiente natural del terreno la basura es vaciada en la base de talud, se extiende y se compacta contra él, recubriéndola diariamente con una capa de tierra de 0.10 a 0.20 metros de espesor se continúa la operación avanzando sobre el terreno, manteniendo pendientes suaves de 30 grados en el talud y de 1 a 2 grados en la superficie.

#### 3.5.2.3. Método combinado

Debido a que los métodos de construcción de un relleno sanitario utilizan técnicas similares de operación, es factible la combinación de ambos, con los cuales se logra un mejor aprovechamiento del terreno del material de cobertura, así como rendimientos en la operación.

### 3.5.3. Relleno sanitario manual

Entre las alternativas y técnicas y económicas es considerado para poblaciones urbanas y rurales menores de 40, 000 habitantes, al igual que para áreas marginales de ciudades que generan menos de 20 toneladas de basura diaria. Dependiendo del análisis de costo de transporte, puede resultar ventajoso, la utilización de un relleno sanitario manual para dos o más poblaciones cercanas.

La utilización de esta técnica de operación manual solo requiere la utilización de equipo pesado en las etapas de adecuación del sitio, la construcción de vías internas y la excavación de una zanja o de material de cobertura, dependiendo del avance y del método de relleno. Por otro lado, todos los otros trabajos pueden realizarse manualmente, lo cual permite que estas poblaciones de bajos recursos, incapacitados de adquirir y mantener equipos pesados permanentes, dispongan adecuadamente de sus basuras utilizando la mano de obra de la propia comunidad.



## **4. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO**

### 4.1. Delimitación del área de estudio

Para realizar el estudio de una manera representativa, fueron considerados, los barrios del municipio, siendo mayor la muestra en los barrios de mayor población.

### 4.2. Técnicas de muestreo

Generalmente la cantidad y competencia de la basura llevada al sitio de disposición final difieren considerablemente de las basuras generadas y/o recolectadas en la actividad es de recuperación de materiales tales como papeles, cartón, tela, vidrios y metales. Debido a que existe esta recuperación de material desde la fuente de generación, recolección, transporte y disposición final, es necesario seleccionar la etapa más apropiada para la toma de muestra, teniendo en cuenta el tipo y motivo del análisis.

#### 4.2.1. Determinación de la población muestral

En un programa de evaluación por muestreo, la primera y más importante interrogante a responder es la referente al tamaño de la muestra, de tal manera que si la muestra es muy grande, los resultados serán mayores y, si por el contrario es muy pequeña, los resultados son de escasa utilidad. Por tanto es necesario fijar un tamaño de muestra tal que los resultados a obtener reflejan con cierto grado de confianza y sean porcentajes de error.

Existen técnicas estadísticas para la determinación del tamaño adecuado de la muestra, según los requerimientos en cada caso. En este caso utilizamos un

programa Basic (Anexo 5) para la determinación del espacio muestral de la población universal de Jocotán. Se obtuvo una muestra de 42 viviendas, con un porcentaje de error muestral del 10% .

#### 4.2.2. Período del muestreo

El programa de muestreo se realizó durante 8 días consecutivos descartando la muestra de primer día de recolección. El estudio se inició capacitando a los encargados del manejo de los desechos sólidos. Luego de ser capacitados, se procedió a entregar una bolsa plástica debidamente identificada y se explica, a cada persona el método consistiría en el intercambio de la bolsa con basura del día anterior por una nueva, la cual sería recogida al día siguiente. Esta bolsa es llevada por un camión abierto hasta el depósito, en donde se realizarán los análisis físicos de caracterización de la basura.

#### 4.3. Análisis físico de los residuos sólidos

##### 4.3.1. Producción percapita por día de basura (ppc)

Se mide el peso de la basura utilizando una balanza de 400 libras.

##### 4.3.1.1. Procedimiento

Se pesan todas las bolsas debidamente identificadas, por sector, determinado la PPC de la manera siguiente:

$$PPC \text{ (kg/hab/día)} = 1/7 * [(a1/b1) * P1 + (A2/B2) * P2 + (A3/B3) * P3] / [P1 + P2 + P3]$$

Donde:

P1, P2, P3 = Número de habitantes en los estratos medio alto, medio bajo

A1, A2, A3 = Peso de la muestra de la semana completa de los diferentes estratos

B1, B2, B3 = Número de habitantes correspondientes a la muestra de estrato.

Según Jorge Jaramillo, autor de la guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales.

#### 4.3.2. Prueba de densidad

La densidad de la basura latinoamericana es superior a la de países industrializados, por el menor contenido de papeles y plásticos que esta contiene. Esto hecho se debe a la falta de conocimiento de lo que son los desechos sólidos reciclables.

##### 4.3.2.1. Procedimiento

- a) Se prepara un tambor alrededor 121 litros y la balanza de 400 libras.
- b) Se pesa el tambor y se mide su volumen.
- c) Se pone la basura en el tambor, sin hacer presión y se remece de manera que se llenen los espacios vacíos del mismo.
- d) Se pesa una vez lleno y, por diferencia de peso, se obtiene el peso de la basura.
- e) Se obtiene la densidad de la basura al dividir su peso en kilogramos entre el volumen del tambor ( $m^3$ ).
- f) El número de muestras debe ser tan grande como sea posible para reducir errores.

### 4.3.3. Prueba de composición física

#### 4.3.3.1. Método del cuarteo (fig. 3)

Se rompen bolsas y se cortan los cartones y maderas contenidas en la basura hasta conseguir un tamaño de 15 cm por 15 cm o menos. Se homogeniza la muestra mezclándola toda, se amontona, dividiéndola en cuatro partes, y se escogen dos partes opuestas para formar otra muestra representativa más pequeña. La muestra menor se vuelve a mezclar y se divide en cuatro partes luego se escogen dos opuestas y se forma otra más pequeña. Esta operación se repite hasta obtener la cantidad de muestra necesaria, entre 250 a 350 kg de basura aproximadamente.

#### 4.3.3.2. Procedimiento

- A. Se llevan esta muestra a un lugar pavimentado en donde se inicia la clasificación en los siguientes grupos:
- a. Materia orgánica (restos de alimento, madera, follaje, papel higiénico usado, tierra)
  - b. Papeles y cartones
  - c. Plástico, cauchos y cueros
  - d. Metales
  - e. Vidrios
  - f. Textiles

Se han seleccionado estos componentes, puesto que ellos dan una visión lo suficientemente completa de la calidad y cantidad de la basura generada en Jocotán.

