



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

**SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y DISPOSICIÓN DE  
DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE SANTA  
MARÍA DE JESÚS, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ**

**LUIS OSWALDO SOTO RAXÓN**  
**Asesorado por Ing. Eduardo Roberto López Galo**

**Guatemala, Septiembre de 2003**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y DISPOSICIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS DEL  
MUNICIPIO DE SANTA MARÍA DE JESÚS, DEPARTAMENTO DE  
SACATEPÉQUEZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Presentado a Junta Directiva de la  
Facultad de Ingeniería

Por

**LUIS OSWALDO SOTO RAXÓN**

Asesorado por Ing. Eduardo Roberto López Galo

Al conferírsele el título de

**INGENIERO CIVIL**

**GUATEMALA, Septiembre de 2003**

# 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 Alvarez
VOCAL III:	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV:	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V:	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO:	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

### TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR:	Ing. Miguel Ángel Dávila
EXAMINADOR:	Ing. José Gabriel Montenegro P.
EXAMINADOR:	Ing. Eduardo Ramírez Saravia
SECRETARIA:	Inga. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

### **SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y DISPOSICIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE SANTA MARÍA DE JESÚS, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ**

Tema que me fuera asignado por la dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 13 de marzo de 2002.

**Luis Oswaldo Soto Raxón**

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- A Dios** Por la sabiduría y su infinita misericordia, que me permitió cumplir una de mis metas.
- A mis padres** Juan Luis Soto García  
Cruz Raxón de Soto  
por su amor y apoyo que incondicionalmente me han brindado y por creer en mí siempre.
- A mis hermanos** Sonia Lorena Soto Raxón  
Juan Gildardo Soto Raxón  
Milvia Eliana Soto Raxón  
Por su amor, confianza y que la culminación de esta meta les sirva de ejemplo.
- A mi sobrina** Andrea Fernanda Santos Soto  
Por el amor que vino a representar en mi vida y como un ejemplo.
- A mi cuñado** Carlos Estuardo Santos  
Por la confianza que siempre me profesó y con cariño.
- A mis abuelitas** Cecilia García Pineda  
Refugio Raxón  
por su amor y sabios consejos que siempre me han brindado.
- A la familia  
Duarte Molina y  
Duarte Pérez** Por sus sabios consejos que siempre me han brindado, y con cariño muy especial a José Roberto

## **AGRADECIMIENTOS**

Al ingeniero Eduardo Roberto López Galo, por el interés puesto en el asesoramiento de este trabajo de graduación.

A las autoridades de la Municipalidad del Municipio de Santa María de Jesús, del departamento de Sacatepéquez, por la colaboración prestada en la realización de este trabajo.

A todas las personas del Municipio de Santa María de Jesús, que de una u otra forma colaboraron en la realización de este trabajo.

A la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por todo lo que he aprendido tanto dentro como fuera de sus aulas, así como también por los gratos momentos de vida estudiantil.

A todos mis compañeros por su amistad brindada en los momentos de alegrías y tristezas en todo lo que fue nuestra vida estudiantil.

A la Municipalidad del Municipio de Mixco, departamento de Guatemala y a todos mis compañeros de trabajo por ser personas que siempre me brindaron su amistad incondicional.

A la Dirección de Límites y Aguas Internacionales del Ministerio de Relaciones Exteriores, en especial al Ing. José Luis Ordóñez Ochoa, por haberme permitido tener en esta institución el inicio de mi carrera profesional, y a mis compañeros de trabajo por haberme permitido compartir momentos inolvidables en mi vida.

Al ingeniero José Recinos, y a mis compañeros de trabajo por ser un ejemplo de verdadera amistad.

Al ingeniero Cesar Armando Estrada Abril, al ingeniero Pedro Aquilino Ruiz, y al licenciado Marvin Oswaldo Monzón, por haberme brindado su amistad sincera y por sus sabios consejos que me han brindado.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IV
ÍNDICE DE TABLAS	V
GLOSARIO	VI
RESUMEN	VIII
OBJETIVOS	IX
INTRODUCCIÓN	X
<b>1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS</b>	
1.1 Localización de la población	1
1.2 Vías de comunicación	1
1.3 Aspectos climatológicos	2
<b>2. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROBLEMA DE LOS DESECHOS EN EL MUNICIPIO DE SANTA MARÍA DE JESÚS</b>	
2.1 Aspectos generales	4
2.2 Recolección y transporte	4
2.3 Disposición final	4
<b>3. INVESTIGACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS</b>	
3.1 Investigación de los desechos sólidos en el municipio	6
3.2 Caracterización de los residuos sólidos	7
3.2.1 Definición	7
3.2.2 Toma de la muestra	7
3.2.3 Método del cuarteo	8

3.2.4	Peso específico	09
3.2.5	Propiedades	10
3.3	Composición de los residuos sólidos	10
3.4	Producción per cápita de desechos sólidos ( P.P. )	10
3.5	Densidad de los desechos sólidos	11
<b>4.</b>	<b>PROPUESTA DE DISEÑO DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE DESECHOS SÓLIDOS</b>	
4.1	Residuos por recoger	12
4.2	Empresa de recolección	13
4.3	Punto de recolección	14
4.4	Frecuencia de recolección	15
4.5	Equipo	15
4.6	Rutas	16
4.7	Reglas básicas para el diseño de rutas	16
<b>5.</b>	<b>COMPOSTAJE</b>	
5.1	Definición de compost	17
	Ventajas del uso de compost	17
	Características del compost	18
	Etapas del proceso de compostaje	18
	Etapa inicial	18
	Etapa termólica	19
	Etapa de estabilización	19
	Utilización del compost	19
5.2	Descripción de los procesos de descomposición: aerobio y anaerobio	19
5.3	Análisis de cada uno de los procesos de descomposición aeróbico y anaeróbico	20
5.4	Propuesta del proceso de descomposición de desechos sólidos	20



<b>6. PROPUESTA DE DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS PARA EL MUNICIPIO DE SANTA MARÍA DE JESÚS</b>	
6.1 Descripción general de la propuesta	21
6.2 Proceso de clasificación de los residuos sólidos	21
6.3 Proceso de lavado de residuos orgánicos	22
6.4 Proceso de triturado o picado de residuos orgánicos	23
6.5 Proceso de descomposición, tratamiento de lixiviados	24
6.6 Proceso de maduración	25
6.7 Proceso de secado, cribado o tamizado	25
6.8 Compost como estabilizador de suelos y abono orgánico	25
<b>7. DISEÑO</b>	
7.1 Bases del diseño	27
Resumen de materiales del presupuesto	28
Resumen de mano de obra del presupuesto	30
7.2 Integración del precio unitario	31
7.3 Costos de uniformes y equipos por utilizar en la planta de tratamiento del municipio de Santa María de Jesús, departamento de Sacatepéquez	32
7.4 Gastos de operación y mantenimiento	32
<b>CONCLUSIONES</b>	33
<b>RECOMENDACIONES</b>	34
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	35
<b>ANEXOS</b>	36

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

1	Límites del municipio de Santa María de Jesús	3
2	Identificación de los cantones en el municipio de Santa María de Jesús	37
3	Ubicación de los principales botaderos en el municipio de Santa María de Jesús	38
4	Descripción de rutas del camión recolector en el municipio de Santa María de Jesús	39
5	Descripción de rutas del camión recolector en el municipio de Santa María de Jesús	40
6	Descripción de rutas del camión recolector en el municipio de Santa María de Jesús	41
7	Descripción de rutas del camión recolector en el municipio de Santa María de Jesús	42
8	Planta acotada	43
9	Cortes	44
10	Planta de cimientos	45
11	Detalles	46
12	Planta instalación de agua	47
13	Rejilla para evacuación de líquidos lixiviados	48
14	Planta instalación drenaje sanitario	49
15	Plano de registro	50

## TABLAS

I	Periodicidad de extracción de basura en el municipio de Santa María de Jesús	06
II	Disposición final de la basura en el municipio de Santa María de Jesús	07
III	Resultados en porcentaje de los residuos orgánicos e inorgánicos del municipio Santa María de Jesús	09
IV	Resultados en porcentaje de los residuos inorgánicos del municipio de Santa María de Jesús	09
V	Resultados de la generación de desechos sólidos en M <sup>3</sup> /año en el municipio de Santa María de Jesús	11
VI	Resumen de materiales del presupuesto de la planta de tratamiento de desechos sólidos, en el municipio de Santa María de Jesús	28
VII	Resumen de mano de obra del presupuesto de la planta de tratamiento de desechos sólidos, en el municipio de Santa María de Jesús	30
VIII	Resumen de uniformes y equipo a utilizar en la planta de tratamiento de desechos sólidos, en el municipio de Santa María de Jesús	32

## GLOSARIO

<b>Aerobiosis</b>	Es la condición de la mayor parte de los organismos que tienen necesidad del oxígeno molecular, para poder llevar a cabo los procesos de respiración, a través de los cuales obtienen la energía necesaria para todas las funciones vitales.
<b>Anaerobiosis</b>	Es la condición de los organismos que obtienen la energía necesaria mediante un complejo de reacciones químicas, que tienen lugar cuando hay ausencia de oxígeno.
<b>Apilar</b>	Colocar las cosas en grupo o agrupar varios objetos.
<b>Basureros Clandestinos</b>	Son los botaderos de residuos sólidos no autorizados, diseminados por toda la comunidad, los cuales son originados por vecinos, que no cuentan con un sistema de recolección de desechos sólidos o por la falta de educación. También llamados botaderos a cielo abierto.
<b>Compost</b>	Es el abono orgánico que resulta de la transformación de la mezcla de residuos orgánicos, los cuales han sido descompuestos bajo condiciones controladas.

<b>Fermentación</b>	Es la descomposición que sufren ciertas sustancias orgánicas, por la influencia de otras, llamadas fermentos que permanecen inalteradas.
<b>Fermento</b>	Es el catalizador orgánico que provoca la fermentación.
<b>Humus</b>	Es la materia orgánica que procede de la descomposición progresiva de restos vegetales y animales, y que van siendo mineralizados por la actividad saprofitica, principalmente de hongos y bacterias.
<b>Incinerar</b>	Quemar por medio del fuego.
<b>Líquido Lixiviado</b>	Es un residuo líquido mal oliente, de color negro, parecido a las aguas negras residuales, que se produce durante la descomposición de los residuos sólidos.
<b>Polución</b>	Es un anglicismo que se emplea como contaminación, es decir la alteración de calidad, intensa y perjudicial del aire, agua, etc., con sustancias extrañas producidas por los residuos de procesos industriales o biológicos.

