



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

**CARACTERIZACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES EN EL BARRIO VILLA
CONCEPCIÓN SANTA ELENA DE LA CRUZ, MUNICIPIO DE FLORES, PETÉN**

Pablo Josue Zetina Trujillo

Asesorado por el Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa

Guatemala, agosto de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARACTERIZACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES EN EL BARRIO VILLA
CONCEPCIÓN SANTA ELENA DE LA CRUZ, MUNICIPIO DE FLORES, PETÉN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

PABLO JOSUE ZETINA TRUJILLO

ASESORADO POR EL ING. RAFAEL ENRIQUE MORALES OCHOA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Jorge Alberto Martínez Cruz
EXAMINADOR	Ing. Dennis Salvador Argueta Mayorga
EXAMINADOR	Ing. Andy Williams Alonzo Vásquez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

CARACTERIZACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES EN EL BARRIO VILLA CONCEPCIÓN SANTA ELENA DE LA CRUZ, MUNICIPIO DE FLORES, PETÉN

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 3 de octubre de 2016.

Pablo Josue Zetina Trujillo

Guatemala,
11 de mayo de 2017

Ingeniero
Luis Manuel Sandoval Mendoza
Coordinador del Departamento de Hidráulica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

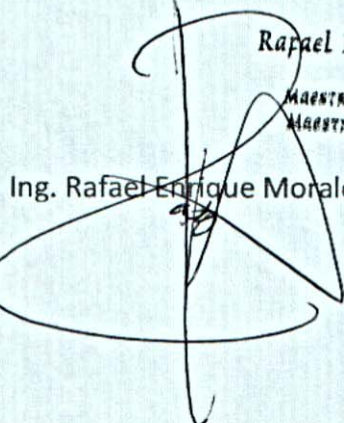
Estimado ingeniero Sandoval

Le informo que he revisado el trabajo de graduación CARACTERIZACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES EN EL BARRIO VILLA CONCEPCIÓN SANTA ELENA DE LA CRUZ, MUNICIPIO DE FLORES, PETÉN, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Pablo Josue Zetina Trujillo, con carne No. 200815343 quien contó con la asesoría del Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa.

Considero que este trabajo está bien desarrollado y representa un aporte para el departamento y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el tramite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Rafael Enrique Morales Ochoa
Ingeniero Civil
Maestría en Ingeniería Sanitaria
Maestría en Energía y Ambiente
Col. 2,662
Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa



USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala,
 21 de julio de 2017

Ingeniero
 Hugo Leonel Montenegro Franco
 Director Escuela Ingeniería Civil
 Facultad de Ingeniería
 Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **CARACTERIZACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES EN EL BARRIO VILLA CONCEPCIÓN SANTA ELENA DE LA CRUZ, MUNICIPIO DE FLORES, PETÉN**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Pablo Josue Zetina Trujillo, quien contó con la asesoría del Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa.

Considero que este trabajo está bien desarrollado y representa un aporte para el departamento y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
 HIDRAULICA
USAC

Ing. Luis Manuel Sandoval Mendoza
 Jefe del Departamento de Hidráulica

/bbdeb



Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua




USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa y Coordinador del Departamento de Hidráulica Ing. Luis Manuel Sandoval Mendoza, al trabajo de graduación del estudiante Pablo Josue Zetina Trujillo CARACTERIZACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES EN EL BARRIO VILLA CONCEPCIÓN SANTA ELENA DE LA CRUZ, MUNICIPIO DE FLORES, PETÉN da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, agosto 2017

/mmm.



Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua



Ref.DTG.D.364.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **CARACTERIZACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES EN EL BARRIO VILLA CONCEPCIÓN SANTA ELENA DE LA CRUZ, MUNICIPIO DE FLORES, PETÉN**, presentado por el estudiante universitario: **Pablo Josue Zetina Trujillo**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, agosto de 2017



/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser mi guía en la vida y permitirme cumplir mis metas.
- Mis padres** Mario Francisco Zetina Puga y Carmen Aurora Trujillo de Zetina por su gran amor, apoyo, ejemplo y dedicación.
- Mis hermanos** Mario Fernando Zetina Trujillo y Laury Susel Zetina Trujillo por su apoyo, ejemplo y amor.
- Mis abuelos** Augusto Fernando Trujillo (q. e. p. d.), Laura Ineco, Mario Waldemar Zetina Góngora (q. e. p. d.), Ramona Puga (q. e. p. d.), por su cariño y ejemplo.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser una importante influencia en mi carrera, darme la oportunidad de abrirme sus puertas y poder cursar mi carrera.
Facultad de Ingeniería	Por ser parte de mi formación como ingeniero y brindarme todo los recursos durante mi carrera.
A toda mi familia	Por su cariño.
Mis amigos	Por su amistad y aprecio.
Mi asesor	Por su apoyo en el desarrollo de mi tema de tesis.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. CONCEPTOS GENERALES Y CONCEPTOS DE LA GESTIÓN AMBIENTAL SEGÚN EL MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES, MARN.....	1
1.1. Medio ambiente.....	1
1.2. Gestión ambiental.....	2
1.2.1. Marco político y legal para la gestión ambiental en Guatemala.....	2
1.2.2. Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente.....	3
1.3. Sistema de gestión ambiental.....	4
1.3.1. Características y requisitos básicos del sistema de gestión ambiental.....	5
1.4. Sistema hídrico.....	6
1.4.1. Principales causas de la contaminación del agua.....	7
1.5. Sistema atmosférico.....	8
1.6. Sistema lítico.....	9
1.6.1. Producción minera e hidrocarburos.....	9
1.7. Sistema edáfico.....	10

1.7.1.	La erosión del suelo	11
1.8.	Sistema biótico.....	12
1.8.1.	Marco institucional, legal y político	13
1.9.	Residuos sólidos	14
1.10.	Clasificación de los residuos sólidos	15
1.10.1.	Según su origen	15
1.10.2.	Según su composición	17
1.11.	Riesgos de los residuos sólidos en la calidad de la salud humana	18
2.	MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	19
2.1.	Recolección y transporte.....	19
2.2.	Reducir.....	19
2.3.	Reusar o reutilizar	20
2.4.	Reciclar	20
2.5.	Compostaje	20
2.6.	Disposición final	21
2.6.1.	Relleno sanitario.....	21
2.6.1.1.	Tipos de relleno sanitario.....	21
2.6.1.2.	Reacciones que se generan en un relleno sanitario	23
2.6.2.	Vertedero controlado	24
2.7.	Aspectos legales del manejo de los residuos sólidos en Guatemala	25
2.7.1.	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social: Reglamento para el manejo de desechos sólidos hospitalarios, Acuerdo Gubernativo No. 509-2001	25