- B. La clasificación se realiza manualmente, colocando cada componente en un tambor preseleccionado de 50 litros.
- C. Se pesan los tambores antes de empezar la clasificación, utilizando una balanza.
- D. Una vez terminada la clasificación se pesa cada tambor con los diferentes componentes y por diferencia se obtiene el peso de cada componente.
- E. Se saca el porcentaje de cada componente, teniendo los datos del peso total y el peso de cada clase.
- F. Debe efectuarse toda la labor de terreno con la mayor rapidez posible (durante el mismo día), ya que durante la operación la basura pierde humedad. En consecuencia, un menor tiempo da como resultado una mayor exactitud en las mediciones.



● MUESTRA FINAL DE 250 a 300 Kgs de densidad para hacer la separación para la caracterización de los desechos sólidos (residuo)

SISTEMA DE CUARTO PARA LA CARACTERIZACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

RECONSTRUCCION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

EN TABLA  
FIGURA 4



## 5. RESULTADOS DEL MUESTREO

El muestreo se realizó del 2003.

### 5.1 Desechos sólidos domiciliarios

Con el muestreo realizado, se determinó la densidad suelta de basura y los componentes físicos, obteniendo los siguientes resultados:

#### 5.1.1. Densidad de basura suelta en el recipiente

Densidad = 80 kg/m<sup>3</sup>

Densidad de basura compactada en el relleno = 600 kg/m<sup>3</sup>

#### 5.1.2. Componentes físicos

Tabla I. Componentes físicos

Componentes	Cantidad (%)
Materia orgánica	59%
Cartón y papel	12%
Plástico	16%
Vidrios	9%
Textil	1%
Metales	3 %
TOTAL	100%



## **6. SERVICIO DE RECOLECCIÓN**

### **6.1. Transporte**

Actualmente el camión recolector, es contratado por la municipalidad a una persona particular, pagándole una cuota de Q3,000.00 mensuales. Se pretende dar esta actividad en actividad a una empresa particular para que ella sea quien administre este servicio y haga el respectivo cobro, se espera que el número de usuarios por lo menos llegue a 300 usuarios.

### **6.2. Recolección domiciliaria**

Los materiales recolectados están definidos en el reglamento antes mencionado; se utilizan costales para el almacenamiento de los mismos, desde la fuente de generación hasta su traslado en el camión recolector.

La recolección se hace dos veces por semana, el cual se propone los días lunes y jueves. No se impone la separación de materiales biodegradables y no biodegradables a la fuente ; sin embargo, se considera la posibilidad de impulsarla en una fase futura, considerando las dificultades que se podrían provocar en la recolección.

### 6.3. Recolección en áreas públicas

Para asegurar la recolección de desechos sólidos en áreas públicas se aumentarán los depósitos de basura, y también se mejorará dicho servicio, que también se dará a una empresa privada para que lo administre, siempre y cuando llene los requisitos que exige el reglamento que se propone en el anexo 4. El camión recolector vaciará diariamente estos depósitos.

Respecto de los desechos recolectados en estas áreas, se pretende cobrar una mínima cantidad por este servicio a las personas que hacen uso de la plaza y mercado municipal.

## **7. PLANTA DE COMPOSTAJE Y RECLAJE**

### **7.1. Descarga de los desechos**

Para permitir un funcionamiento adecuado del sistema de disposición final, el camión de recolección deberá presentarse en horarios fijos al patio de descarga del vertedero municipal. Con el fin de asegurar el control del proceso, el responsable de las instalaciones llevará un registro de ingreso de vehículos.

### **7.2. Separación**

Antes de ser trasladados a sus lugares de disposición respectivos, los desechos serán separados con herramientas manuales. Solo el personal autorizado realizará la separación de los desechos sólidos. Se separarán los materiales biodegradables de los no biodegradables, de los cuales se apartarán algunos (como vidrio y aluminio) para reciclaje.

Después del proceso de separación, los desechos sólidos para reciclaje estarán almacenados en las bodegas instaladas a este efecto. Los materiales biodegradables serán trasladados a la fosa de compostaje y los materiales inertes se colocarán en el relleno sanitario.

La gestión del lote de materiales reciclables, como los biodegradables y los inertes, será coordinada por la comisión responsable.

El método de descomposición de los desechos biodegradables que hemos propuesto para este estudio es un lombricompost, el cual presentamos a continuación.

### **7.3. Diseño**

La disposición de los desechos biodegradables se hará en trincheras, permitiendo el drenaje de los lixiviados hasta el sistema de evaporación. Después de haber sido vertidos en la trinchera, los desechos estarán repartidos en el fondo y cubiertos inmediatamente por una capa de tierra producidos durante el proceso de descomposición de los desechos. El número de trincheras necesarias para permitir el proceso completo de producción de abono será elevado en función de la cantidad de desechos sólidos recolectados durante la fase de inicio del servicio. El proceso de separación deberá permitir la exclusión de todo tipo de material no biodegradable de las trincheras de compostaje.

### **7.4. Proceso de compostaje**

- Se colocan los desechos orgánicos ya triturados por el molino de martillo, en trincheras de 1.5 metros de alto y 3 metros de ancho, y un longitud de unos 20 metros al pasar 10 días se hace un volteo, formando una nueva trinchera, y al pasar 10 días nuevamente se le da otro volteo, formando otra vez una nueva trinchera aquí los desechos ya han obtenido el 60% de compostaje
- Ahora colocamos las lombrices llamadas “coquetas” en partes laterales de las trincheras, que serán las encargadas de realizar totalmente el compostaje
- Después procedemos a cernir el material compostado, y las partículas grandes se vuelven a depositar en las trincheras

- Luego se embolsa, se etiqueta y se procede a la comercialización

Material a utilizar:

-Se necesita un área 4 manzanas 28,000 metros cuadrados y una capacidad de manejo de 40 toneladas diarias