## **RESUMEN**

En esta época, en que es muy notable el daño que le estamos provocando a nuestro medio ambiente; es muy propicio fomentar todo tipo de esfuerzo que contribuya a disminuir este daño.

Así pues, debe tratarse el problema que genera una mala disposición de los desechos sólidos, entendiéndose como tales, todas aquellas partes o porciones que resultan de la utilización para la transformación o descomposición de la materia orgánica e inorgánica, ya que cada persona contribuye con la producción de los mismos.

Lo que antes se consideraba como desperdicio, ahora se puede valorar como materia prima, que se puede aprovechar con un sistema de reciclaje adecuado.

La producción de abono orgánico, a través de la materia orgánica, permite la obtención de materiales orgánicos, estables y útiles para regenerar terrenos erosionados, o como base para abonos inorgánicos, que mejoran las características de los suelos por su elevada capacidad de retención de la humedad.

En los procesos de tratamiento de desechos sólidos bien controlados, no se producen malos olores, ni humos; tampoco se favorece la proliferación de algún tipo de insecto, ni de roedores, y los sitios de transformación se pueden ubicar en lugares cercanos de la población, disminuyendo así los costos de recolección y acarreo.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Disminuir los riesgos para la salud humana, que se derivan de la mala disposición de los desechos sólidos, mediante la eliminación de focos de contaminación ambiental.

### **Específicos**

1. Proponer soluciones adecuadas de saneamiento aplicables al medio.
2. Analizar el sistema de tratamiento de residuos sólidos, principalmente en el aprovechamiento que se le pueda dar en su reutilización.
3. Diseñar un sistema de recolección y disposición final de residuos sólidos, para el municipio de Santa María de Jesús, del departamento de Sacatepéquez.
4. Incentivar nuevas formas para obtener utilidades.

## INTRODUCCIÓN

En esta época, es evidente la preocupación que el hombre ha mostrado en relación con los problemas de tipo ambiental, que ponen en peligro la salud y que sin duda afectan la calidad de vida.

Uno de los principales problemas ambientales es el de la eliminación de desechos. Históricamente el primer problema planteado por los residuos sólidos ha sido el de su eliminación. La solución principal que la sociedad ha dado a este problema ha sido bastante primitiva: quitárselos de la vista, arrojándolos en las afueras de las ciudades u ocultar el problema enterrándolos. Todo esto sin dar ningún tipo de tratamiento.

El presente trabajo plantea una solución para eliminar la contaminación que provoca una mala disposición de los desechos sólidos en el municipio de Santa María De Jesús, del departamento de Sacatepéquez, para lo cual se ha diseñado un sistema de recolección de los desechos, que son generados, tanto en las viviendas, como en lugares públicos. Así también se planteará un sistema de tratamiento y disposición final, a través de un método que permita la recuperación de los desechos y los transforme en productos útiles como abono, estabilizadores de suelo (compost) y productos de reciclaje del desperdicio inorgánico.



# **1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS**

En la distribución de pueblos del Estado, para la administración de justicia por el sistema de jurados, conforme al decreto del 27 de agosto de 1836 que citó en su Recopilación de Leyes Manuel Pineda Mont, Santa María de Jesús se adscribió al circuito Antigua Guatemala.

En el municipio de Santa María de Jesús, el idioma predominante es el cakchiquel; su distribución político administrativa consta de un solo pueblo, ya que no cuenta con poblados rurales.

La fiesta titular, el Dulce Nombre, se celebra en enero; su día principal es el 15 de dicho mes. El Instituto Guatemalteco de Turismo (INGUAT) manifestó que en la cabecera se realizan, en esa ocasión, bailes folklóricos, entre ellos el Torito, los Fieros y los Micos.

## **1.1 Localización de la población**

Santa María de Jesús, municipio del departamento de Sacatepéquez, posee un área aproximada de 34 Km<sup>2</sup> y se encuentra ubicado en la latitud norte de 14° 29 ' 36 '' y longitud oeste 90° 42 ' 34 ''.

Colinda al Norte con Magdalena Milpas Altas y Antigua Guatemala (Sacatepéquez); al Este con Amatitlán (Guatemala); al Sur con Palín (Escuintla), y al Oeste con Antigua Guatemala (Sacatepéquez).

## **1.2 Vías de comunicación**

Por la ruta 10, que también se ha llamado Walter Williams y que de la cabecera departamental de Antigua Guatemala conduce rumbo al sur, hay 9 kilómetros a Santa María de Jesús.

Con dirección al sur por la carretera departamental Sacatepéquez 1, son aproximadamente 14 kilómetros a Palín, donde entronca con la carretera Interoceánica CA-9, y que 14 kilómetros al noreste lleva a la cabecera municipal de Amatitlán, mientras que rumbo suroeste tiene aproximadamente 18 kilómetros a la cabecera departamental Escuintla.

De Antigua Guatemala a San Lucas Sacatepéquez, por la carretera asfaltada ruta nacional 10, son aproximadamente 17 kilómetros al enlace de la Interamericana CA-1 en el Puente de San Lucas.

Tiene asimismo caminos, roderas y veredas, que unen a sus poblados y propiedades rurales entre sí con los municipios vecinos.

### **1.3 Aspectos climatológicos**

El municipio de Santa María de Jesús se encuentra localizado a una altitud de 2,070 metros sobre el nivel del mar; está situado al pie oeste del volcán de Agua. Su clima es muy frío y los terrenos producen granos y legumbres.

# SACATEPEQUEZ

## LIMITES MUNICIPALES



### MUNICIPIOS

- 01 ANTIGUA GUATEMALA
- 02 JOCOTENANGO
- 03 PASTORES
- 04 SUMPANGO
- 05 SANTO DOMINGO XENACUJ
- 06 SANTIAGO SACATEPEQUEZ
- 07 SAN BARTOLOME MILPAS ALTAS
- 08 SAN LUCAS SACATEPEQUEZ
- 09 SANTA LUCIA MILPAS ALTAS
- 10 MAGDALENA MILPAS ALTAS
- 11 SANTA MARIA DE JESUS
- 12 CIUDAD VIEJA
- 13 SAN MIGUEL DUEÑAS
- 14 ALOTENANGO
- 15 SAN ANTONIO AGUAS CALIENTES
- 16 SANTA CATARINA BARAHONA

## **2. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROBLEMA DE LOS DESECHOS EN EL MUNICIPIO DE SANTA MARÍA DE JESÚS**

### **2.1 Aspectos generales**

El 76% de la población del municipio de Santa María de Jesús, del departamento de Sacatepéquez, tira basura a cielo abierto, sin ningún tipo de tratamiento previo, lo cual provoca un número considerable de botaderos. Dentro de este porcentaje, se incluyen viviendas, comercios e industrias.

El 24% restante de la población dispone la basura en sus propios terrenos, quemándola o enterrándola.

### **2.2 Recolección y transporte**

La recolección y transporte de los desechos sólidos es el primer problema que afronta actualmente la municipalidad de Santa María de Jesús, ya que no se cuenta con un sistema de recolección de ningún tipo.

Por otro lado, son personas particulares (indigentes y niños), quienes se encargan de extraer la basura de unas pocas casas, en costales llenados a la mitad de su capacidad. El monto del cobro por parte de estas personas por la extracción de la basura se encuentra aproximadamente entre el rango de Q 1.00 y Q 2.00 por saco sacado.

### **2.3 Disposición final**

Los residuos sólidos actualmente son depositados en terrenos abandonados en lugares muy cercanos al municipio. El botadero más grande se encuentra a 1 Kilómetro de la población en la ruta que conduce a Palín, que es lugar donde se produce una seria contaminación ambiental.

Un porcentaje minúsculo de la población deposita la basura en el depósito municipal, que es utilizado principalmente para depositar los residuos sólidos que se producen en las áreas de dominio público y que son recolectados por la Corporación Municipal, como son:

el mercado, la escuela, la iglesia, así como lo que corresponde a la plazuela, que esta situada al frente de la municipalidad de la localidad.

### 3. INVESTIGACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS

#### 3.1 Investigación de los desechos sólidos ( basura ) en el municipio

La periodicidad de la extracción de basura en el municipio de Santa María de Jesús es la siguiente: el 38% de viviendas y el 50% de los comercios extraen la basura diariamente; el 23% de viviendas y el 17% de los comercios extraen la basura una vez por semana; el 8% de viviendas y el 17% de los comercios extraen la basura dos veces por semana; el 31% de viviendas y el 8% de comercios extraen la basura tres veces por semana, y el 8% de los comercios extraen la basura en una periodicidad no especificada. Esto se muestra en el cuadro siguiente:

**Tabla I. Periodicidad de extracción de basura en el municipio de Santa María de Jesús**

FRECUENCIA	DOMICILIAR	COMERCIAL
PORCENTAJE TOTAL	100%	100%
DIARIAMENTE	38%	50%
UNA VEZ A LA SEMANA	23%	17%
DOS VECES A LA SEMANA	8%	17%
TRES VECES A LA SEMANA	31%	8%
OTRA FRECUENCIA	0%	8%

La disposición final de la basura en el municipio no es la más adecuada, debido a que el 69% de viviendas y el 83% de comercios tiran la basura en los diferentes botaderos clandestinos existentes en la comunidad.

Por otra parte, el 15% de viviendas la reutilizan enterrándola y aprovechándola como abono natural, mientras que el 16% de viviendas y el 10% de comercios la incineran.

**Tabla II. Disposición final de la basura en el municipio de Santa María de Jesús**

FRECUENCIA	DOMICILIAR	COMERCIAL
PORCENTAJE TOTAL	100%	100%
TIRAN EN BOTADEROS	69%	90%
LA REUTILIZAN	15%	0%
LA INCINERAN	16%	10%

### **3.2 Caracterización de los residuos sólidos**

#### **3.2.1 Definición**

Los residuos sólidos son aquellos que incluyen basura doméstica y otros materiales sólidos descartados, como los de operaciones comerciales e industriales. En términos de residuos sólidos, la basura, comprende todos los residuos putrescibles, a excepción de las excretas humanas.