2.7.2.	Código de Salud, Decreto 90-97 del Congreso de la República de Guatemala	26
2.7.3.	Congreso de la República de Guatemala: Decreto No. 12-2002, Código Municipal.....	27
3.	MONOGRAFÍA DEL LUGAR.....	29
3.1.	Antecedentes del lugar	29
3.2.	Ubicación y localización.....	34
3.3.	Límites y colindancias.....	37
3.4.	Clima	37
3.5.	Demografía.....	38
3.6.	Población.....	38
3.7.	Servicios básicos	39
3.7.1.	Educación	39
3.7.2.	Salud	40
3.7.3.	Agua	40
3.7.4.	Energía eléctrica	40
3.8.	Economía	41
4.	CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES	43
4.1.	Metodología.....	43
4.1.1.	Estudio mediante encuestas	46
4.1.2.	Determinación del peso	46
4.1.3.	Determinación del volumen.....	47
4.1.4.	Determinación de la densidad.....	48
4.1.5.	Determinación del porcentaje de humedad	48

4.2.	Determinación de la producción per cápita (PPC) de desechos sólidos del barrio Villa Concepción Santa Elena de la Cruz, Petén	49
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	51
5.1.	Resultado de encuesta.....	51
5.2.	Resultados del peso.....	52
5.3.	Resultados del peso y porcentajes de la composición física de los desechos sólidos domiciliarios.....	53
5.4.	Resultados del volumen de los desechos sólidos domiciliarios	55
5.5.	Resultados de la densidad	57
5.6.	Resultado del porcentaje de humedad	57
5.7.	Resultado de la producción per cápita de los desechos sólidos del barrio Villa Concepción Santa Elena de la Cruz, Petén	58
5.8.	Propuesta de manejo, control y tratamiento de los desechos sólidos en el barrio Villa Concepción Santa Elena de la Cruz, Petén	60
5.8.1.	Recolección.....	60
5.8.2.	Reducción	61
5.8.3.	Reutilización	61
5.8.4.	Reciclaje.....	62
5.8.4.1.	Residuos sólidos orgánicos	63
5.8.4.1.1.	Fases del compostaje ...	63
5.8.4.1.2.	Parámetros de proceso.....	64
5.8.4.1.3.	Métodos de compostaje	64

5.8.4.2.	Residuos sólidos inorgánicos	66
5.8.4.2.1.	Reciclaje del plástico	66
5.8.4.2.2.	Reciclaje de papel y cartón	68
5.8.4.2.3.	Reciclaje de aluminio	69
5.8.4.2.4.	Reciclaje de vidrio	70
5.8.4.3.	Relleno sanitario	71
5.8.4.3.1.	Método de trinchera o zanja	74
CONCLUSIONES		77
RECOMENDACIONES		79
BIBLIOGRAFÍA		81
APÉNDICES		87

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Barrio Villa Concepción Santa Elena, de la Cruz.....	32
2.	Estado actual del vertedero municipal.....	33
3.	Localización del municipio de Flores, Petén.....	35
4.	Localización Santa Elena de Cruz y barrio Villa Concepción.....	36
5.	Recolección de basura en vivienda.....	45
6.	Clasificación de los diferentes componentes de desechos sólidos domiciliarios.....	45
7.	Pesaje de bolsas con basura recolectada.....	47
8.	Porcentaje de los desechos sólidos según su composición.....	52
9.	Peso de diferentes componentes de desechos sólidos domiciliarios del barrio Villa Concepción Santa Elena de la Cruz, Flores, Petén.....	54
10.	Porcentajes de composición física de los desechos sólidos.....	55
11.	Diagrama proceso de reciclaje.....	63
12.	Esquema del método de trinchera o zanja.....	74

TABLAS

I.	Instrumentos de política que regulan los sistemas ambientales en Guatemala.....	4
II.	Legislación y políticas sectoriales asociadas al sistema biótico en Guatemala.....	13
III.	Ventajas y limitaciones del relleno sanitario.....	22
IV.	Peso de los desechos sólidos domiciliarios según su composición del barrio Villa Concepción Santa Elena de la Cruz, Flores, Petén.....	52

V.	Peso de los diferentes componentes de los desechos sólidos domiciliarios caracterizados.....	53
VI.	Porcentajes de los diferentes componentes de desechos sólidos domiciliarios.....	54
VII.	Volúmenes de desechos sólidos domiciliarios generados	56
VIII.	Densidades sueltas	57
IX.	Densidades compactadas.....	57
X.	Producción per cápita	58
XI.	Valor promedio de la producción per cápita	59
XII.	Clasificación de plásticos termoplásticos	67
XIII.	Clasificación de plásticos termoestables.....	68
XIV.	Criterios para el diseño de un relleno sanitario	73

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm³	Centímetro cúbico
°C	Grados centígrados
° ' "	Grados, minutos, segundos
g	Gramo
Hab	Habitante
Kg	Kilogramo
Km	Kilómetro
Km²	Kilómetro cuadrado
Km³	Kilometro cúbico
M³	Metro cúbico
()	Paréntesis
%	Porcentaje
Q	Quetzal
s.f.	Sin fecha

GLOSARIO

Aridificación	Es una evolución del paisaje hacia situaciones periódicas.
COCODE	Concejo Comunitario de Desarrollo.
Compost	Material de color negro resultante de la descomposición de los desechos sólidos orgánicos.
Diseminar	Expandir o esparcir sin orden en diferentes direcciones.
Hidrapulpado	Proceso de separación de los componentes de un material para ser reciclado.
Incineración	Quemado de los desechos sólidos orgánicos a altas temperaturas reduciendo su volumen y peso.
Lixiviado	Líquido que se filtra a través de los residuos sólidos en descomposición y que extrae materiales disueltos.
P + L	Producción más limpia.
PPC	Producción per cápita.

Proliferación	Reproducción o multiplicación de algún organismo vivo.
RSM	Residuos sólidos municipales.
SIGAP	Sistema de áreas protegidas.
Vectores	Organismos vivos que pueden transmitir enfermedades infecciosas entre personas, o de animales a personas.

RESUMEN

El departamento de Petén posee una gran riqueza en recursos naturales renovables y no renovables, recursos hídricos, como el Lago Petén Itzá, áreas protegidas y actividad turística.

Este trabajo de graduación se enfoca en un estudio de caracterización de desechos sólidos domiciliarios en el barrio Villa Concepción Santa Elena de la Cruz, Flores Petén, como aporte para elaborar un mejor plan de manejo y el diseño de un relleno sanitario para una buena disposición final de los desechos sólidos en el municipio de Flores Petén y municipios cercanos.

Así mismo, hace énfasis en la práctica de reciclaje, clasificación, separación y reutilización de los desechos sólidos de las viviendas para lograr minimizar la acumulación de grandes cantidades de basura sin ningún manejo y control adecuado antes de ser recolectados y llevados al lugar de disposición final.

Para la caracterización de los desechos sólidos domiciliarios se utiliza la metodología sencilla de análisis de residuos sólidos elaborada por el Dr. Sakurai Kunitoshi que utiliza lineamientos establecidos por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS).

OBJETIVOS

General

Realizar la Caracterización de desechos sólidos domiciliarios en el barrio Villa Concepción, Santa Elena de la Cruz, municipio de Flores, Petén.