#### 7.5. Áreas y equipo a utilizar

1. Una plataforma de vaciado de 400 m<sup>2</sup>
2. Un galpón cubierto de 800 m<sup>2</sup> en el cual se encontrará los siguiente:
  - a. Una banda sin fin de 10 m de largo por 1 m ancho
  - b. Espacio para 5 contenedores para la recepción de los residuos sólidos
  - c. Un área de 100 m<sup>2</sup> para la instalación y funcionamiento de un molino de martillo
  - d. Un tanque de lavado de 8 m<sup>2</sup>
3. 10 contenedores para el depósito de residuos
4. Un patio de elaboración de compost de 800 m<sup>2</sup>
5. Un patio de cernido de 20 m<sup>2</sup>
6. Una oficina de control y hospedaje para la guardianía de 25 m<sup>2</sup>
7. cuarto de bodega de herramientas de 16 m<sup>2</sup>
8. herramientas
  - a. 5 biellos
  - b. 5 rastrillos
  - c. 5 palas
  - d. 5 azadones
  - e. 5 piochas
  - f. 5 carretas
  - g. 5 mangueras de ½

9. Equipo.

- a. Un molino de martillo
- b. Una bomba de fumigar
- c. Una banda transportadora
- d. 15 contenedores para el deposito de residuos
- e. 10 kilogramos de lombriz.
- f. 5 onzas de bacterias
- g. 200 costales de 100 libras

## 8. RELLENO SANITARIO

### 8.1. Selección del terreno

#### 8.1.1. Criterios de selección

La selección del lugar para el relleno tiene tres componentes muy importantes:

Factores económicos:

- Distancia del área de procedencia de los desechos
- Distancia de otra infraestructura relevante
- Propiedad del terreno en cuestión (valor, propiedad municipal o privada)
- Dimensiones del terreno
- Caminos de acceso

Factores ambientales:

- Protección de las aguas superficiales
- Valor ecológico del terreno en cuestión
- Proximidad de áreas habitadas
- Barreras naturales (taludes, bosques)
- Existencia de áreas protegidas
- Nivel de capas freáticas
- Climatología (dirección de los vientos predominantes, la precipitación para determinar el porcentaje de lixiviados que se pueden generar)

Factores técnicos:

- Morfología del terreno: se prefiere la construcción en terreno plano o ligeramente inclinado; entre 3 – 12 %.
- Presencia de fallas geológicas
- Estructura y composición del suelo
- Existencia de materiales apropiados para la cobertura
- Volumen de basura

## 8.2 Cálculo de producción total de basura y volumen del relleno sanitario

Este estudio está diseñado para desechos domiciliarios y desechos que son generados por la actividad del mercado y plaza pública.

### 8.2.1. Población

Para el diseño de la proyección de la población futura, se tomó como población inicial la de año 2001, la cual es de 4,500 habitantes, y una tasa de crecimiento poblacional del 3%, según el INE.

Para el cálculo de la población futura se utilizó el método de proyección geométrica, ya que es el más usado en Latinoamérica. Ya teniendo la población futura y se procedió a determinar la cantidad de basura total y también la cantidad de basura que se depositará en el relleno sanitario.

Ecuaciones a utilizar:

$$\text{Población} = P_0(1 + R)^n$$

$$PT = PPC * \text{Población}$$

$$PT = 0.23 * \text{Población}$$

$$PR = 0.13 PT$$

Donde:

PT = Producción total de basura

PO = Basura total orgánica

PI = Basura total inorgánica

PR = Basura que se va ir al relleno sanitario (textiles, metales a excepción del aluminio, plásticos, y otros desechos no reciclables). Según los análisis de resultados del muestreo equivale al 14% del total de los desechos sólidos (Jaramillo :2).

Tabla II. Cálculo de la producción total de basura

AÑO	POBLACIÓN	PT (Kg)	PO	PI	PR
2004	4917	1130.97	780.37	350.60	158.34
2005	5065	1164.90	803.78	361.12	163.09
2006	5217	1199.85	827.90	371.95	167.98
2007	5373	1235.84	852.73	383.11	173.02
2008	5534	1272.92	878.31	394.61	178.21
2009	5700	1311.11	904.66	406.44	183.55
2010	5871	1350.44	931.80	418.64	189.06
2011	6048	1390.95	959.76	431.20	194.73
2012	6229	1432.68	988.55	444.13	200.58
2013	6416	1475.66	1018.21	457.46	206.59

#### 8.2.1.1. Volumen de desechos sólidos producidos.

Volumen de desechos sólidos estabilizados = VE

VE = 365\*Peso diario de la basura total (PR)/densidad de la basura estabilizada (Jaramillo:2)

$$VE = 365 * PR / (600 \text{ Kg/m}^3)$$

Volumen del relleno sanitario = VRS

$$VRS = 1.25 VE$$

Volumen acumulado del relleno sanitario = VRS<sub>acum.</sub>

$$VRS_{acum} = \sum VRS$$

Tabla III. Cálculo del volumen de relleno sanitario

Año	Población	PR (Kg)	VE(M <sup>3</sup> )	VRS(M <sup>3</sup> )
2004	4917	158.34	96.32	125.22
2005	5065	163.09	99.21	128.97
2006	5217	167.98	102.19	132.84
2007	5373	173.02	105.25	136.83
2008	5534	178.21	108.41	140.93
2009	5700	183.55	111.66	145.16
2010	5871	189.06	115.01	149.52
2011	6048	194.73	118.46	154.00
2012	6229	200.58	122.02	158.62
2013	6416	206.59	125.68	163.38
TOTAL		1815.15	1104.21	1435.48

El volumen del relleno sanitario para un período de diseño de 10 años es de 1,435 m<sup>3</sup>, en el cual se depositarán 1,815.15 kg de desechos sólidos.

## 8.2. Infraestructura del relleno

La adecuación del terreno es importante para mejorar sus condiciones y facilitar las operaciones de ingreso de los desechos sólidos, así como para la construcción de drenajes y las operaciones del relleno sanitario en general.

El relleno sanitario consistirá en 5 fosas con dimensiones de 15 x 8 metros formando así un área de 120 metros cuadrados, con una profundidad de 3 m, que van con un declive 1:3 H:V, formando un volumen de 296 m<sup>3</sup> en cada fosa, por lo que las cinco fosas hacen un volumen total 1480 m<sup>3</sup>, de por lo que es mayor al volumen requerido y garantiza la vida útil también se coloca nailon especial en las paredes y el fondo del relleno como capa impermeable para que los lixiviados puedan ser tratados y no contaminen el manto freático.

La mecánica de este tipo de relleno sanitario consiste en que primero se debe llenar una fosa para empezar a llenar a la otra, y como mínimo se deben construir dos fosas de una vez la razón de este mecanismo se detalla en Capítulo 10, de Análisis por Riesgos.