- a) Los desperdicios que resultan de la preparación y consumo de alimentos.
- b) Los desperdicios no putrescibles, como latas, papel, vidrio.
- c) Los cadáveres de animales domésticos.
- d) Los desechos producidos por la limpieza de calles y parques, tales como hojas de árboles, trozos de papel, polvo, etc.

#### **3.2.2 Toma de la muestra**

Para una población específica, en donde los estratos socioeconómicos son más homogéneos, la muestra debe representar un mínimo del 1% de la totalidad. Para efectos de este estudio, la toma de muestra se hizo repartiendo a los usuarios bolsas de polietileno de 0.755 metros de ancho por 0.87 metros de largo.

Se repartieron a 100 usuarios 2 bolsas de polietileno, y asimismo se les indicó que debían depositar en las mismas su basura de los siguientes 5 días, y que luego se recolectarían.

Se elaboró una encuesta donde se incluía la siguiente información:

- a) Número de personas que habitan en las viviendas o comercios
- b) Dirección de domicilio o comercio
- c) Medio de recolección que utilizan
- d) Disposición final que utilizan
- e) Frecuencia de recolección

Luego se trasladaron las bolsas a un lugar seleccionado de antemano.

### **3.2.3 Método del cuarteo**

Las bolsas recolectadas en la muestra se vacían, para formar un volumen que da aproximadamente de tres a cuatro metros cúbicos; se mezcla y se trata de obtener un compuesto de características homogéneas.

La muestra se divide en cuatro partes, y luego se procede de la siguiente manera:

- a) Se toman dos cuartas partes que queden opuestas y se unen para formar una media; esta operación se repite hasta lograr una muestra de 45.45 kilogramos.
- b) Se prepara un tonel de 100 litros de capacidad o un cajón de madera.
- c) Se pesa el medio tonel en una romana de pie o de colgar, y se mide su volumen.
- d) Se llena de basura el tonel, a 1/3 de su capacidad sin hacer presión, y con ésta cantidad se golpea en el suelo tres veces para reducir espacios vacíos. Luego se llena a 2/3 de su capacidad y se vuelve a golpear tres veces más. Nuevamente se llena en su totalidad y se pesa.
- e) Por la diferencia de pesos entre el tonel lleno y el tonel vacío (tara), se obtiene el peso de la basura.
- f) Se separan los componentes de esa muestra que se obtuvo de 45.45 kilogramos, y luego se clasifican de acuerdo con las siguientes características:
  - Materia orgánica (restos de alimentos, follaje, grama, etc.)
  - Papel y cartón
  - Plásticos
  - Metales
  - Vidrios
  - Diversos ( textiles, madera, caucho, hule, cuero, etc. )
  - Peligrosos (hipodérmicas, toallas sanitarias, insecticidas, pañales desechables, frascos de medicina o contenidos químicos, etc.)



**Tabla III. Resultados en porcentaje de los residuos orgánicos e inorgánicos del municipio de Santa María de Jesús**

DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE	
	DOMICILIAR	COMERCIAL
MUESTRA	100%	100%
ORGÁNICO	78%	60%
INORGÁNICO	22%	40%

**Tabla IV. Resultados en porcentaje de los residuos inorgánicos del municipio de Santa María de Jesús**

DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE	
	DOMICILIAR	COMERCIAL
PAPEL	5%	16%
PLÁSTICO	10%	8%
VIDRIO	2%	10%
METAL	2.50%	5%
DIVERSOS	2.50%	1%

### **3.2.4 Peso específico**

El peso específico de la basura puede variar entre 150 a 500 Kg/Mts<sup>3</sup>, que es un dato extraído del manuales y puede considerarse en dos aspectos:

- a) Desechos sólidos naturales no comprimidos: seco y húmedo.
- b) Desechos sólidos naturales comprimidos: seco y húmedo.

### 3.2.5 Propiedades

Para efectuar una buena caracterización de los residuos sólidos, es necesario conocer sus propiedades:

- a) Propiedades físicas: peso, peso específico, poder calorífico, olor, densidad y humedad.
- b) Propiedades químicas: contenido de hidrógeno, carbono, nitrógeno, fósforo, potasio, materia combustible y materia orgánica.
- c) Propiedades biológicas: debido a la temperatura, humedad y nutrientes proteicos, que contienen los residuos sólidos orgánicos, se favorece el crecimiento de microorganismos, así como la proliferación y desarrollo de roedores.

### 3.3 Composición de los residuos sólidos

Los residuos sólidos se clasifican, según el tipo, calidad y cantidad, y así se puede decir que los residuos sólidos están compuestos de materia orgánica y materia inorgánica, y éstos a su vez pueden estar formados de papel, vidrio, madera, metales, etc.

### 3.3 Producción per cápita de desechos sólidos ( P.P. )

Este es factor muy importante de conocer, y es la cantidad promedio en peso de desechos sólidos, producida por persona en un día.

$$\text{P.P.} = \text{Peso de basura diario} / \text{cantidad de habitantes}$$

El peso diario de la basura en el municipio de Santa María de Jesús, según el muestreo realizado, es de 29.55 kilogramos / día, y la producción per cápita por día se estima en:

$$\text{P.P.} = \frac{29.55 \text{ kilogramos} / \text{día}}{129 \text{ habitantes}}$$

$$\text{P.P.} = 0.23 \text{ kilogramos} / \text{hab} / \text{día}$$

### 3.4 Densidad de los desechos sólidos

De los resultados obtenidos de los pesos y los volúmenes de la muestra representativa, dentro del municipio de Santa María de Jesús, se tomó el promedio para determinar la densidad de la basura, la cual se obtuvo por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad} = \text{Peso} / \text{volumen}$$

$$\text{Densidad} = 12.04 \text{ kilogramos} / 0.0367 \text{ mts}^3$$

$$\text{Densidad} = 328.21 \text{ kilogramos} / \text{mt}^3$$

Para la obtención de los datos promedio de peso, porcentaje y densidad, se utilizó un recipiente cilíndrico con dimensiones 0.405 metros de diámetro y una altura de 0.285 metros, con un peso de 1.14 kilogramos y un volumen de 0.0367metros<sup>3</sup>.

Se realizó un cálculo estimativo de la generación de los residuos sólidos para los años siguientes, estimando la población futura con base en la fórmula de crecimiento geométrico:

$$P_o = N * ( 1 + i )^n$$

**Tabla V. Resultados de la generación de desechos sólidos en m<sup>3</sup>/año en el municipio de Santa María de Jesús**

<b>AÑO</b>	<b>No. DE HABITANTES</b>	<b>GENERACION EN M3/AÑO</b>
2000	13908	3543
2001	14339	3653
2002	14784	3766
2003	15242	3883
2004	15714	4003
2005	16201	4127
2006	16704	4255
2007	17222	4387
2008	17755	4523
2009	18306	4663
2010	18873	4808

## 4. PROPUESTA DE DISEÑO DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE DESECHOS SÓLIDOS

### 4.1 RESIDUOS QUE SE VAN A RECOLECTAR

- a) Basura doméstica: básicamente debe ser recogida por los servicios de limpieza pública.
- b) Basura de pequeños establecimientos comerciales o industriales, que frecuentemente se retira junto con la basura doméstica.
- c) Animales muertos: deben ser recogidos separadamente, a menos que ese día haya servicio de recolección doméstica.
- d) Restos de trabajos de jardinería: las hojas, ramas pequeñas, arbustos y césped pueden o no ser retirados por los servicios de limpieza pública, tanto si provienen de jardines privados, como de parque o plazas. En el caso del municipio de Santa María de Jesús, en vista de que el servicio que se va a prestar es público, puede efectuarse en forma periódica, pero con frecuencias bajas, una vez cada quince días o bien, prestar la atención necesaria, previo a pedido de quien lo necesite.
- e) Escombros y residuos provenientes de trabajos de demolición o de construcción: en general, su retiro corresponde a las empresas que lo producen. Pequeñas cantidades pueden incluirse junto con los residuos que recoge la municipalidad.
- f) Residuos sólidos agropecuarios, que no se incluyen dentro de los que recogen los servicios de limpieza pública.
- g) Residuos hospitalarios: su recolección y disposición final requieren de precauciones especiales; se exige a menudo que se incineren, por lo que en general su manejo debe quedar a cargo de los propios hospitales, clínicas o laboratorios. Este tipo de residuos no debe incluirse dentro de los servicios de recolección ordinaria pública, pues constituyen un riesgo grave. En el caso específico del municipio de Santa María de Jesús, estos residuos son muy bien manejados, debido a que sólo se manejan materiales como papel, algodón, plástico y todo lo relacionado a material hipodérmico, y los recipientes de vidrio que contienen medicamentos son almacenados y luego recogidos por el personal encargado del Ministerio de Salud.
- h) Residuos voluminosos: aunque en nuestra sociedad es poco común observar este tipo de residuos, que esta compuesto por refrigeradores, muebles, automóviles, etc, la recolección se puede hacer a pedido del público y por unidad.

Debido a las características que presentan los desechos sólidos en el municipio de Santa María de Jesús, se recomienda la utilización de bolsas de polietileno, para poder así reducir en un porcentaje mayor, el tiempo de recolección; además se podrá evitar el derrame de residuos en el proceso de vaciado del recipiente al camión recolector. Esta forma brinda mejores condiciones de salubridad, tanto para la persona a la que se le ofrece el servicio, como para el que lo presta. Únicamente se tendría que agregar el costo que representa la compra de las bolsas.

## **4.2 Empresa de recolección**

La recolección de los residuos sólidos puede realizarse de dos formas: por medio de una empresa municipal, en la cual el servicio es administrado y prestado con recursos propios de la municipalidad, tal como es la propuesta para el municipio de Santa María de Jesús, o bien dar la concesión a las empresas recolectoras privadas para que presten el servicio.

Aunque la tendencia en la mayoría de los casos es la de utilizar empresas de recolección de tipo privado, por la carencia de recursos que sufren las municipalidades, para el caso, en el estudio del municipio de Santa María de Jesús, se recomienda la utilización del sistema de recolección por parte de la municipalidad, ya que se pueden obtener recursos del reciclaje del material que pueda ser utilizado para tal fin, como el papel, el vidrio, etc.