Específicos

1. Identificar qué tipos de desechos sólidos domésticos recolectados en el barrio Villa Concepción Santa Elena de la Cruz Flores, Petén son utilizados para reciclaje.
2. Determinar peso, densidad y volumen de los desechos sólidos domiciliarios recolectados.
3. Determinar las formas más frecuentes en que se realiza la disposición final de los desechos sólidos domiciliarios en el barrio Villa Concepción Santa Elena de la Cruz Flores, Petén.
4. Generar una propuesta para una mejor disposición final de los desechos sólidos domiciliarios generados.

INTRODUCCIÓN

Los desechos sólidos, basura como comúnmente se les conoce, son aquellos materiales cuyo poseedor desecha y que se encuentran en estado sólido, semisólido, líquido o como gases contenidos en recipientes y que pueden ser susceptibles de recibir tratamiento o disposición final.

El presente trabajo de graduación tendrá como muestra la importancia de la separación, clasificación y buena disposición final de los desechos sólidos domiciliarios generados en el barrio Villa Concepción Santa Elena de la Cruz, municipio de Flores Petén.

El capítulo I presenta los conceptos relacionados con el medio ambiente, clasificación según su origen y composición de los residuos sólidos.

En el capítulo II se plantea el manejo de los residuos sólidos teniendo en cuenta la importancia del reciclaje, reutilización y disposición final de los residuos desechados.

El capítulo III brinda información y aspectos sobre el municipio de Flores, Petén, centra su análisis el barrio Villa Concepción Santa Elena de la Cruz, Flores, Petén.

El capítulo IV presenta el desarrollo de la caracterización y los datos obtenidos en el barrio Villa Concepción, Santa Elena de la Cruz, Flores, Petén la metodología para el estudio de caracterización y la encuesta realizada.

En el capítulo V se presenta el análisis de los resultados del estudio de la caracterización de desechos sólidos domiciliarios; se da una propuesta para una buena disposición final y manejo mediante el reciclaje y la reutilización de los desechos sólidos domiciliarios.

1. CONCEPTOS GENERALES Y CONCEPTOS DE LA GESTIÓN AMBIENTAL SEGÚN EL MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES, MARN

1.1. Medio ambiente

“El medio ambiente es el entorno biofísico natural de la sociedad y sus sucesivas transformaciones artificiales, así como su despliegue natural, especialmente del aire, energía solar, la tierra, flora, fauna, minerales y espacio; así como el medio ambiente construido por el hombre y de las interacciones ecológicas de estos elementos y con la sociedad”¹.

“Está constituido por elementos naturales: animales, plantas, agua, aire, suelo; y artificiales: casas, autopistas y puentes. También, existen elementos de naturaleza biológica porque se sabe que algunos componentes del ambiente tienen vida; sociocultural quiere decir que incluye aquellas cosas que son producto del hombre y que lo incluyen. Algunos creen que el ambiente es únicamente la naturaleza, pero no; el hombre también forma parte ya que un componente muy importante porque puede transformarlo más que cualquier otro ser del planeta y, por ende, se tiene una responsabilidad superior”².

En otras palabras, el medio ambiente es todo lo que rodea al ser humano el aire, el agua, los animales, los bosques, las montañas, las personas. Se establece por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 1972, que el 5 de junio de cada año, globalmente se celebra el Día Mundial del Medio Ambiente.

¹ SALAVERRIA REYES, Jorge. Haroldo. *Protección ambiental contra la contaminación por desechos sólidos utilizando tecnología apropiada en San Lucas Sacatepéquez*. p. 47.

² VELÁSQUEZ AGUIRRE, Ludvina María. *Estrategias de concientización ante el impacto ambiental de los desechos sólidos (basura) en el área metropolitana de la ciudad de Guatemala*. p. 39.

1.2. Gestión ambiental

“Es un conjunto de procesos, operaciones técnicas y actividades gerenciales que tienen como objetivo asegurar el desempeño ambiental en el proceso de evaluación, control, seguimiento y vigilancia ambiental como parte de las fases de planificación, ejecución y vida útil de los proyectos, obras, industrias o actividades que operen dentro de las normas legales, técnicas y ambientales requeridas por la ley”³.

1.2.1. Marco político y legal para la gestión ambiental en Guatemala

“La gestión del ambiente y la sostenibilidad del patrimonio natural se enmarcan en un contexto político estratégico que orienta el desarrollo sostenible del país, en donde las políticas públicas se articulan y coadyuvan al desarrollo humano como fin último del Estado, en cumplimiento de lo estipulado en la Constitución Política de la República de Guatemala.

Las respuestas de Guatemala en relación con el estado del ambiente se basan en la Constitución Política de la República de 1985 y en los tratados y convenios internacionales que Guatemala ha ratificado. La normativa ambiental regula aspectos relacionados con los sistemas hídrico, lítico, edáfico, biótico, atmosférico. Para algunos de estos sistemas existen normativas e instrumentos de política específicos, basados en la *Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente*, *la ley de áreas protegidas*, *la ley forestal* y otras leyes y reglamentos relacionados con los bienes naturales. Sin embargo, otros solamente son regulados de forma indirecta por medio de leyes referentes temas relacionados a cada sistema y en algunas ocasiones presentan vacíos, traslapes, duplicidad de competencias y dispersión temática y geográfica entre las instituciones que atienden la temática ambiental y de los bienes naturales

La Constitución Política de la República de Guatemala de 1985 sienta las bases jurídicas que determinan la estructura del Estado y las normas que lo rigen, siendo el fundamento del marco político y legal ambiental mediante los siguientes artículos.

- Artículos 60 y 61: declaran el patrimonio cultural y señalan que está bajo protección del Estado para preservar sus características.

³ Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental*. p.12.

- Artículo 64: declara de interés nacional la conservación, protección y mejoramiento del patrimonio natural y la creación de parques, reservas y refugios naturales.
- Artículos 95 y 96: declara que la salud es un bien público y todas las personas e instituciones están obligadas a velar por su conservación y restablecimiento; por ello el Estado debe controlar la calidad de productos alimenticios, farmacéuticos, químicos y los que puedan afectar la salud y bienestar de los habitantes; así como velar por el mejoramiento de las condiciones de saneamiento ambiental básico de las comunidades menos protegidas⁴.

1.2.2. Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente

El Decreto 68-86 regula la protección y mejoramiento del medio ambiente, así como el mantenimiento del equilibrio ecológico para mejorar la calidad de vida de los habitantes del país; sienta las bases del resto de la normativa ambiental y de los elementos de política derivados de la misma. Los objetivos específicos de esta ley abarcan la protección, conservación y mejoramiento de los bienes naturales del país, la prevención, regulación y control de las causas que originan el deterioro, la contaminación y mal uso de los sistemas ecológicos y la restauración del medio ambiente.

Según el artículo 13 del Decreto 68-86, el medio ambiente comprende los sistemas atmosférico (aire), hídrico (agua), lítico (rocas y minerales), edáfico (suelos), biótico (animales y plantas). Para cada uno de estos sistemas dispone la creación de reglamentos, mecanismos de control técnico y disposiciones que permitan velar por el mantenimiento del equilibrio ecológico y la calidad del medio ambiente para mejorar la calidad de vida de los habitantes del país.