Este modelo de relleno sanitario fue usado en el municipio de Nebaj, Quiché, y ha tenido un buen funcionamiento según administradores del proyecto (Anexo 1, fig. 8 ).

#### 8.3.1. Tratamiento de lixiviados

Para el drenaje de los lixiviados se uso tubería PVC de 6 y 8 pulgadas de diámetro el sistema utilizado es tipo drenaje francés. (Anexo 2, plano No.2). El tratamiento de lixiviados será anaeróbico, realizando el proceso por dos tanques de sedimentación, uno respecto del otro, y termina en el proceso de filtración (Anexo 2, plano No.2).

Para un buen manejo del relleno sanitario se deberán respetar los conceptos siguientes:

#### 8.3.2. Distribución y compactación

Una vez descargados los residuos inertes en la trinchera en operación, se procederá a distribuir y compactar los residuos en espesores no mayores de 30cm. La trituración y compactación de los mismos se produce simultáneamente con la tarea de distribución, lográndose entre ambas el total desgarramiento y desmenuzamiento de los residuos y envases que los contienen.

### 8.3.3. Cobertura

Se procede a la cobertura diaria de los desechos al final de cada jornada la misma se realiza con una capa de tierra no inferior a 30cm compactada. Cuando se alcanzan las cotas finales del proyecto en cada trinchera la cobertura final se realizará con una capa de suelo arcilloso de 40 cm de espesor, para minimizar el ingreso de agua de lluvia y evitar la emanación de olores y la proliferación de vectores como insectos y roedores. Sobre esta superficie se coloca una capa de suelo vegetal de unos 20 cm, extraído y acopiado durante el proceso de preparación del módulo. La superficie superior del módulo debe quedar con depresiones que permitan o favorezcan la acumulación de agua de lluvia o la formación de asentamientos por diferencia de suelo.

### 8.3.4. Drenaje de gases

Para asegurar la descomposición de los materiales biodegradables que no pudieron ser separados de los inertes, se colocan tubos verticales para venteo de los gases.

Los mismos son tubos PVC reforzados de 4" de diámetro con perforaciones en la parte inferior para que penetren los gases, y sombreretes tipo "T" en la parte superior. Estos tubos se distribuyen en forma uniforme en el módulo. Se puede efectuar en forma periódica la toma de muestras y análisis de los gases estos tubos se colocarán conforme se vaya llenando el relleno sanitario, ya que las fosas, después de llenadas, se clausuran, y este drenaje evitará que pueda existir una explosión por parte de los gases.

#### 8.3.5. Actividades de postclausura

Dado que las transformaciones de los desechos continúan después de finalizadas las tareas de relleno, las actividades de post-clausura consisten en el seguimiento y mantenimiento constante de los terrenos para evaluar la evolución en tiempo y volumen y grado de estabilización de los desechos. Una vez completado este circuito y confirmado que la recuperación del suelo es satisfactoria, se termina el ciclo con la jardinería del área con especies autóctonas.

## 9. PRESUPUESTO

### 9.1 Costo del proyecto

Planta con capacidad de procesar 4 toneladas diarias

**Tabla IV. Costo del proyecto**

<b>Actividad maquinaria o equipo</b>	<b>Cantidad o tiempo</b>	<b>Costo</b>	<b>Observaciones</b>
Capacitación	3 Meses	Q 30,000.00	Al personal de la planta y a los usuarios del proyecto
Terreno	3 manzanas	Q 30,000.00	2 kilómetros de la cabecera Municipal
Construcción de instalaciones		Q 130,000.00	Instalaciones según el diseño.
Banda transportadora	1	Q 140,000.00	Incluye costo e instalación
Molino de Martillo	1	Q 20,000.00	Incluye costo e instalación
Herramientas	Bieldos, Rastrillos, Piochas, etc.	Q 2,000.00	Incluye todo lo necesario para realizar el trabajo y plástico para colocarlo en las fosas
Construcción de fosas		Q 17,500.00	Para la colocación del material contaminante.
Equipo de protección para el personal	15	Q 5,000.00	Incluye mascarillas, Guantes, botas, overoles, gorras y jabón
Pago de personal	12 personas por 6 meses	Q 65,000.00	Correspondiente a un mes de trabajo.
Seguimiento técnico	6 meses	Q 24,000.00	Con un mínimo de 2 visitas por mes a la planta por el técnico responsable.
Mantenimiento y gasto de la Planta.	6 mes	Q 18,000.00	Mantenimiento de Equipo, pago de energía eléctrica y combustibles
Pago de vehículo para el tren de aseo	6 mes Q3,000.00/mes	Q 18,000.00	La municipalidad puede contratar una empresa

Costales y lombrices		Q 10,000.00	6,048 costales y 16 kilos lombriz
Costo general		Q 509,500.00	
<b>RENTABILIDAD DE LA PLANTA A 6 MESES ( INGRESOS )</b>			
Cuota de pago por servicio	6 meses Q3000 por mes de servicio x 6	Q 18,000.00 por 6 meses	Incluyendo 3,000 usuarios 2,800domiciliar a Q 8.00 y 100 comercios a Q 15.00
Ingreso por venta de material reciclable	6 meses	Q 18,000.00	Incluye Vidrio, Papel, cartón, Plástico, Aluminio, etc.
Producción y Comercialización de Lombricompost	4 meses 1,008/quintales por mes a Q30.00 C/U.	Q 30,240.00 X Mes por 4 meses Q 120,960.00	El Lombricompost inicia el segundo mes ya que se necesitan 2 meses para su producción y venta.
Ingresos a los 6 meses		Q 156,960.00	

## 9.2 Relación Costo Beneficio

Costo Beneficio = Costo del Proyecto/No. Personas a beneficiar

$$CB=Q509,500.00/4,500 \text{ personas}= Q113.22 \text{ por persona}$$

## 9.3 Análisis de Inversión

En el segundo semestre se invertirán Q 135,000.00 y se tendrá un ingreso de Q 217,440.00, teniendo una rentabilidad de Q 82,440.00, logrará el punto de equilibrio a los 3 años de haber iniciado el proyecto, sacando su costo, y de aquí en adelante se obtendrá una rentabilidad promedio de Q82,000.00 por semestre.