La recolección privada presenta una serie de ventajas y desventajas, de las cuales las principales son:

### **Ventajas:**

- El capital necesario es aportado por la empresa encargada de la recolección.
- La Municipalidad no tiene que preocuparse de obtener el financiamiento para poner en marcha el proyecto.
- Los costos quedan establecidos previamente, lo que facilita fijar las tarifas.

### **Desventajas:**

- La preocupación principal puede ser la obtención de utilidades mayores, y dejar el aspecto sanitario en un segundo plano.
- A los costos se tendrían que agregar las utilidades de la empresa.
- La Municipalidad tendría dificultad al exigir que haya un servicio con cobertura adecuada.
- Se requiere de una supervisión estricta sobre la empresa que preste el servicio.

Respecto a la recolección por medio de la administración municipal, se pueden mencionar las siguientes ventajas y desventajas:

### **Ventajas:**

- Debido a que el objetivo principal que se persigue es crear en los habitantes del municipio la necesidad de la utilización del sistema de recolección de desechos sólidos, la Municipalidad no buscará la obtención de mayores utilidades, sino la utilización correcta del sistema que se pondrá en marcha.
- La Municipalidad tendrá a su cargo el mantenimiento del equipo necesario, para obtener mejores resultados en la puesta en marcha del proyecto.
- La Municipalidad se encargará de establecer las tarifas de recolección, de acuerdo con la realidad económica de la comunidad.

### **Desventajas:**

- La obtención del financiamiento necesario para la compra y mantenimiento del equipo, que se utilizará en el proceso de recolección, tendrá que hacerse por medio de terceras personas u organizaciones que presten la colaboración necesaria en la elaboración de este tipo de proyectos.
- La administración municipal deberá disponer de suficiente personal encargado de la recolección y supervisión, para así poder garantizar una cobertura adecuada del servicio.

### **4.3 Punto de recolección**

La forma de recolección más adecuada es desde la banqueta, en donde los vecinos colocan sus recipientes con basura; en lo posible, poco antes del horario en que se proceda a la recolección de los desechos sólidos, y una vez recolectados, los mismos recipientes se vuelven a guardar. De esta manera, los tiempos de recolección se reducen y por consiguiente los costos de operación también se reducen.

Para los sectores de difícil acceso, se recomienda la modalidad de las estaciones de recolección, pero para esto requiere de mucha disciplina y cooperación por parte de los usuarios del servicio. Si estas condiciones no se llegan a conseguir, se observarán con frecuencia derrames de residuos en lugares cercanos a la estación de recolección, la cual creará condiciones de insalubridad y mal aspecto a los usuarios. Aunque es una forma de recolección por medio de la cual reducimos el tiempo de operación, no es un método recomendado en el presente estudio.

#### **4.4 Frecuencia de recolección**

La frecuencia de recolección depende de la cantidad de basura generada, de la composición de la misma y de las condiciones climáticas de la población que se va a servir.

Estos factores deben combinarse con las condiciones económicas de la población, ya que si la frecuencia de recolección se reduce, los costos de operación también se reducen.

En el estudio realizado en el municipio de Santa María de Jesús, según los resultados obtenidos en la caracterización de los residuos sólidos, el contenido de materia orgánica es muy elevado, y se debe de tomar en cuenta que este material comienza a descomponerse inmediatamente, por lo que hay producción de microorganismos en cantidades elevadas, y parte de los mismos pueden beneficiar la descomposición; el resto, la no descomposición. Estos microorganismos se reproducen en forma inmediata, según las condiciones climáticas, por lo que se recomienda realizar el proceso de recolección al menos una vez a la semana.

#### **4.5 Equipo**

El equipo que se va utilizar en la recolección se determinará en función del número de viviendas por servir, y para presente caso en estudio, será utilizado el recurso con que se cuenta, para así poder optimizarlo.

En la municipalidad de Santa María de Jesús, se cuenta con el siguiente equipo:

- Recurso humano con protección individual adecuada.
- Un camión recolector con una capacidad de 3 toneladas
- Carretillas de mano
- Palas
- Rastrillos
- Escobas

El número de viviendas que se va a servir es de 2008; los habitantes con que cuenta el municipio son 15,833; se estableció que existen 7.8 habitantes por cada una de las viviendas.

Con los datos obtenidos, se concluye que en cada vivienda hay una producción de 1.78 kilogramos por día. Si la recolección se realiza una vez por semana, se tendrá que cada vivienda estaría produciendo la cantidad de 12.5 kilogramos por semana. La densidad suelta de la basura en Santa María de Jesús es de 327.53 kilogramos por metro cúbico.

## 4.6 Rutas

Un servicio de recolección será eficiente, cuando se cumpla con las condiciones siguientes:

- Que se atienda a la población en forma sanitaria y con una frecuencia adecuada.
- Que se aproveche la capacidad de los recursos con que se cuenta.
- Que se disponga de un equipo de reserva, para efectuar su mantenimiento.
- Que se haga una optimización del recurso tiempo.

## 4.7 Reglas básicas para el diseño de rutas

- Los recorridos no deben de fragmentarse ni traslaparse; cada uno debe consistir en tramos que queden dentro de la misma área de recolección.
- El comienzo de una ruta debe de estar cerca del hangar (garage) y debe terminar cerca de lugar de la disposición de desechos sólidos.
- El diseño de rutas debe aumentar la distancia productiva, en relación con la distancia total.
- Hay que tratar de recoger simultáneamente ambos costados de la calle; sin embargo, cuando las calles son muy anchas, debe evitarse.
- En lugares con colinas o fuertes desniveles de terreno, el recorrido debe hacerse, desde la parte alta hacia la baja.
- Cuando en las calles existe demasiado tránsito de vehículos o personas, deberá hacerse la ruta en horas en que el mismo disminuye.
- En calles muy cortas o sin salida, es preferible que los camiones recolectores no entren, sino que el personal vaya a buscar la basura, ya que con esto se estará optimizando el tiempo.

Para el caso de Santa María de Jesús, se estará proponiendo que se recolecten los desechos simultáneamente en ambos costados de la calle. Se optimizará el tiempo contando con la colaboración de los vecinos, cuyos desechos se ubicarán en sus banquetas ( ver descripción de rutas en anexos 3,4,5 y 6 ).



## **5. COMPOSTAJE**

### **5.1 Definición de compost**

Es un abono orgánico, que resulta de la transformación de la mezcla de residuos orgánicos de origen vegetal y animal que han sido descompuestos bajo condiciones controladas. Es uno de los mejores fertilizantes para huertos y lo puede hacer toda persona, con la materia orgánica que tenga a su alcance. Este abono parece tierra húmeda y fértil, nunca quema las plantas, ni siquiera en tiempo de sequía.

El compost contiene los elementos nitrógeno, fósforo y potasio, que son los tres micronutrientes que refuerzan a las plantas. Contiene también muchos minerales como zinc, cobre y selenio, los cuales son indispensables en pequeñas cantidades para la fertilidad de la tierra e inclusive para la salud del hombre; sin embargo, hay que hacer notar que lo más importante es que el compost contenga humus.

La tierra rica en humus es sumamente suave y fácil de labrar; la pala entra sin mayor esfuerzo. Cuando llueve, no se forman charcos ni se pone lodoso, dado que la materia orgánica absorbe rápidamente el agua.

Los terrenos con alto contenido de humus se mantienen húmedos por más tiempo, y necesitan menor cantidad de agua de riego o de lluvia.

La tierra, rica en materia orgánica, atrae a las lombrices, que constantemente están aflojando la tierra y la voltean, a la vez que se logra un beneficio, cuando la fertilizan con su excremento.

### **Ventajas del uso del compost**

Una de las mayores ventajas que presenta la utilización del compost es de mejorar la estructura del suelo, al favorecer la formación y estabilización de los agregados, al modificar el espacio poroso del suelo, con lo cual se favorece el movimiento del agua y del aire, así como la penetración de las raíces.

Incrementa la retención de la humedad del suelo a casi el doble, para que las plantas toleren y resistan mejor las sequías.

Se logra una mayor retención de los nutrientes en el suelo. Además se libera progresivamente el nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio, boro, hierro y otros elementos, que son necesarios para el crecimiento de las plantas.

La principal ventaja, en cuanto a costos en el uso del compost, es que el mismo será producido en una planta que será manejada por la Municipalidad; cuenta con la colaboración de los vecinos, además de lograr una mayor retención de humedad en el suelo, y disminuye, de alguna forma, el uso del agua.

### **Característica del compost**

La característica química del compost depende de la cantidad y del tipo de insumos utilizados, así como de las condiciones ambientales que dominaron durante el proceso de descomposición.

Cuando se utilizan residuos orgánicos, provenientes de la actividad humana, se deberá tener en cuenta la presencia de elementos menores o pesados, que puedan afectar seriamente la calidad del compost, pues se ha observado que el contenido de elementos menores de cobre, zinc, boro, puede ser de 10 a 100 veces superior, que en el compost normal, lo cual puede provocar serios daños en el rendimiento y calidad de las plantas.

Las características físicas y biológicas del compost consisten en estar libre de patógenos, que es condición completamente diferente del material original, y de esa forma puede ser fácilmente manipulado y almacenado, y no tiene mal olor.

### **Etapas del proceso del compostaje**

Son tres las etapas que se verifican en el proceso del compostaje:

- Etapa inicial
- Etapa termólica
- Etapa de estabilización

#### **Etapa inicial**

Hay una descomposición de los compuestos solubles, que ocurre a menudo durante los primeros dos o tres días.

## **Etapa termólica**

Hay un incremento constante de la temperatura, como resultado de la intensa actividad biológica. Se puede llegar hasta un máximo aproximado de 70° a 80° grados centígrados, y puede durar desde algunas semanas hasta dos o tres meses.

En esta etapa, la mayor parte de la celulosa que contienen los residuos sólidos es degradada.

## **Etapa de estabilización**

Éste es el período en que la tasa de descomposición decrece y disminuye la temperatura, estabilizándose en valores próximos a los del medio ambiente. Luego se produce la recolonización del compost por los organismos, que no soportan el calor como las hormigas, lombrices, insectos, etc.