“A partir del Decreto-Ley 68-86 del Congreso de la República de Guatemala, se creó la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), que luego se elevó a ministerio según el Decreto 90-2000. El MARN fue creado mediante el Decreto

⁴ Ibíd.

90-2000 que absorbió a la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Presidencia de la República creada en el mismo año como entidad rectora del medio ambiente y los bienes naturales creando la propuesta de *Ley para el manejo integrado de residuos sólidos; e impulsó el programa de cumplimiento legal ambiental*⁵.

Tabla I. **Instrumentos de política que regulan los sistemas ambientales en Guatemala**

Sistemas	Instrumento
Atmosférico	Sin normativo, para el monitoreo de la calidad del aire, la USAC emplea normas y criterios de la OMS.
Hídrico	Política y estrategia nacionales de gestión integrada de los recursos hídricos, Código de Salud, Código Municipal, normativos municipales y de varias instituciones, que incluyen OG (MARN, MAGA, MSPAS, MEM, INSIVUMEH, Instituto de Fomento Municipal -INFOM-, Instituto Nacional de Electrificación -INDE-, INAB, CONAP, EMPAGUA); universidades (USAC, UVG y URL), ONG, municipalidades, autoridades de cuenca y el sector privado.
Lítico	Ley de Minería y su reglamento.
Edáfico	<i>Ley del fondo de tierras, Ley de transformación agraria, Ley forestal y sus reglamentos, Ley reguladora de las áreas de reservas territoriales del Estado, Ley de minería del Ministerio de Energía y Minas y declaración de antigua para el manejo sostenible de tierras.</i>
Biótico	<i>Ley de áreas protegidas, Ley forestal y sus reglamentos, listas rojas de flora y fauna, leyes específicas que declaran áreas protegidas, política y agenda forestal, política de biodiversidad.</i>

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental*. p.12.

1.3. Sistema de gestión ambiental

“Ciclo continuado de planificación, implantación, revisión y mejoramiento de acciones que una organización considera forman parte de sus compromisos

⁵ Ibíd.

y obligaciones con respecto al medio ambiente, cuyo objetivo es hacer de los aspectos ambientales una prioridad para la organización y promover la administración ecológica en todos los niveles”⁶.

“Un sistema de gestión ambiental es la parte de la gestión de una organización empleada para desarrollar e implementar su política ambiental (intenciones generales de la organización con respecto al medio ambiente) mediante la gestión de los aspectos ambientales, es decir, las actividades de la organización que pueden interaccionar con el medio ambiente”⁷.

1.3.1. Características y requisitos básicos del sistema de gestión ambiental

“El sistema de gestión ambiental provee de métodos documentales y organizativos que permiten el cumplimiento de los requisitos legislativos y de los objetivos ambientales y mantener su cumplimiento a lo largo del tiempo, que promueve la mejora continua tanto de los aspectos ambientales como del propio sistema, mediante un proceso cíclico siguiendo las fases de planificación, implantación, operación y verificación. El sistema debería estar capacitado para:

- Establecer una política ambiental adecuada para la organización.
- Identificar los aspectos ambientales de su actividad.
- Identificar los requisitos legales y reglamentarios aplicables, como otros compromisos ambientales adquiridos por la organización.
- Fijar los objetivos y metas ambientales, viables, cuantificables y coherentes con la política ambiental.
- La política ambiental: documento público en el que se recoge el compromiso de la dirección para la gestión adecuada del medio ambiente. Normalmente suele consistir en una declaración pública de intenciones y principios de acción en relación con el medio ambiente.

⁶ COTTO STREAM, Arnaldo René. *Diseño de un sistema de gestión ambiental bajo normas ISO 14000 para una industria de colorantes de textiles*. p. 52.

⁷ Consejo de la juventud de España. *Guía medioambiental*. <http://www.cje.org/es/publicaciones/novedades/guia-medioambiental/>. Consulta: 14 de mayo de 2017.

- Planificación: la planificación del SGA se concreta en el programa de gestión ambiental. La elaboración de dicho programa debe tener en cuenta, además de la política ambiental, otros aspectos importantes que influyen en la actividad empresarial: la legislación, los compromisos adquiridos, la opinión de las partes interesadas o los condicionantes técnicos, operativos y económicos⁸.

1.4. Sistema hídrico

“La calidad del agua en general. La contaminación hídrica es la incorporación de materias extrañas al agua: microorganismos, productos químicos, residuos industriales y aguas residuales y servidas que deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para su uso. Contempla el aprovechamiento de las aguas de los lagos y ríos, especialmente para fines agrícolas, agropecuarios, turísticos o de otra naturaleza y para su utilización prioritaria al servicio de las comunidades y no de personas particulares, que obliga a los usuarios a reforestar sus riberas, cauces y lugares aledaños a fuentes de agua”⁹.

Artículo 15 de la *Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente*: el Gobierno velará por el mantenimiento de la cantidad del agua para el uso humano y otras actividades cuyo empleo sea indispensable, por lo que emitirá las disposiciones que sean necesarias y los reglamentos correspondientes para:

- Evaluar la calidad de las aguas y sus posibilidades de aprovechamiento, mediante análisis periódicos sobre sus características físicas, químicas y biológicas.
- Ejercer control para que el aprovechamiento y uso de las aguas no cause deterioro ambiental.

⁸ Ibíd.

⁹ MOTA BERREONDO, Brenda de Jesús. *La legislación ambiental de Guatemala*. p. 26.

- Revisar permanentemente los sistemas de disposición de aguas servidas o contaminadas para que cumplan con las normas de higiene y saneamiento ambiental y fijar los requisitos.
- Promover el uso integral y el manejo racional de cuencas hídricas, manantiales y fuentes de abastecimiento de aguas.
- Investigar y controlar cualquier causa o fuente de contaminación hídrica para asegurar la conservación de los ciclos biológicos y el normal desarrollo de las especies.
- Velar por la conservación de la flora, principalmente los bosques, para el mantenimiento y el equilibrio del sistema hídrico, promoviendo la inmediata reforestación de las cuencas lacustres, de ríos y manantiales.
- Prevenir, controlar y determinar los niveles de contaminación de los ríos, lagos y mares de Guatemala.
- Investigar, prevenir y controlar cualesquiera otras causas o fuentes de contaminación hídrica.

1.4.1. Principales causas de la contaminación del agua

“Cuando se habla de contaminación hídrica o del agua se hace referencia a la acción o al efecto de introducir materiales o inducir condiciones sobre el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con sus usos posteriores o sus servicios ambientales potenciales. Según el diagnóstico realizado por la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN) sobre la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) de Guatemala en 2006, la contaminación del agua en las distintas cuencas del país se debe a fuentes puntuales (aguas residuales

domésticas, industriales y agroindustriales) y no puntuales (erosión del suelo con agroquímicos durante los eventos de precipitación y escorrentía)¹⁰.