## **10. ANÁLISIS DE RIESGOS**

### **10.1. Riesgo por movimiento de laderas o vulnerabilidad sísmica**

El municipio de Jocotán es un lugar muy vulnerable a los sismos debido a que lo atraviesa la falla geológica de Jocotán – Chamelecón, en direcciones NNE-SSE pocos kilómetros al Sur de la población de Jocotán, (ver figuras 4 y 5) y las rocas de esta provincia están constituidas principalmente por serpentinitas, gneisses metamórficos y esquistos, apareciendo algunas pequeñas áreas de material plutónico, principalmente granito, es por eso que para este estudio se ha tomado en cuenta este fenómeno natural, en cuanto al diseño y selección del lugar donde se va a ejecutar el proyecto.

El mecanismo del relleno sanitario es así: a) hasta que se termine de llenar una fosa, se empieza a llenar la otra; b) en caso de que esta sufra agrietamientos o deslizamientos en sus paredes, o que el nailon que se utilizó como capa impermeable se rompa, se habilitará la otra fosa mientras se repara; c) en caso de que su agrietamiento sea demasiado grande, se da por clausurada, por eso, como mínimo, debe de haber dos fosas a la hora de empezar a funcionar el proyecto.

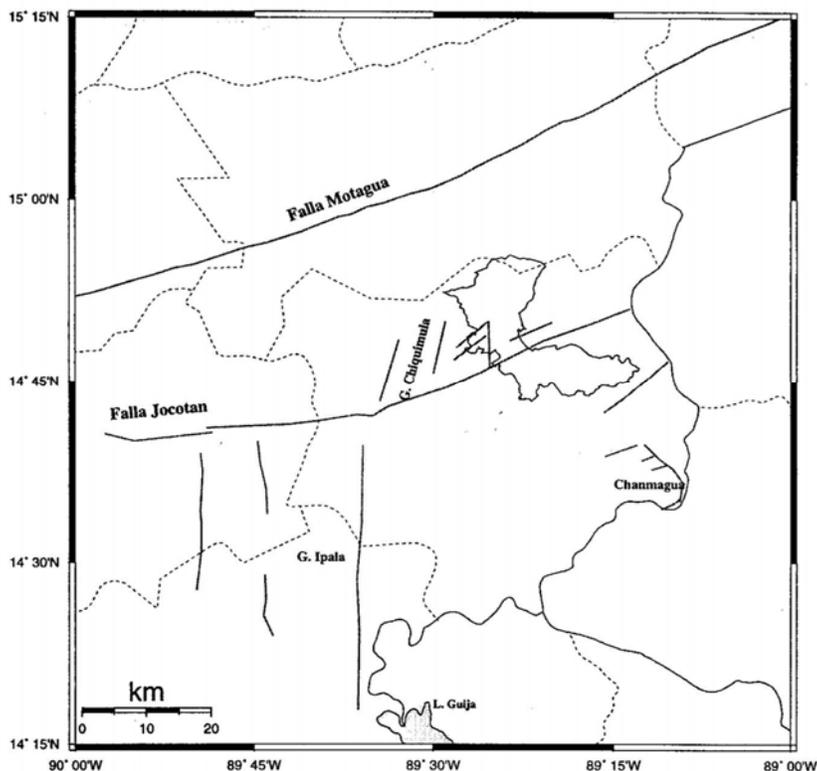
### **10.2. Riesgo por inundaciones**

Planicie del Río Jocotán: esta área se ubica al norte, este y sureste de la población de Jocotán, incluyendo la confluencia de los ríos Carcar y Torjá, y parte del recorrido de estos ríos.

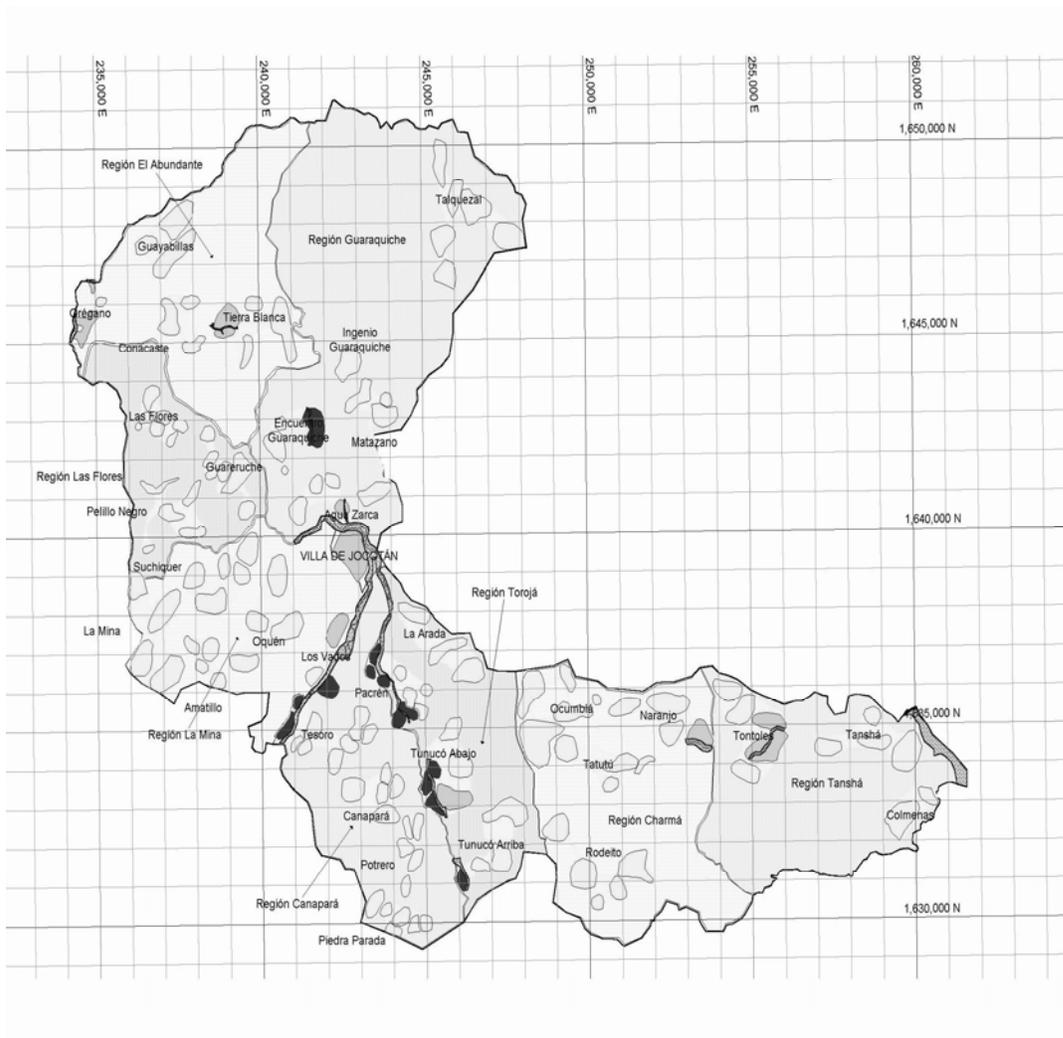
En el área de confluencia de los ríos, se observa un antiguo depósito fluvial, el cual ha sido cortado por las nuevas corrientes de agua de los ríos Jocotán, Carcar y Torjá (ver figura 6).