## **Utilización del compost**

Entre los principales usos que se le dan al compost, están:

- En la floricultura
- Como insumo para preparar mezclas de suelos
- Para camas utilizadas en la germinación de plantas

## **5.2 Descripción de los procesos de descomposición: aeróbico y anaeróbico**

Se define como aerobiosis la condición de la mayor parte de los organismos vivientes (aerobios), que tienen necesidad del oxígeno molecular para poder llevar a cabo los procesos de respiración, a través de los cuales obtienen la energía necesaria para la realización de todas sus funciones.

La anaerobiosis es, por el contrario, la condición de los organismos (anaerobios), que obtienen la energía necesaria para la realización de sus funciones, mediante un conjunto de complejas reacciones químicas (fermentación), que tienen lugar en ausencia de oxígeno.

Estos conceptos se utilizan también en la escala bioquímica, para indicar los procesos o reacciones que se producen en presencia del oxígeno, con consumo del mismo, o bien los realizados sin su concurso.

Los procesos de fermentación son producidos por microorganismos y pueden, por lo tanto, encuadrarse en el ciclo de la transformación de la materia en los procesos vitales.

Desde tiempos muy remotos, se conocen los fenómenos de la descomposición de materia orgánica de origen vegetal y animal, que recibieron el nombre de fermentación, putrefacción, enmohecimiento, etc.

En este tiempo, se sabe que a partir de estos procesos de degradación de la materia orgánica, los microorganismos obtienen la energía necesaria para el desarrollo de los procesos fisiológicos característicos de sus sistemas, así como los elementos necesarios para su anabolismo.

## **5.2 Análisis de cada uno de los procesos de descomposición aeróbico y anaeróbico**

Para el proceso de descomposición anaerobio, se necesita que la temperatura sea aproximadamente constante, que oscile entre los 30°C y 35°C, para mantener una temperatura constante de esa magnitud; se necesita de un equipo especial, por el volumen de residuos tan grande que se obtiene, y que se desean descomponer o transformar. Una forma puede ser enterrando la estructura que contiene los residuos, debido a que la temperatura a dos metros de profundidad es constante. El proceso de descomposición es afectado en el tiempo, y se demora.

## **5.3 Propuesta del proceso de descomposición de desechos sólidos**

Para nuestro caso, en el estudio del municipio de Santa María de Jesús, se recomienda la utilización de un proceso de descomposición aireado, en presencia de oxígeno, debido a la cantidad de desechos sólidos que se pretenden descomponer.

La recomendación de este método se hace con base en la comprobación de que los residuos orgánicos en el municipio representan un 69% del total, además de que se contará con la colaboración de los vecinos, en el sentido de que los residuos serán clasificados adecuadamente en orgánicos e inorgánicos, desde su generación en la casa, comercio u otro lugar, hasta su tratamiento en la planta o individualmente, para la obtención de compost.

Así también se recomienda este tipo de tratamiento, para evitar la producción de gases, por lo tanto, se eliminan los malos olores que se provocan durante el proceso de descomposición de los desechos sólidos orgánicos, y se crea un ambiente más higiénico y saludable en la planta de tratamiento. Con la utilización del método aireado en el tratamiento de los desechos sólidos, se puede garantizar el crecimiento de la mayor parte de los organismos vivientes, que necesitan del oxígeno molecular para poder llevar a cabo sus funciones y que además provocarán el aceleramiento del proceso de descomposición de los desechos, que se están tratando, luego de haber pasado por los procesos de clasificación, triturado, maduración, que son procesos que se describirán en el capítulo siguiente.

## **6. PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS PARA EL MUNICIPIO DE SANTA MARÍA DE JESÚS**

### **6.1 Descripción general de la propuesta**

#### **Eliminación del problema de la basura**

- Los residuos sólidos se componen de materia orgánica, papel, cartón, metal, plástico, vidrios, etc.
- Cada uno de estos residuos se consideró en primera instancia, que serán guardados por separado, y se acomodarán ordenadamente en bodegas que se construirán para este efecto, luego de que los mismos hayan sido reclasificados, para lo cual se pedirá la colaboración de los usuarios en la clasificación de cada uno de los residuos, en orgánicos e inorgánicos.

#### **Residuos sólidos inorgánicos**

- 1) Se generan y clasifican en el interior de las casas.
- 2) Se llevan de la casa, al centro de disposición final.
- 3) Se transportan del centro de disposición final a las industrias, con las cuales se comercializarán los sólidos reciclables, o bien se comercializarán dichos productos directamente en el sitio de disposición final.

#### **Residuos sólidos orgánicos**

- 1) Generación de residuos sólidos orgánicos por los usuarios
- 2) Recolección en la casa y transporte a la planta de tratamiento
- 3) Producción de compost, que puede ser en la planta o por enterramiento de parte del usuario individualmente
- 4) Comercialización y distribución del compost

### **6.2 Proceso de clasificación de los residuos sólidos**

Se consideró que la forma más adecuada, para poder clasificar los residuos sólidos, es la cooperación que pueda prestar la comunidad. Esto se hará informándoles que se utilizarán dos recipientes: uno para depositar todo lo concerniente a materia orgánica y el otro para depositar todo lo que es materia inorgánica, entendiéndose por materia orgánica, los desperdicios domésticos de la cocina y la comida no consumida.

En el terreno donde se ubicará la planta de tratamiento de residuos sólidos, se planificó una área destinada para la reclasificación de los residuos, debido a que por la falta de costumbre de hacer una clasificación adecuada de desechos, las personas podrían no utilizar los dos recipientes, como se describió anteriormente. Entonces se procederá a una reclasificación de los mismos ( ver descripción de planta acotada en anexo 7 plano 1 ).

En el caso del papel y el cartón, se consideró almacenarlo en una bodega tratando de no arrugarlo, para ocupar menor espacio. Las cajas o envases de cartón deberán cortarse, de tal manera de que formen el menor espacio posible. Este papel y cartón podrá ser reciclado.

Así podrá evitarse, de alguna manera, un daño irreversible a nuestro medio ambiente, ya que para la fabricación de papel y cartón, se necesita cortar muchos árboles, que constituye la materia prima utilizada para la elaboración de papel, y también se evitará la utilización del agua usada en forma tradicional para su fabricación, además del ahorro de energía que se necesitaría para su producción.

### **6.3 Proceso de lavado de residuos orgánicos**

Se planificó que parte del área donde se va a ser una reclasificación de los residuos sólidos se coloque una toma de agua potable, así como un drenaje, para que el mismo sea utilizado y así poder lavar el resto de materiales sólidos que lo necesiten.

El vidrio, por lo general, mayoritariamente consiste en envases que deberán lavarse y guardarse ordenadamente, para ocupar el menor espacio posible. No es conveniente romper los envases para ganar espacio, sino que se pueden guardar verticalmente, cuando no midan más de 0.30 metros de longitud, que es la medida básica de las botellas de gaseosas, licores y vinos; cuando las botellas sean más grandes, se deberán colocar de tal forma que ocupen el menor espacio posible, y así se podrá optimizar el área específica en cada una de las bodegas.

El metal de desecho doméstico consiste principalmente envases, de los cuales el 90% es de acero y el 10% restante de latas de aluminio. Para su clasificación, se deberán desprender las tapas y doblarlos, hasta convertirlas en una placa, que se colocará en el lugar previamente establecido, para que ocupe el menor espacio posible.

Los plásticos deberán lavarse antes de ser guardados en el lugar establecido, tanto el plástico de bolsas, como el plástico rígido de los envases.

Una de las formas de guardar el plástico rígido consiste en quitar el fondo de las botellas más grandes, para meter las más pequeñas dentro de éstas; de esta manera, en un espacio mínimo, se colocarán más botellas. Las bolsas plásticas serán acomodadas y apiladas. Los desechos diversos son de una producción menor en una vivienda, como pueden ser:

- Fragmentos de metal
- Zapatos viejos
- Madera
- Trapos
- Restos de cerámica

Estos son materiales que en general pueden ser reciclados. También se deben considerar, dentro de la clasificación de diversos, los materiales como las gasas con sangre, algodón y toallas sanitarias, que son de escasa producción en una vivienda, y pueden ser incinerados, teniendo el debido cuidado de no producir problemas de contaminación.

Los materiales diversos, entre los cuales se encuentran los peligrosos, representan un problema mínimo en Santa María de Jesús, debido a que son de muy escasa producción.

En los cuatro centros de atención comunitaria, los mismos se encargan de incinerar los desechos hospitalarios. Hay pilas que son desecho químico.

### **6.3 Proceso de triturado o picado de residuos orgánicos**

La utilización de abonos de tipo orgánico, en sus diferentes formas, es una tecnología sencilla, de bajo costo y al alcance de muchas personas. Su aplicación permite obtener ventajas, como resolver problemas de la fertilidad del suelo, mejorar la capacidad de retención del agua y favorecer el desarrollo de las plantas.

Dentro del proceso de triturado o picado, que se realizará en una área seguida de las mesas de reclasificación de los residuos, se utilizarán machetes, rastrillos, escobas y palas, con la finalidad de homogeneizar el tamaño de las partículas y contribuir en la aceleración del proceso de descomposición.

El material ya triturado o picado será colocado en carretillas de mano, para poder depositar el mismo en las cámaras de compostaje, que miden 7.00 metros de ancho por 8.50 metros de largo, con una altura de 3.00 metros; la altura será de 2.50 metros, que deberá ser llenadas ( ver descripción de planta acotada anexo 7 plano 1 ).

Esto es para iniciar el proceso de descomposición, el cual será llevado a cabo por microorganismos que forman las colonias de bacterias que se encuentran en la basura.

Uno de los principales problemas de la basura es la producción de malos olores provocados por la producción de gases. Esto se debe a que se principia a generar el proceso de descomposición anaeróbica; para el caso específico del municipio de Santa María de Jesús, el problema quedará eliminado, por tratarse de un proceso totalmente aireado. Teóricamente no hay producción de gases, por lo tanto, se eliminan los malos olores.

En el proceso de descomposición aeróbico, la temperatura principia a incrementarse hasta llegar a mantenerse constante; llega a alcanzar entre 70° u 80° centígrados. A estas temperaturas, no es posible tener vida para roedores e insectos, con lo cual queda eliminado otro problema que pueda ocasionar la basura.