1.5. Sistema atmosférico

“Se refiere al aire y la calidad de la atmósfera. La contaminación atmosférica es la adición dañina a la atmósfera de gases tóxicos, principalmente de dióxido de carbono, u otros que afectan el normal desarrollo de plantas, animales y que afectan negativamente la salud de los humanos y se encargan de proporcionar una dinámica que interactúa con todos los elementos que lo componen, además de los factores climáticos, que son responsables de la consolidación del tiempo (condición temporal sobre el cambio climático) y el clima”¹¹.

Artículo 14 de la *Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente*: para prevenir la contaminación atmosférica y mantener la calidad del aire, el Gobierno, por medio de la presente ley, emitirá los reglamentos correspondientes y dictará las disposiciones que sean necesarias para:

- Promover el empleo de métodos adecuados para reducir las emisiones contaminantes.
- Promover en el ámbito nacional e internacional las acciones necesarias para proteger la calidad de la atmósfera.
- Regular las sustancias contaminantes que provoquen alteraciones inconvenientes de la atmósfera.
- Regular la existencia de lugares que provoquen emanaciones.

¹⁰ Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental*. p.15.

¹¹ MOTA BERREONDO, Brenda de Jesús. *La legislación ambiental de Guatemala*. p. 29.

- Regular la contaminación producida por el consumo de los diferentes energéticos.
- Establecer estaciones o redes de muestreo para detectar y localizar las fuentes de contaminación atmosférica.
- Investigar y controlar cualquier otra causa o fuente de contaminación atmosférica.

1.6. Sistema lítico

“El sistema lítico se refiere a las rocas y minerales. La contaminación al sistema lítico se da en las actividades de exploración o explotación.

Los efectos ocasionados en el medio ambiente por la explotación minera son: la destrucción irreversible de ambientes nativos en el área de explotación, alteración de paisajes, merma en la irregularidad hídrica y en la cantidad de agua disponible por año y por estación, contaminación del aire con sustancias químicas, contaminación sonora, contaminación superficial y subterránea del agua, contaminación del suelo¹².

1.6.1. Producción minera e hidrocarburos

“Aunque con un peso relativamente bajo en la estructura económica, la participación de la explotación de minas y canteras en el PIB (producto interno bruto) nacional creció entre 2003 y 2007 de 0,6 % a 1,4 %; crecimiento concentrado en los minerales metálicos. Tanto minerales como hidrocarburos, constituyen un problema en términos de la sostenibilidad del sistema, debido a la relación entre la actividad minera y los daños colaterales al ambiente y al poco beneficio que grupos sociales mencionan como derivado de las actividades extractivas. La explotación de hidrocarburos confronta un problema adicional y es el conflicto con zonas de áreas protegidas donde la explotación petrolera acarrea daños colaterales en términos de invasiones y destrucción de áreas boscosas como en el Parque Nacional Laguna del Tigre (PNLT) en Petén¹³.

¹² *Ibíd.*

¹³ Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental*. p.17.

Artículo 16 de la *Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente*: el Organismo Ejecutivo emitirá los reglamentos con:

- Los procesos capaces de producir deterioro en los sistemas lítico (o de las rocas y minerales), que provengan de actividades industriales, mineras, petroleras, agropecuarias, pesqueras u otras.
- La adecuada protección y explotación de los recursos minerales y combustibles fósiles y la adopción de normas de evaluación del impacto de estas explotaciones sobre el medio ambiente a efecto de prevenirlas o minimizarlas.
- La conservación, salinización, laterización, desertificación y aridificación del paisaje así como la pérdida de transformación de energía.
- Cualesquiera otras causas o procesos que puedan provocar deterioro de este sistema lítico.

1.7. Sistema edáfico

“El sistema edáfico se refiere a la calidad física, química y mineralógica del suelo y subsuelo, cambios en el uso del suelo o la superficie freática”¹⁴.

“Un suelo tarda muchos años en formarse. El tiempo depende de las características ambientales en que influyen factores en la formación del suelo como: factores climáticos, características de relieve, el tiempo de roca madre y actividad biológica”¹⁵.

¹⁴ MOTA BERREONDO, Brenda de Jesús. *La legislación ambiental de Guatemala*. p. 29.

¹⁵ Departamento de biología y geología del sistema edáfico. *El suelo*. http://www.iesae.com/documentos/biologiaTemarioCTMA/1305.EL_SISTEMA_EDAFICO.pdf. Consulta: 20 de mayo de 2017.

Artículo 17 de la *Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente*: el Organismo Ejecutivo emitirá los reglamentos con:

- Los procesos capaces de producir deterioro en el sistema edáfico (o de los suelos), que provengan de actividades industriales, mineras, petroleras, agropecuarias, pesqueras u otras.
- La descarga de cualquier tipo de sustancias que puedan alterar la calidad física, química o mineralógica del suelo o del subsuelo que le sean nocivas a la salud o a la vida humana, la flora, fauna y a los recursos o bienes.
- El deterioro cualitativo y cuantitativo de los suelos.
- Cualesquiera otras causas o procesos que puedan provocar deterioro de este sistema edáfico.

1.7.1. La erosión del suelo

“La erosión es el arranque de materiales por la acción de los agentes geológicos externos como lluvia y viento. Entre sus factores que influyen se encuentran:

- Inclinación de la pendiente
- Estado de la cubierta vegetal
- Tipo de terreno
- Arrancar la cubierta vegetal en suelos erosionables
- Construir carreteras disminuyendo la infiltración
- Ganadería extensiva
- Incendios forestales
- Calentamiento global del planeta
- Deterioro de ecosistemas fluviales”¹⁶

¹⁶ *Ibíd.*

1.8. Sistema biótico

“Se refiere a la conservación de la vida de los animales y plantas; flora y fauna nativa y exótica, incluyendo especies amenazadas y en peligro de extinción”¹⁷.

Artículo 17: de la *Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente*: para la conservación y protección de los sistemas bióticos (o de la vida para los animales y las plantas), el Organismo Ejecutivo emitirá los reglamentos relacionados con los aspectos siguientes:

- La protección de las especies o ejemplares animales o vegetales que corran peligro de extinción.
- La promoción del desarrollo y uso de métodos de conservación y aprovechamiento de la flora y fauna del país.
- El establecimiento de un sistema de áreas de conservación a fin de salvaguardar el patrimonio genético nacional, protegiendo y conservando los fenómenos geomorfológicos especiales, el paisaje, la flora y la fauna.
- La importación de especies vegetales y animales que deterioren el equilibrio biológico del país, y la exportación de especies únicas en vías de extinción.
- El comercio ilícito de especies consideradas en peligro.

¹⁷ MOTA BERREONDO, Brenda de Jesús. *La legislación ambiental de Guatemala*. p. 31.

- El velar por el cumplimiento de tratados y convenios internacionales relativos a la conservación del patrimonio natural.