Esta área se podría considerar como el área que representa una mayor amenaza, debido a su cercanía a la población. Por eso, esta área del municipio no es recomendada para el diseño del proyecto. El lugar que se propone como indicado son los terrenos que están a la orilla de la carretera que conduce a la aldea de Ingenio Guaraquiche, tomando en cuenta los criterios que se establecieron en el capítulo 8.

**Figura 5. Tectónica local**



**Fuente: Acción Contra el Hambre. Estudio multi-amenazas ambientales en el municipio de Jocotán**



Municipio de Jocotán  
 Riesgo de Inundaciones  
 o Desbordamientos

Cuadrícula  
 — 10 km  
 — 5 km  
 — 1 km

Riesgo de Inundación o Desbordamiento  
 por Caserío y Barrio

- Alto
- Mediano
- Bajo

○ Ubicación y Extensión de Aldeas

● Zona de Amenaza por Inundación  
 o Desbordamiento



Escala 1 : 100,000 - 1cm = 1km



Elaborado Por:  
 Acción Contra el Hambre





## CONCLUSIONES

1. La generación de un mínimo de 15 empleos directos y la colocación de materia prima de buena calidad ( los reciclados) a precios bajos en gran cantidad, es otra forma de fortalecer a los pequeños comerciantes que se dediquen a esta actividad.
2. El tratamiento adecuado de los residuos sólidos, eliminando elementos patógenos potenciales y vectores de enfermedades, ayuda a mantener en control permanente la calidad de vida de la población vecina.
3. La simple eliminación de los rellenos, aun los controlados o de cualquier otra naturaleza, o solamente la reducción del volumen de basura depositado, reducirán en forma concreta el impacto ambiental provocado por las toneladas arrojadas en los ríos, terrenos baldíos y a orillas de las carreteras.
4. La reintroducción de materia prima elaborada de menor costo en el mercado reducirá costos a las empresas y, en consecuencia, su carga contaminante activa. Lo mismo sucede por la oferta de Compost orgánico en gran escala a las actividades agrícolas urbanas, huertas comunales y rurales. Vale la pena destacar la fuente de ingresos que origina la comercialización de los productos y subproductos de esta actividad.

## RECOMENDACIONES

1. Para la selección del lugar donde se va a construir el proyecto, se deben tomar en cuenta los criterios de selección que se especifican en el capítulo 8, ya que de esto depende que el proyecto tenga un buen funcionamiento.
2. Se debe mejorar el servicio de recolección, ya que es deficiente. Si la municipalidad no lo puede administrar, se le debe dar el servicio a una empresa privada para que sea ella quien lo administre, siempre y cuando llene los requisitos que se especifican en el reglamento municipal que se ha propuesto.
3. Como una medida inmediata para el tratamiento de los desechos sólidos, se debe empezar a educar a la población respecto a los problemas que genera el mal manejo de los desechos sólidos.
4. Al empezar a funcionar el proyecto se deben clausurar todos los basureros clandestinos, y se ha de multar a las personas que sigan usando estos botaderos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios. Ilustre municipalidad de Loja. [www. Municipioloja.com](http://www.Municipioloja.com). Noviembre 2002.
2. Domínguez, Vicelda. Manejo integral de los desechos sólidos en San Lucas Tolimán, Tesis del Ing. Civil.Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, CICON, 1994. 58 pp
3. Jaramillo, Jorge. Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios, Tesis del Ing. Civil.Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería,1991. 84pp
4. Morales, Aquino. Situación actual del manejo de los desechos sólidos. **Revista fortalecimiento municipal y del poder local en el área Chortí de Guatemala**. Municipalidad de Jocotán. Agosto 2001
5. Municipalidad de Santa María Nebaj, Quiché. Estudio para el manejo de los desechos sólidos en el municipio de Santa María Nebaj. Abril 2001.
6. Simmons, Charles. **Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala**. Instituto Agrepecuario Nacional.1958.995 pp.
7. Tchobanogluous, George. **Residuos sólidos**. Universidad de California, Davis Estado Unidos de América. 1994.335.pp

## ANEXO 1

**Figura 7. Relleno sanitario**



Fuente: Municipalidad de Santa María Nebaj. Estudio del manejo de los desechos sólidos

**Figura 8. Banda transportadora**



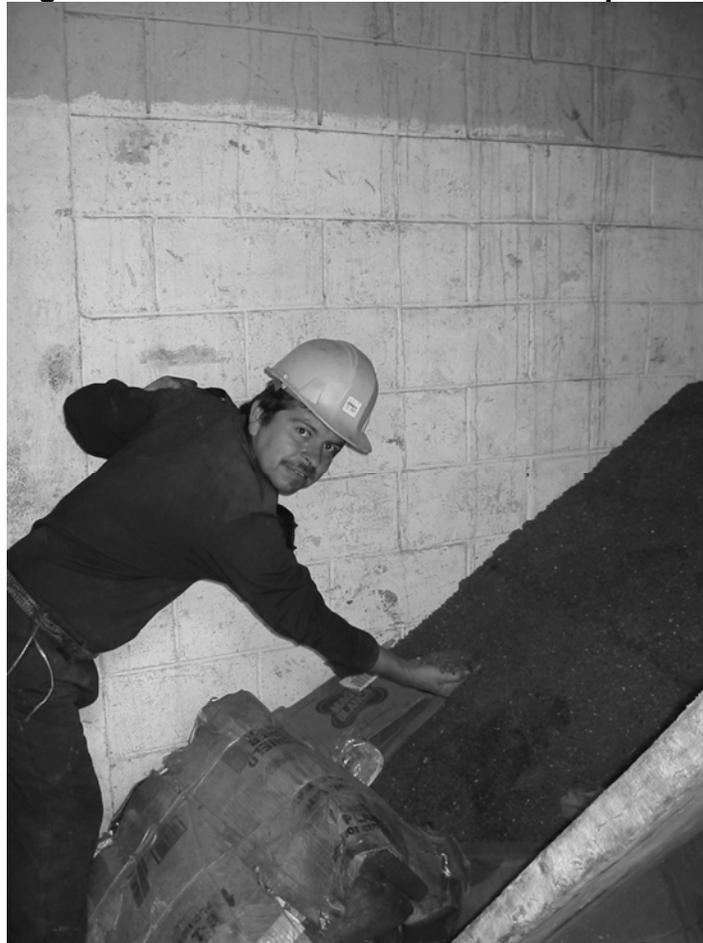
Fuente: Municipalidad de Santa María Nebaj. Estudio del manejo de los desechos sólidos