Existe un instante en que la tasa de descomposición decrece y disminuye la temperatura, estabilizándose en valores próximos a los del medio ambiente.

## **6.5 Proceso de descomposición, tratamiento de lixiviados**

Los residuos sólidos son arrojados generalmente en barrancos, lo que provoca la polución con materias en suspensión, la contaminación por humos debido a la continua quema de basura en los tiraderos, la proliferación de roedores e insectos, y la contaminación del subsuelo y mantos acuíferos.

Se realizará el tratamiento de líquidos lixiviados recolectándolos e introduciéndolos con los microorganismos arrastrados por el drenaje a las cámaras de compostaje, en uno de los volteos del material, con lo que se garantiza el incremento de la población de microorganismos y, por consiguiente, la aceleración del proceso.

Para el desvío de los líquidos lixiviados, las cámaras de compostaje estarán provistas de un sistema de drenaje sanitario, donde estarán colocadas rejillas a la misma cota del nivel de piso. El piso tendrá una pendiente del 2%, para facilitar el drenaje del líquido lixiviado ( ver anexo 12 plano 5 ).

La sección del drenaje sanitario será rectangular en todo el sistema, con un ancho de 0.25 metros y una altura variable. El sistema de drenaje tendrá una sección suficientemente amplia, debido a que será utilizado también como un sistema de aireación o ventilación, pues se colocarán tubos perforados en posición vertical, para facilitar la entrada de aire a la basura acumulada en estado de descomposición.



## **6.6 Proceso de maduración**

El primer volteo del material orgánico se realizará, cuando la temperatura principie a decrecer, aproximadamente entre 30 y 45 días. El segundo volteo, llevado a cabo en el proceso de maduración, será aproximadamente 30 días después del primero.

En cada volteo, la temperatura se eleva bruscamente, por la aceleración de la descomposición de las bacterias aerobias termófilas.

Esta temperatura no alcanza un valor muy alto, como al principio, debido a que cada vez que transcurre el tiempo existe menos material por descomponer.

Transcurrido aproximadamente un tiempo de 3 meses, desde la entrada de la materia orgánica picada, del primero y el segundo volteo, la descomposición ha terminado y queda en una fase de maduración. En esta etapa, se coloniza el compost por organismos y microorganismos, que no soportan las altas temperaturas, como las hormigas, lombrices e insectos, etc.

## **6.7 Proceso de secado, cribado o tamizado**

Seguido del paso de los desechos por las cámaras de compostaje, el material cae a la plataforma de maduración.

Pasados 30 días, se realiza un volteo más y el material se precipita a la plataforma de secado. En la plataforma de secado, el compost pierde la mayor parte de su humedad, hasta quedarse con un mínimo del 15%.

Estando el compost en la plataforma de secado, se realiza un volteo a la plataforma de cribado o tamizado, donde debe ser molido o desmenuzado el residuo grueso. Después de realizados los procesos anteriores, el producto es pasado a costales y luego a su respectiva bodega, para comercializarlo y utilizarlo.

## **6.8 Compost como estabilizador de suelos y abono orgánico**

El sistema para el manejo de residuos sólidos, que se implementará en el municipio de Santa María de Jesús, tiene por fin transformar los mismos en compost y que pueda ser utilizado en el campo como fertilizante orgánico y estabilizador físico de suelos.

Todo esto es debido a que se considera que el manejo ecológico del recurso suelo es el punto de partida para desarrollar una agricultura sustentable, tomando en cuenta los resultados ecológicos desfavorables, que ha provocado el uso irracional de los agroquímicos.

Existe la necesidad de difundir ampliamente la buena utilización de la variedad de recursos orgánicos, que no son utilizados; esto es por desconocimiento de sus bondades ecológicas y económicas.

## **7. DISEÑO**

### **7.1 Bases del diseño**

Debido a que se pudo determinar que los desechos sólidos del municipio de Santa María de Jesús tienen un alto contenido de materia orgánica, se tiene que la solución óptima, para el tratamiento de los mismos, es la creación de una planta de tratamiento, donde se produzca un abono orgánico (compost).

En base a los cálculos efectuados se tiene que la producción per cápita (P.P.) es de 0.23 kilogramos / hab / día, y que nuestra generación de desechos sólidos para el año 2010 será de 92.46 metros<sup>3</sup> por semana (4808 metros<sup>3</sup> al año), por lo que se concluye que se puede utilizar una cámara de 7.00 metros de ancho por 8.50 metros de largo, que se llena a una altura de 2.50 metros por semana (ver planos en anexo), luego se usa el procedimiento anteriormente descrito para la producción de abono orgánico (compost), y además se puede obtener un beneficio económico, al poder comercializar los desechos que pueden ser reciclados.

## PRESUPUESTO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS

### VI. Resumen de materiales del presupuesto de la planta de tratamiento de desechos sólidos, en el municipio de Santa María de Jesús, departamento de Sacatepéquez

Núm.	Descripción del material	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
1	Block 0.20x0.20x0.40 m	U	17,225.00	Q 4.05	Q 69,761.25
2	Block tipo " U " 0.20x0.20x0.40 m	U	2,904.00	Q 3.75	Q 10,890.00
3	Ladrillo tayuyo	U	1,000.00	Q 0.65	Q 650.00
4	Cemento	Saco	5,710.00	Q 34.20	Q 195,282.00
5	Arena	m3	400.00	Q 70.00	Q 28,000.00
6	Piedrin	m3	500.00	Q 126.00	Q 63,000.00
7	Hierro Núm. 2	Qq	70.00	Q 150.00	Q 10,500.00
8	Hierro Núm. 3	Qq	193.00	Q 137.80	Q 26,595.40
9	Alambre de amarre	Qq	25.00	Q 225.00	Q 5,625.00
10	Clavo 3"	Qq	5.00	Q 210.00	Q 1,050.00
11	Clavo 4"	Qq	7.00	Q 210.00	Q 1,470.00
12	Formaleta de madera	Pt	6,125.00	Q 3.00	Q 18,375.00
13	Fosa séptica 1,100 Lts.	U	2.00	Q 1,050.00	Q 2,100.00
14	Bomba hidroneumática 3/4	U	1.00	Q 2,700.00	Q 2,700.00
15	Sanitario	U	3.00	Q 350.00	Q 1,050.00
16	Lavamanos	U	6.00	Q 200.00	Q 1,200.00
17	Tubo p.v.c 6"	U	13.00	Q 247.70	Q 3,220.10
18	Tubo p.v.c 3/4"	U	5.00	Q 20.50	Q 102.50
19	Tubo p.v.c 1/2"	U	30.00	Q 14.00	Q 420.00
20	Tee p.v.c 6"	U	6.00	Q 102.50	Q 615.00
21	Tee p.v.c 1/2"	U	13.00	Q 1.40	Q 18.20
22	Codo p.v.c 1/2"	U	5.00	Q 1.00	Q 5.00
23	Reducidor p.v.c 3/4" a 1/2"	U	9.00	Q 1.16	Q 10.44
24	Llave de chorro 1/2"	U	9.00	Q 5.00	Q 45.00
25	Regadera cromada	U	3.00	Q 45.00	Q 135.00
26	Reposadera de bronce	U	3.00	Q 32.00	Q 96.00
27	Llave de paso 1/2"	U	2.00	Q 20.00	Q 40.00
28	Llave de paso 3/4"	U	1.00	Q 34.00	Q 34.00
29	Contador de agua 3/4"	U	1.00	Q 340.00	Q 340.00
30	Llave de cheque	U	1.00	Q 26.00	Q 26.00
31	Llave de compuerta	U	1.00	Q 22.35	Q 22.35
32	Cajas octogonales	U	34.00	Q 3.00	Q 102.00
33	Cajas rectangulares	U	25.00	Q 3.50	Q 87.50
34	Plafoneras	U	34.00	Q 5.00	Q 170.00
35	Rollos de polducto de 3/4	U	5.00	Q 100.00	Q 500.00
36	Rollos de alambre	U	64.00	Q 125.00	Q 8,000.00

37	Puerta de metal 1.10 x 2.10	U	7.00	Q 900.00	Q 6,300.00
38	Portón de metal 10.60 x 3.00	U	1.00	Q 15,000.00	Q 15,000.00
39	Portón de metal 20.00 x 3.00	U	1.00	Q 30,000.00	Q 30,000.00
40	Puertas de metal de 2.00 x 1.50	U	28.00	Q 1,200.00	Q 33,600.00
41	Rejilla protectora	U	1.00	Q 18,000.00	Q 18,000.00
42	Ventanas de 0.60 x 0.60	U	5.00	Q 200.00	Q 1,000.00
43	Ventanas de 1.90 x 100	U	2.00	Q 300.00	Q 600.00
44	Techo de estructura metálica	global	1.00	Q 393,597.50	Q 393,597.50
<b>TOTAL</b>					Q 950,335.24

**VII. Resumen de mano de obra del presupuesto de la planta de tratamiento de desechos sólidos, en el municipio de Santa María de Jesús, departamento de Sacatepéquez**