“Guatemala cuenta con importante normativa vigente que regula la protección de la diversidad biológica con el fin de asegurar su conservación y uso sostenible, la entidad competente es el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), regido por la *Ley de áreas protegidas*, Decreto Número 4-89 del Congreso de la República de Guatemala, que tiene competencia nacional y facultades legales para la administración del aprovechamiento y uso racional de flora y fauna silvestre, y fundamentalmente a través de la promoción, dirección y coordinación del sistema de área protegidas [SIGAP]”¹⁸.

1.8.1. Marco institucional, legal y político

“La legislación vigente relacionada con diversos aspectos de la gestión del sistema biótico ha creado múltiples instituciones con diferentes atribuciones y funciones. Estas instituciones públicas deben administrar la aplicación de al menos 26 herramientas de política que afectan directa o indirectamente al sistema biótico, además de aproximadamente 1 200 herramientas legales, entre decretos, acuerdos gubernativos, resoluciones administrativas y otras normas vinculadas y de los más de 75 tratados ambientales internacionales. Entre las leyes y decretos que relaciona el sistema biótico se mencionan”¹⁹.

Tabla II. **Legislación y políticas sectoriales asociadas al sistema biótico en Guatemala**

Tema	Instrumento de política	Herramienta legal principal	Instituciones responsables
Recursos forestales	Política forestal	<i>Ley forestal</i> (Decreto 101-96) y su reglamento (Resolución 4.23.97)	MAGA, INAB, CONAP
Áreas protegidas y vida silvestre	Política nacional y estrategias para el desarrollo del SIGAP	<i>Ley de áreas protegidas</i> , y su reglamento (Acuerdo Gubernativo 759-90 y sus Reformas 263-92)	CONAP

¹⁸ *Ibíd.*

¹⁹ *Ibíd.*

Continuación de la tabla II.

Biodiversidad	Estrategia nacional de biodiversidad (ENB)	Convenio de diversidad biológica (Decreto 5-95)	CONAP, MARN
Medio ambiente	Agenda estratégica nacional de ambiente y recursos naturales	<i>Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente</i> (Decreto 68-86, <i>Ley de creación del MARN</i> (Decreto 90-2000) y su reglamento	MARN
Recurso hidrobiológico	Política para el desarrollo de los recursos hidrobiológicos	<i>Ley de pesca y acuicultura</i> (Decreto 80-2002)	MAGA (UNIPESCA, UPIE, UNR), CONAP, MARN
Agro	Política agraria y social	<i>Ley del organismo ejecutivo</i> (Decreto 114-97) y <i>Reglamento orgánico interno del MAGA</i> (Acuerdo Gubernativo 278 98)	MAGA

Fuente: elaboración propia.

1.9. Residuos sólidos

“Se consideran como residuos aquellos materiales cuyo poseedor desecha (ente generador de la población) y que se encuentra en estado sólido, semisólido, líquido o como gases contenidos en recipientes y que pueden ser susceptibles de recibir tratamiento o disposición final”²⁰.

Es decir, por definición propia, desechos o residuos sólidos es toda la basura que se genera de actividades realizadas por el ser humano u otras

²⁰ CASTILLO Manuel, HARDER U. *Gestión integral de residuos sólidos en regiones insulares*. p. 125.

actividades; se desecha lo no utilizado que se genera en grandes cantidades, formas y diversos riesgos para la salud del ser humano y el ambiente.

1.10. Clasificación de los residuos sólidos

Los residuos sólidos pueden clasificarse según la actividad que lo origine de la siguiente forma:

1.10.1. Según su origen

- “Domiciliares: son residuos sólidos orgánicos e inorgánicos que se generan en las viviendas por su composición y cantidad que están constituidos por residuos de comida, cáscaras de frutas, papel de todo tipo, suciedad proveniente del aseo en las casas, vidrio, plástico, cartón y residuos de jardín”²¹.
- “Industriales: se generan por actividades donde se procesan materiales como aceites, cenizas y materias primas como resultado de los procesos de producción, mantenimiento de equipo e instalaciones y tratamiento”²².
- “Comerciales: son los que se generan por actividades comerciales: tiendas, restaurantes, mercados, hoteles, cafeterías, oficinas, almacenes y ferreterías. Son esencialmente residuos de envases, excedentes de

²¹ DUARTE DÍAZ, Felipe Andrés. *Caracterización de los desechos sólidos del municipio San Antonio la Paz, departamento del progreso y propuesta para relleno sanitario*. p. 21.

²² VÁSQUEZ RODAS DE ESTRADA, Ivette Marilú. *Gestión de residuos domiciliarios en San Andrés Itzapa municipio de Chimaltenango*. p. 12.

mercancía sin valor económico, productos defectuosos, productos caducados”²³.

- “Los servicios municipales: son consecuencia del funcionamiento y mantenimiento de los centros municipales (limpieza de calles, playas, parques y otras partes de recreo)”²⁴.
- “Agrícolas: son aquellos generados de las actividades de crianza de animales, actividades forestales (árboles, escombros) y cosechas de cultivos”²⁵.
- “Trabajo de construcción y demolición: son aquellos que se derivan de la construcción, remodelación y arreglos de viviendas individuales, edificios comerciales y otras estructuras, construcción de nuevos edificios y de la producción de materiales de construcción”²⁶.
- En el Acuerdo gubernativo No. 509-2001 dice en cuanto a los servicios hospitalarios: son los desechos durante el desarrollo de sus actividades por los entes generadores: hospitales públicos o privados, sanatorios, laboratorios, bancos de sangre, centros clínicos, clínicas odontológicas, centros de maternidad, cualquier establecimiento donde se practiquen los

²³ VELÁSQUEZ AGUIRRE, Ludvina María. *Estrategias de concientización ante el impacto ambiental de los desechos sólidos (basura) en el área metropolitana de la ciudad de Guatemala*. p. 14.

²⁴ BERTOLINO, Ricardo; FOGWILL, Elizabeth, CHIDIAC Martina; Cinguangelis Santiago, Forgione, María Noelia. *Participación ciudadana y gestión integral de residuos*. p. 44.

²⁵ ÁNGEL ENRÍQUEZ, Teresa Alejandra. *Caracterización de residuos sólidos domiciliarios del condominio villas de la meseta, San Lucas Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez*. p. 11.

²⁶ DUARTE DÍAZ, Felipe Andrés. *Caracterización de los desechos sólidos del municipio San Antonio la Paz, departamento del progreso y propuesta para relleno sanitario*. p. 21.

niveles de atención humana o veterinaria, con fines de prevención, diagnóstico, tratamiento, recuperación y rehabilitación de la salud.

1.10.2. Según su composición

- “Los residuos orgánicos: son aquellos residuos biológicos que provienen de organismos vivos (hojas, cáscaras, hojas y residuos de alimentos) que pueden ser descompuestos por la acción natural del organismo como bacterias, hongos y lombrices.
- Los residuos inorgánicos: son aquellos residuos de origen no biológico, de origen industrial, productos sintéticos como plásticos, metales, telas sintéticas y vidrios que no pueden ser degradados naturalmente”²⁷.
- “Los residuos peligrosos: son residuos, sustancias, compuestos, que no dependen de su estado físico y representan un riesgo para la salud humana por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables y muy peligrosos para el medio ambiente cuando no son manejados de forma adecuada”²⁸.
- “Los residuos no peligrosos: son residuos producidos en cualquier lugar que no representan riesgos para la salud humana y el medio ambiente, provenientes de casas de habitación, sitios de servicios privados y públicos.