**Figura 9. Molino de martillo**



Fuente: Municipalidad de Santa María Nebaj. Estudio del manejo de los desechos sólidos

**Figura 10. Cernido del material descompuesto**



Fuente: Municipalidad de Santa María Nebaj. Estudio del manejo de los desechos sólidos

## **ANEXO 2 PLANOS**

**Figura 11. Plano de planta de compostaje y reciclaje**

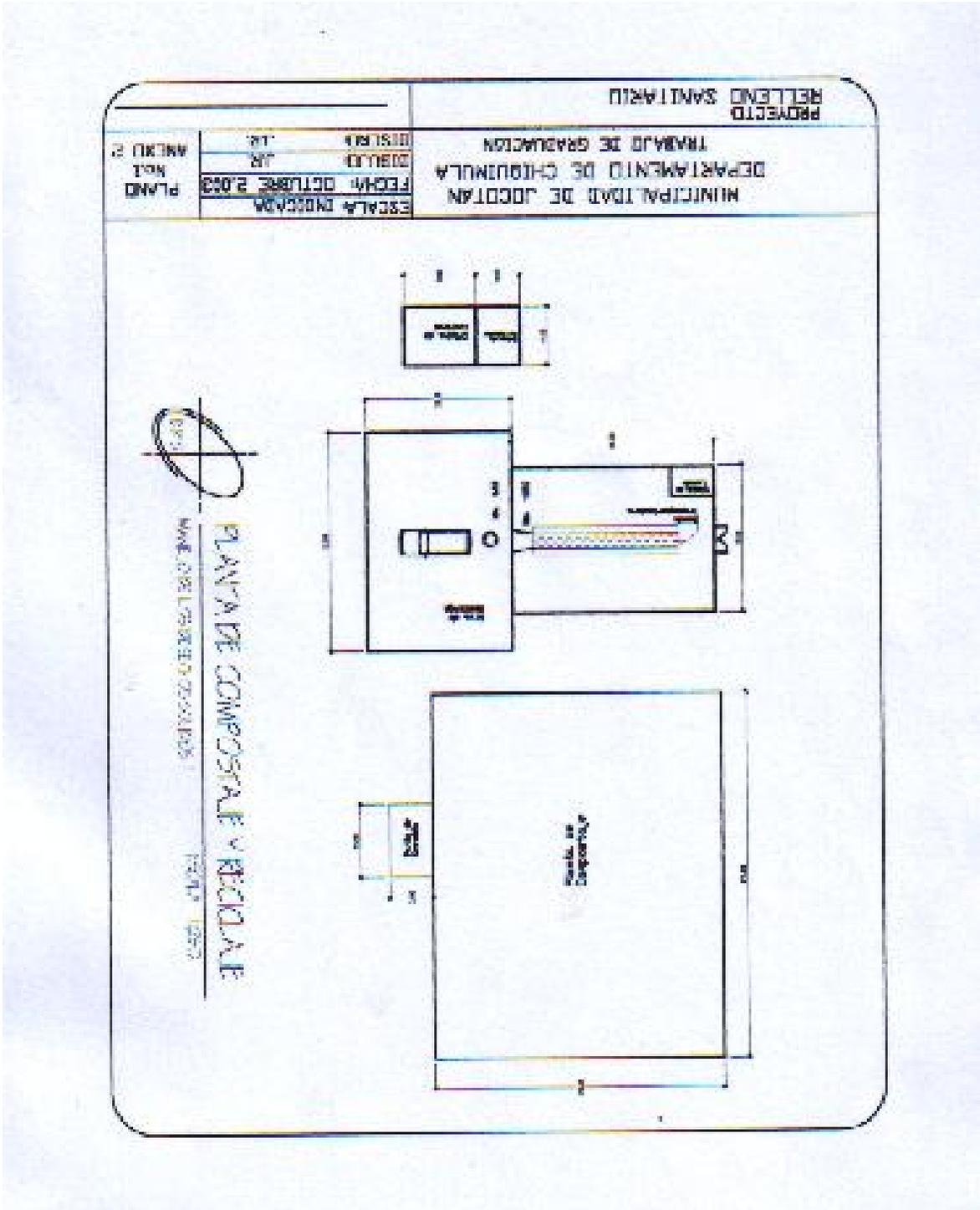


Figura 12. Plano del Diseño del Relleno Sanitario



## **DISTRIBUCIÓN DE PERSONAL**

- Cuatro personas en el proceso de clasificación de desechos sólidos en las bandas transportadoras (plásticos, vidrios, metales, caucho, tela, cartón, papel y materia orgánica); además serán los responsables de ir a colocar todos los residuos contaminantes y no reciclables al relleno sanitario y su debido cubrimiento en las fosas.
- Dos en el proceso de volteo de las aboneras ya que el mismo debe realizarse de forma aeróbica y el movimiento deber ser continuo en los primeros 30 días del proceso de compostaje; así mismo, serán los responsables del cernido y empacado del Lombricompost, ayudados por las tres personas que en su momento estén trabajando en el tren de aseo.
- Dos personas en el proceso de lavado y empacado de vidrios, metales, plásticos, caucho, cartón, papel, para su comercialización.