Núm.	Descripción del material	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
1	Movimiento de tierra	m3	2,500.00	Q 60.00	Q 150,000.00
2	Trazo y estaqueado	ml	630.00	Q 2.80	Q 1,764.00
3	Excavación	m3	252.00	Q 5.50	Q 1,386.00
4	Excavación de zapatas	m3	18.00	Q 11.70	Q 210.60
5	Armado cimientto corrido	ml	630.00	Q 4.50	Q 2,835.00
6	Eslabon de cimientto	u	3,150.00	Q 0.40	Q 1,260.00
7	Armado de zapata	ml	730.00	Q 1.75	Q 1,277.50
8	Armado de solera hidrófuga	ml	630.00	Q 0.70	Q 441.00
9	Estribo de solera hidrófuga	u	4,200.00	Q 0.75	Q 3,150.00
10	Armado de solera intermedia	ml	580.00	Q 0.70	Q 406.00
11	Estribo de solera intermedia	u	3,870.00	Q 0.75	Q 2,902.50
12	Armado de solera tipo U	ml	580.00	Q 0.70	Q 406.00
13	Eslabón de solera tipo U	u	3,870.00	Q 0.75	Q 2,902.50
14	Armado col. A	ml	1,780.00	Q 1.50	Q 2,670.00
15	Armado col. B	ml	647.00	Q 1.30	Q 841.10
16	Estribo col.A	u	2,964.00	Q 1.00	Q 2,964.00
17	Eslabón col. B	u	2,158.00	Q 0.80	Q 1,726.40
18	Centrado de cimientto	ml	630.00	Q 2.00	Q 1,260.00
19	Centrado de zapata	u	197.00	Q 4.00	Q 788.00
20	Centrado columna A	u	114.00	Q 9.00	Q 1,026.00
21	Centrado columna B	u	83.00	Q 8.00	Q 664.00
22	Formaleta columnas	ml	1,536.60	Q 9.00	Q 13,829.40
23	Formaleta soleras	ml	3,760.00	Q 6.00	Q 22,560.00
24	Desencofrado	ml	5,296.60	Q 0.15	Q 794.49
25	Fundición hacer y colocar	m3	695.00	Q 95.00	Q 66,025.00
26	Levantado de block	m2	1,325.00	Q 25.00	Q 33,125.00
27	levantado ladrillo tayuyo	ml	10.00	Q 100.00	Q 1,000.00
28	Caja de registro terminada	u	5.00	Q 75.00	Q 375.00
29	Cajas tipo sifón	u	12.00	Q 125.00	Q 1,500.00
30	Instalación fosa séptica	u	2.00	Q 120.00	Q 240.00
31	Instalaciones hidráulicas	global	1.00	Q 5,000.00	Q 5,000.00
32	Instalaciones sanitarias	global	1.00	Q 6,500.00	Q 6,500.00
33	Instalaciones eléctricas	global	1.00	Q 10,000.00	Q 10,000.00
34	Instalación de techo	global	12.00	Q 20,000.00	Q 240,000.00
<b>TOTAL</b>					Q 581,829.49

## 7.2 Integración del precio unitario

La integración del precio unitario de la planta de tratamiento de desechos sólidos se da la siguiente manera:

Total de materiales = Q 1,045,368.76

Subtotal de mano de obra = Q 581,829.49

Prestaciones (75%) = Q 436,372.12

Total de mano de obra y prestaciones = Q 1,018,201.61

Costo (mano de obra y materiales) = Q 2,063,570.37

Utilidades (30%) = Q 619,071.11

Total = Q 2,682,641.49

Costo unitario = Q 1,103.97

Utilizando la siguiente fórmula, se puede obtener el costo por habitante para el presente año:

Costo = costo del proyecto / (tiempo X número de habitantes)

Costo = Q 2,682,641.49 / (20 años) (15,242 habitantes)

Costo = Q 8.80 habitante / año

Si se divide el costo por habitante / año dentro de las toneladas anuales producidas por un habitante en el año 2003, se tiene el costo por tonelada de basura:

Costo por tonelada = (Q 8.80 hab. / año) / (0.08395 toneladas x habitante)

Costo por tonelada = Q 104.82

### 7.3 Costo de uniforme y equipo

A los trabajadores de la planta de tratamiento se les proporcionará cada 6 meses el siguiente equipo para su protección, además del equipo manual necesario, para la realización de sus labores:

**Tabla VIII. Resumen del uniforme y del equipo que se va a utilizar en la planta de tratamiento del municipio de Santa María de Jesús**

No.	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio Unit.	Sub-total
1	Botas de hule	u	15	Q 50.00	Q 750.00
2	Guantes de hule	u	15	Q 25.00	Q 375.00
3	Carretas	u	7	Q 150.00	Q 1,050.00
4	Palas	u	15	Q 40.00	Q 600.00
5	Azadones	u	15	Q 50.00	Q 750.00
6	Rastrillos	u	15	Q 25.00	Q 375.00
7	Machetes	u	15	Q 75.00	Q 1,125.00
Total					Q 5,025.00

### 7.4 Gastos de operación y mantenimiento

Los gastos de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de desechos sólidos serán:

a. 1 ingeniero supervisor	Q 5,000.00	Q 5,000.00
b. 4 oficinistas	Q 1,300.00	Q 5,200.00
c. 1 guardián	Q 1,000.00	Q 1,000.00
d. 15 operarios	Q 850.00	Q 12,750.00
Total (mensual)		Q 23,950.00

El mantenimiento se puede obtener como el 10% de los gastos de operación, por lo que el mismo tendrá un valor de:

$$\text{Mantenimiento} = \text{Q } 23,950.00 \times 0.10$$

$$\text{Mantenimiento} = \text{Q } 2,395.00 \text{ mensual}$$



## CONCLUSIONES

1. Una disposición adecuada de los desechos sólidos (basura) disminuye los riesgos de enfermedades.
2. La solución, que se le puede dar al problema de los desechos sólidos en el municipio de Santa María de Jesús, es un tratamiento, por medio del cual se puede obtener beneficios con la reutilización de los mismos; esto es debido al alto contenido de materia orgánica que poseen los residuos y, por otra parte, que el material inorgánico saldrá limpio para su proceso de reciclaje.
3. Una adecuada separación de los materiales orgánicos e inorgánicos favorecerán la aireación interna del material, la labor aeróbica de los microorganismos, la ausencia de malos olores y, por consiguiente, la aceleración del proceso de transformación del proceso de material orgánico en compost.

## RECOMENDACIONES

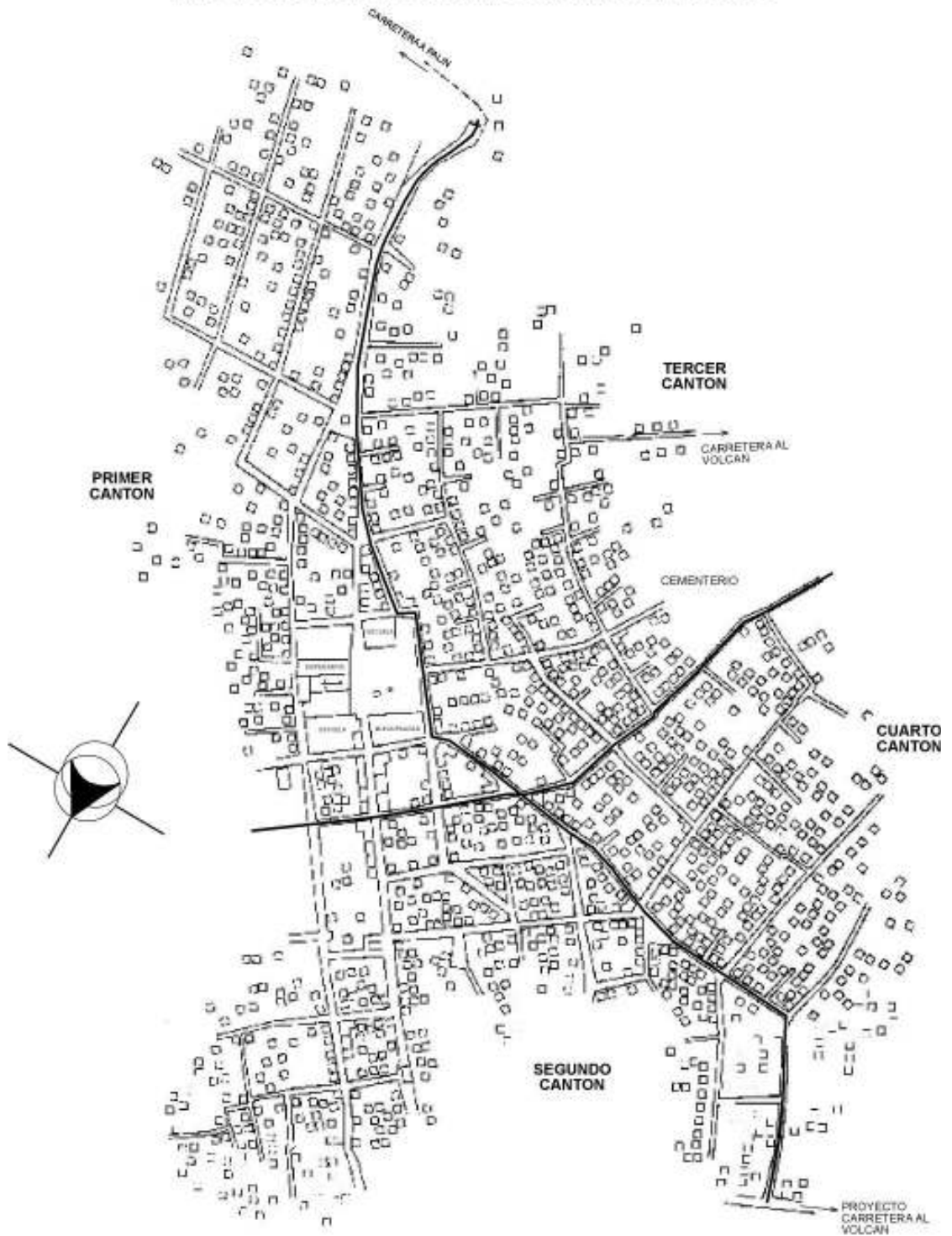
1. Debido a que en el municipio de Santa María de Jesús del departamento de Sacatepéquez no tiene una adecuada disposición de los desechos sólidos, se hace necesaria la implementación de un sistema de recolección y disposición final de desechos sólidos.
2. Se recomienda que las partículas, que resulten del proceso de picado o triturado sean pequeñas y lo más homogéneo posible, para facilitar la aceleración de la descomposición del material orgánico.
3. Se recomienda capacitar constantemente al personal que estará laborando en la planta de tratamiento de desechos sólidos, acerca de los diferentes procesos que se llevarán a cabo en la misma.
4. Es conveniente crear campañas educativas y de información, en las cuales se promueva una eficiente educación sanitaria.