²⁷ ALVARADO CHAY, Elder Josué. *Evaluación y propuesta de mejora de la situación actual del manejo de los desechos sólidos en el municipio de Palencia, departamento de Guatemala*. p. 25.

²⁸ PANIAGUA GRANADA, Natalia María; GIRALDO SUAREZ, Erika Cristina y CASTRO BERMÚDEZ, Liliana María. *Guía para el adecuado manejo de los residuos sólidos y peligrosos*. p. 19.

- Los residuos inertes: son residuos estables en el tiempo que no son peligros ni reaccionan física y químicamente no afectando a otras materias con las que está en contacto que puedan dar lugar a no producir efectos en el medio ambiente”²⁹.

1.11. Riesgos de los residuos sólidos en la calidad de la salud humana

“Actualmente el problema de la contaminación ambiental figura entre las principales preocupaciones en la sociedad mundial debido a los efectos que produce en la salud de las personas. Los residuos sólidos son un problema a nivel mundial que se agrava con la irresponsabilidad que se tiene al no cambiar los hábitos de consumo y de disposición final de los residuos, que es el resultado de lo que a diario se generan en todas las actividades que se realizan”³⁰.

“En Guatemala las formas tradicionales de manejo y disposición de los residuos es revolver los tipos de materiales no utilizables que salen mezclados de la mayoría de hogares, sitios públicos, plantas industriales y demás centros de generación de residuos. La mezcla de estos materiales de residuos se presenta en los botaderos a cielo abierto, barrancos y lugares inadecuados. La existencia y aumento de botaderos a cielo abierto contaminan el aire a través de la producción de gases durante su proceso de descomposición. Estos basureros constituyen criaderos de vectores (moscas, zancudos, ratas, cucarachas), portadores de enfermedades epidémicas: tifoidea, cólera, paludismo, dengue, entre otras.

Además, de la inadecuada disposición de los residuos sólidos afecta al turismo y las actividades recreativas en la medida en que restan belleza al paisaje visualmente. También, los malos olores provocados por los residuos provenientes de los basureros tienen impactos en la calidad de vida de la población”³¹.

²⁹ ÁNGEL ENRÍQUEZ, Teresa Alejandra. *Caracterización de residuos sólidos domiciliarios del condominio villas de la meseta, San Lucas Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez.* p. 11.

³⁰ ESCALONA GUERRA, Elieser. *Daños a la salud por mala disposición de residuales sólidos y líquidos en Dili, Timor Leste.* p. 47.

³¹ VELÁSQUEZ AGUIRRE, Ludvina María. *Estrategias de concientización ante el impacto ambiental de los desechos sólidos (basura) en el área metropolitana de la ciudad de Guatemala.* p. 14.

2. MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

2.1. Recolección y transporte

“Las actividades de recolección y transporte de los residuos sólidos es el proceso mediante el cual se recoge la basura de las fuentes de generación (viviendas) con el fin de que sean dispuestos en instalación de reciclaje o una disposición final adecuada.

Los servicios de recolección de residuos sólidos requieren del empleo de diferentes tipos de vehículos como picops y camiones pequeños de acuerdo con las características de la población y cantidad de residuos sólidos generados. La eficiencia en los servicios de recolección no solo está determinada por el tipo de vehículo utilizado, dependerá también de otros factores importantes como el correcto trazado de las rutas, los horarios de recolección, y el método de recolección empleado³².

2.2. Reducir

Vásquez Rodas dice que consiste en reducir al mínimo la generación diaria de residuos, para esto se pueden consumir productos que presenten la menor cantidad de residuos, consumir solamente lo necesario y tratar de no desperdiciar, al consumir, hacerlo de manera racional y consciente. Si se reduce el consumo, se disminuye el impacto en el medio ambiente. La reducción en origen incluye una diversidad de acciones y medidas que podrían reducir la cantidad y toxicidad de la basura que se genera.

³² FIGUEROA CAMPOS, Gustavo Adolfo, GARCÍA RAMOS, Luis Gabriel. *Gestión integral de residuos con énfasis en residuos susceptibles a valorización y disposición final, para la cabecera departamental de Jalapa*. p. 98.

2.3. Reusar o reutilizar

Duarte Díaz dice que es la utilización directa de un producto o material sin cambiar su forma o función básica, es decir, el utilizarse de nuevo sin cambiar su forma o naturaleza original utilizando un proceso mecánico, manual o industrial para recuperar diferentes tipos de residuos: botellas de vidrio, botellas plásticas, revistas, libros, cajas de cartón y madera, logrando generar nuevos productos para un destino diferente al uso original.

2.4. Reciclar

Como definición propia, reciclar es un proceso de hacer que de los residuos generados y recolectados (basura) se puedan fabricar materiales utilizables después de ser desechados.

Duarte Díaz y Velázquez Aguirre dicen que el reciclaje supone cambiar tanto la forma como la función del producto original, previniendo que los materiales potencialmente útiles lleguen a los rellenos sanitarios o sean quemados reproduciendo los volúmenes destinados a los sitios de disposición final.

2.5. Compostaje

Velázquez Aguirre dice que el compostaje es una forma de reciclaje o un proceso controlado de descomposición de las partes orgánicas de los residuos para obtener un abono orgánico, llamado compost, que es un producto material negro homogéneo de forma granulada, sin restos gruesos y casi inodoro. Es un producto que por sus características químico biológicas puede utilizarse como fertilizante y es de un valor apreciado para el tratamiento de suelos.

2.6. Disposición final

Existen varias opciones de disposición final de residuos sólidos:

2.6.1. Relleno sanitario

“Son obras de ingeniería construidas normalmente sobre tierra, en las que los residuos sólidos son depositados en capas de impermeabilización y capas de cobertura con tierra para evitar malos olores o la proliferación de vectores, lo cual no causa molestias, peligro para la salud y el ambiente durante su operación ni después de terminado; cuentan, además, con sistemas de evacuación de líquidos residuales y gases que se generan durante el proceso de descomposición de materia orgánica.

El relleno sanitario es una técnica de disposición final de los residuos sólidos no perjudicando el ambiente durante su operación ni después de su clausura. Esta técnica utiliza principios de ingeniería (sistemas de evacuación de líquidos residuales y gases) para confinar la basura en un área lo más estrecha posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos por efecto de la descomposición de la materia orgánica.

Su método constructivo y de operación están determinados por la topografía del terreno, la fuente de material y la profundidad del nivel freático, según las características del área se pueden determinar de tres tipos: relleno sanitario mecanizado, semimecanizado y manual. Para la construcción de los diferentes tipos de rellenos sanitarios existen métodos de construcción: se mencionan: método de trinchera o zanja, de cañón, de área y combinado³³.