Nota: Para evitar la fatiga mental y corporal se realizará una rotación mensual con el personal que está colaborando en la planta. Esto garantiza mayor eficiencia dentro del personal y se logrará que todo el equipo conozca y se involucre en todo el proceso de desarrollo que se lleva en la planta de desechos sólidos y el relleno sanitario. En el equipo de trabajo habrá una persona responsable de coordinar la planta.

Propuesta de un reglamento municipal para el manejo de los desechos sólidos

## **Capítulo 1. Almacenamiento**

Artículo 1. Todas las industrias, comercios y residencias del municipio, generadores de desechos sólidos no tóxicos y peligrosos, deberán tener recipientes adecuados para depositar los desechos preferentemente separados en orgánicos y no orgánicos, los cuales deberán ser entregados al recolector de acuerdo con los días de atención del servicio que se establezca. Los desechos sólidos deberán depositarse previamente en bolsas plásticas.

Artículo 2. Todos los centros de atención a la salud que generen residuos sólidos hospitalarios deberán sujetarse a las normas vigentes que para ese tipo de residuos existan. Los residuos comunes provenientes de la administración y limpieza general, residuos de preparación de alimentos, embalajes y cenizas, deben ser colocados en bolsas plásticas separadas, según sus características, y, luego, depositadas en contenedores bajo techo para facilitar su acondicionamiento y permitir un fácil servicio de recolección municipal.

## **Capítulo 2. Recolección y transporte**

Artículo 3. Para recolectar los residuos sólidos comunes de residencias, industrias y comercios, la municipalidad será la encargada del servicio de recolección y podrá dar en concesión alguna empresa individual o jurídica, la cual deberá llenar los requisitos y las especificaciones indicadas en el presente reglamento.

Artículo 4. Si el servicio se da en concesión, los vehículos registrados deben tener licencia de operación que tendrá vigencia de un año y deberá tramitarse, sin costo alguno, durante los primeros quince días del mes de enero de cada año, pudiendo revocarse el permiso de operación del vehículo en los casos siguientes:

- Si el vehículo no llena los requisitos técnicos especificados en este Reglamento.
- Si se comprueba la recolección de desechos de otra naturaleza que no sean domésticos.

Artículo 5. La empresa a la que se dé la concesión de la prestación del servicio será responsable y queda obligada a recolectar y transportar todos los desechos sólidos no tóxicos o peligrosos que generen los usuarios que le asignen de acuerdo a la frecuencia siguiente:

Domiciliar	2 veces por semana
Comercial	2 veces por semana
Mercado y plaza municipal	todos los días

Artículo 6. La empresa que preste el servicio de recolección y transporte, está obligada a proporcionar a las personas que trabajen en las unidades de transporte, equipo sanitario adecuado para su presentación y protección. En caso sea la municipalidad la encargada de dar el servicio, procederá de igual manera, proporcionando a los trabajadores el equipo adecuado.

Artículo 7. Los vehículos que sean utilizados para la prestación del servicio, deberá llenar los siguientes requisitos:

- Tipo camión o picop, capacidad mínima 1.5 toneladas
- Perfecto estado de funcionamiento general, pintado en forma adecuada

Artículo 8. Los vehículos que transporten residuos, durante su recorrido deberán mantener las puertas del furgón, carrocerías o contenedor, cerradas; así también, no deberán ser sobrecargados para evitar derramamiento durante su recorrido.

Artículo 9. El transporte de los desechos sólidos provenientes del barrido de calles, limpieza de aceras, atrios de iglesia, plazas públicas y mercado, podrá hacerlo la municipalidad, de acuerdo con los términos de la concesión, en caso esta se diera.

Artículo 10. La recolección y transporte de los desechos sólidos provenientes de construcciones, será responsabilidad del constructor o empresa constructora y por ningún motivo deberán ser trasladados al centro de transferencia o disposición final. Deberán ser depositados en los lugares que para el efecto destine la municipalidad.

Artículo 11. Los residuos voluminosos, tales como chatarra casera, muebles, etc., se consideran de manejo especial, por lo que se hará un cobro extra por su recolección.

### **Capítulo 3. Aspectos económicos y financieros**

Artículo 12. Los gastos que se generen por la prestación del servicio será destinados con exclusividad para cubrir los gastos de administración, operación y mantenimiento del servicio de recolección y disposición final de los desechos sólidos; esto, en caso de que la municipalidad lo administre.

Artículo 13 Por el servicio de recolección, transporte y tratamiento de los desechos sólidos, se cobrará una tasa mensual así:

Tabla V. Tasa mensual según servicio

Concepto	Valor en quetzales
Domiciliares	Q10.00
Comercios	Q10.00
Hoteles	Q13.00

Restaurantes	Q12.00
--------------	--------

Las tasas anteriores podrán ser modificadas cuando la municipalidad lo estime conveniente.

#### Capítulo IV. Disposición final

Artículo 14. Los desechos sólidos biológicos – infecciosos, generados en centros de atención a la salud, deberán ser incinerados, según lo estipula el Reglamento de Residuos Sólidos Hospitalarios.

Artículo 15. Los desechos sólidos tóxicos y peligrosos deberán ser tratados según la reglamentación vigente para este tipo de residuos.

Artículo 16. Los desechos sólidos comunes deberán ser transportados por el servicio de recolección y depositados en el relleno sanitario que a favor de la municipalidad ha destinado para el efecto.

#### **Capítulo V. Prohibiciones y sanciones**

Artículo 17. Para la prestación regular del servicio de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos, la conservación del medio ambiente y preservación de la salud de los vecinos, queda prohibido:

- a) El almacenamiento de desechos sólidos en banquetas, calles, avenidas y vías públicas
- b) La creación de basureros a cielo abierto en predio, áreas y vías públicas del municipio

- c) El ensuciar calles, plazas y centros públicos, satisfaciendo necesidades corporales que afecten la limpieza y el ornato de la ciudad

Artículo 18. Las personas que estén debidamente autorizadas para vender en la vía pública, deberán tener recipientes adecuados para depositar sus desechos sólidos y pagar la tasa que les sea fijada por la recolección, transporte y tratamiento.

Artículo 19. A los laboratorios y centros de atención a la salud generadores de desechos sólidos biológicos-infecciosos, que depositen dichos desechos en bolsas destinadas para basura común, se les impondrán multas ( el valor de la multa lo impondrá el concejo municipal).

Artículo 20. A las personas que contravengan lo establecido en los artículos 18 y 19 del presente Reglamento, se les impondrá un multa ( el valor la multa lo impondrá el concejo municipal).