## BIBLIOGRAFÍA

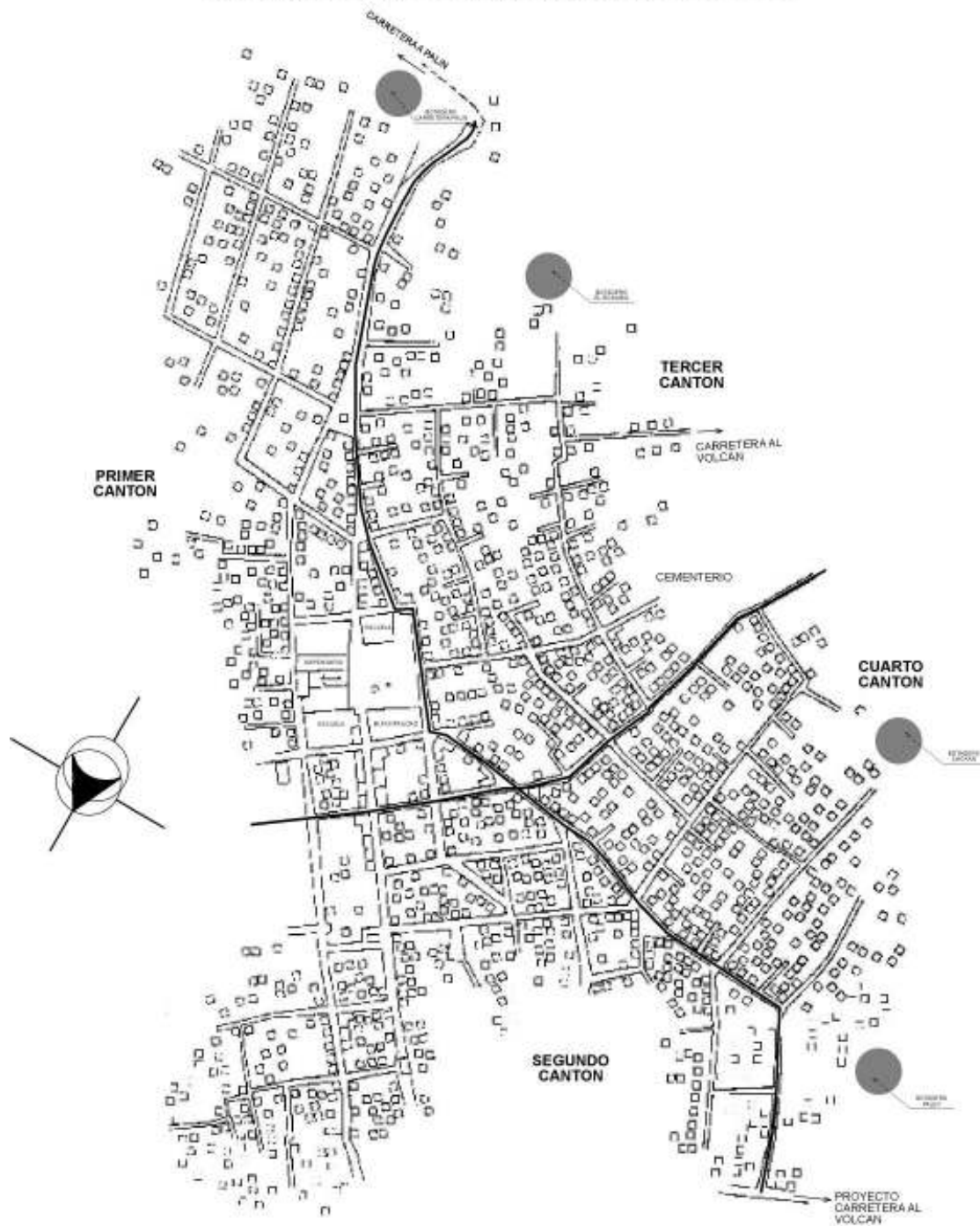
1. BERGANZA, Mauricio. **Manual de basura**. Instituto de Fomento Municipal. Guatemala, 1987.
2. CASO, Deffis Armando. **La casa ecológica autosuficiente para climas cálido y tropical**. Editorial Concepto S.A. México, 1988.
3. DOMÍNGUEZ, Viccelda y Franco Noriel. **Manejo integral de los desechos sólidos en San Lucas Sacatepéquez**. Estudio especial. Guatemala, 1996.
4. GÁLVEZ, Von Collas. **Manual de instrucción sobre recolección de residuos sólidos**. Programa Regional OPS/ENP/CEPIS, 1981 y 1982.
5. GUERRERO, Juan. **Abonos orgánicos, tecnología para el manejo ecológico de los suelos**. Perú, 1993.
6. MORENO, Julio. **Estudio de recolección y disposición de los desechos sólidos del municipio de Sumpango, Sacatepéquez**. Estudio especial. Guatemala, 1991.
7. MUNICIPALIDAD, de Guatemala/BID. **Estudio de plan de recolección y tratamiento final de desechos sólidos**. Guatemala, 1976.
8. TAY, José Manuel. **Evaluación preliminar del proceso de compostamiento en la planta de tratamiento Alameda Norte**. Estudio especial. Guatemala, 1984.
9. TCHOBANOGLIOUS, George y Theisen Hilary. **Gestión integral de residuos sólidos**. Mc Graw Hill, Vol. I y II, México, 1980.
10. UNDA, Opazo y Salinas Cordero. **Ingeniería sanitaria aplicada a saneamiento y salud pública**. Editorial Uteha. México, 1969.

## **ANEXOS**

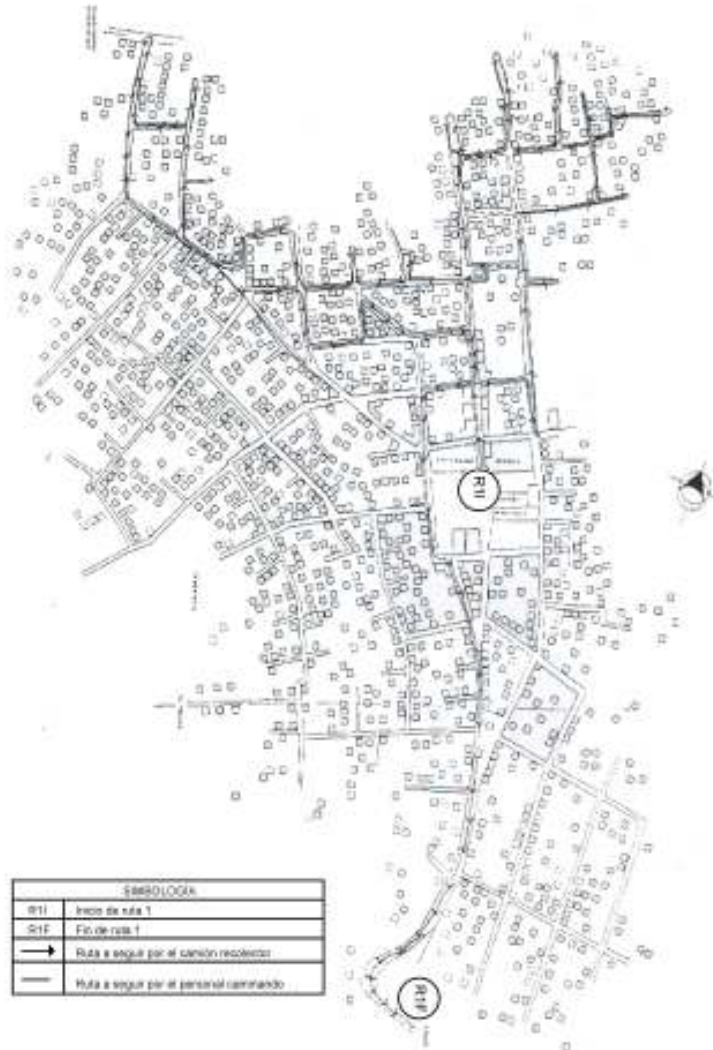
# IDENTIFICACION DE LOS CANTONES EN EL MUNICIPIO DE SANTA MARIA DE JESUS



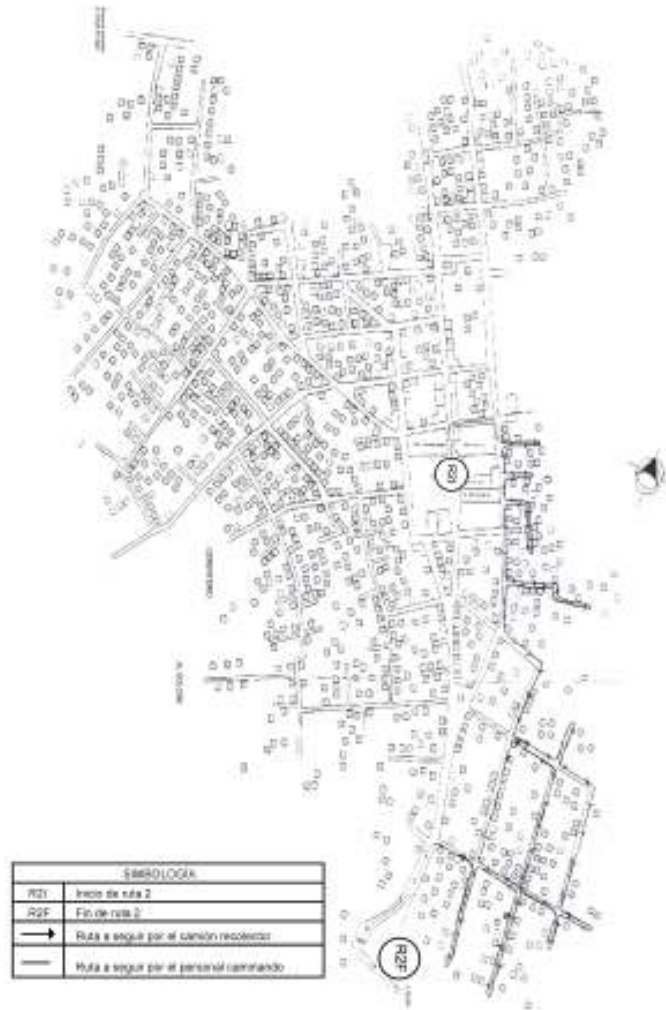
## UBICACION DE LOS PRINCIPALES BOTADEROS EN EL MUNICIPIO DE SANTA MARIA DE JESUS



**Figura 4. Descripción de rutas del camión recolector en el municipio de Santa María de Jesús**



**Figura 5. Descripción de rutas del camión recolector en el municipio de Santa María de Jesús**





**Figura 6. Descripción de rutas del camión recolector en el municipio de Santa María de Jesús**



**Figura 7. Descripción de rutas del camión recolector en el municipio de Santa María de Jesús**