2.6.1.1. Tipos de relleno sanitario

- “Relleno sanitario semimecanizado: cuando la población genere o tenga que disponer entre 16 y 40 toneladas diarias de RSM en el relleno sanitario, es conveniente usar maquinaria pesada como apoyo al trabajo manual, a fin de hacer una buena compactación de la basura, estabilizar los terraplenes y dar mayor vida útil al relleno. En estos casos, el tractor agrícola adaptado con una hoja topadora o cuchilla y con un cucharón o rodillo para la compactación puede ser un equipo apropiado para operar este relleno.

³³ JARAMILLO, Jorge. *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*, CEPIS/OPS. p. 105.

- Relleno sanitario mecanizado: diseñado para las grandes ciudades y poblaciones que generan más de 40 toneladas diarias. Por sus exigencias, es un proyecto de ingeniería bastante complejo que va más allá de operar con equipo pesado. Esto último está relacionado con la cantidad y el tipo de residuos, la planificación, la selección del sitio, la extensión del terreno, el diseño y la ejecución del relleno y la infraestructura requerida, tanto para recibir los residuos como para el control de las operaciones, el monto y manejo de las inversiones y los gastos de operación y mantenimiento. Para operar este tipo de relleno sanitario se requiere del uso de un compactador de residuos sólidos, así como equipo especializado para el movimiento de tierra: tractor de oruga, retroexcavadora, cargador y volquete.
- Relleno sanitario manual: se presenta como una alternativa técnica y económicamente factible, en beneficio de las poblaciones urbanas y rurales con menos de 30 000 habitantes que no tienen la forma de adquirir equipo pesado para construir y operar un relleno sanitario convencional como de las áreas marginadas de algunas ciudades. Es una adaptación del concepto de relleno sanitario para las pequeñas poblaciones que por la cantidad y el tipo de residuos que producen menos de 15 t/día, además de sus condiciones económicas, no están en capacidad de adquirir el equipo pesado debido a sus altos costos de operación y mantenimiento. El término manual se refiere a que la operación de compactación y confinamiento de los residuos puede ser ejecutado con el apoyo de una cuadrilla de hombres y el empleo de algunas herramientas³⁴.

Tabla III. **Ventajas y limitaciones del relleno sanitario**

Ventajas	Limitaciones
<p>La inversión inicial de capital es inferior a la que se necesita para instaurar el tratamiento de residuos mediante plantas de incineración o de compost.</p>	<p>La adquisición del terreno es difícil debido a la oposición de los vecinos al sitio seleccionado, fenómeno conocido como NIMBY (not in my back yard 'no en mi patio trasero'), por diversas razones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • la falta de conocimiento sobre la técnica del relleno sanitario. • se asocia el término relleno sanitario al de botadero a cielo abierto. • la evidente desconfianza mostrada hacia las administraciones locales que no garantizan la calidad ni sostenibilidad de la obra. • la falta de saneamiento legal del lugar.

³⁴ Ibíd.

Continuación de la tabla III.

Tiene menores costos de operación y mantenimiento que los métodos de tratamiento.	El rápido proceso de urbanización, que limita y encarece el costo de los pocos terrenos disponibles, lo que obliga a ubicar el relleno sanitario en sitios alejados de la población.
Un relleno sanitario es un método completo y definitivo, dada su capacidad para recibir todo tipo de RSM.	La vulnerabilidad de la calidad de las operaciones del relleno y el alto riesgo de transformarlo en un botadero a cielo abierto, principalmente por la falta de voluntad política de las administraciones municipales para invertir los fondos necesarios a fin de asegurar su correcta operación y mantenimiento.
Genera empleo de mano de obra poco calificada, disponible en abundancia en los países en desarrollo.	No se recomienda el uso del relleno clausurado para construir viviendas, escuelas, etc.
Recupera gas metano en los rellenos sanitarios que reciben más de 500 t/día, lo que puede constituir una fuente alternativa de energía para algunas ciudades.	La limitación para construir infraestructura pesada por los asentamientos y hundimientos después de clausurado el relleno.
Su lugar de emplazamiento puede estar tan cerca del área urbana como lo permita la existencia de lugares disponibles, lo que reduce los costos de transporte y facilita la supervisión por parte de la comunidad.	Se requiere un monitoreo luego de la clausura del relleno sanitario, no solo para controlar los impactos ambientales negativos, sino también para evitar que la población use el sitio indebidamente.
Permite recuperar terrenos que se consideraban improductivos o marginales, tornándolos útiles para la construcción de parques, áreas recreativas y verdes, etc.	Puede ocasionar impacto ambiental de largo plazo si no se toman las previsiones necesarias en la selección del sitio y no se ejercen los controles para mitigarlos.
Un relleno sanitario puede comenzar a funcionar en corto tiempo como método de eliminación de residuos.	Los predios o terrenos situados alrededor del relleno sanitario pueden devaluarse.
Se considera flexible porque puede recibir mayores cantidades adicionales de residuos con poco incremento de personal.	En general, no puede recibir residuos peligrosos.

Fuente: JARAMILLO, Jorge. *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*, CEPIS/OPS. p. 105.

2.6.1.2. Reacciones que se generan en un relleno sanitario

- “Cambios físicos: los cambios físicos más importantes están asociados con la compactación de los RSM y los residuos sólidos domiciliarios, la difusión de gases dentro y fuera del relleno sanitario, el ingreso de agua y el movimiento de líquidos en el interior y hacia el subsuelo, y con los asentamientos causados por la consolidación y descomposición de la materia orgánica depositada; además, el movimiento de gases es de

particular importancia para el control operacional y mantenimiento del sistema.

- Reacciones químicas: ocurren dentro del relleno sanitario e incluso en los botaderos de basura; abarcan la disolución y suspensión de materiales y productos de conversión biológica en los líquidos que se infiltran a través de la masa de RSM, la evaporación de compuestos químicos y agua, la adsorción de compuestos orgánicos volátiles y descomposición de compuestos orgánicos y las reacciones de óxido-reducción que afectan la disolución de metales y sales metálicas.
- Reacciones biológicas: las más importantes reacciones que ocurren en los rellenos sanitarios son realizadas por los microorganismos aerobios y anaerobios, y están asociadas con la fracción orgánica contenida en los RSM, iniciando el proceso de descomposición con la presencia del oxígeno, una vez que los residuos son cubiertos el oxígeno empieza a ser consumido por la actividad biológica³⁵.

2.6.2. Vertedero controlado

“Un vertedero controlado es un agujero donde se compacta e impermeabiliza tanto el fondo como los laterales. En estos vertederos la basura se coloca en capas y se recubre todos los días con una delgada capa de tierra para dificultar la proliferación de ratas y malos olores y disminuir el riesgo de incendios. En este tipo de vertederos se instalan sofisticados sistemas de drenaje para las aguas que rezuman y para los gases (metano) que se producen. Las aguas se deben tratar en plantas depuradoras antes de ser vertidas a ríos o al mar y los gases que se recogen se aprovechan en pequeñas plantas generadoras de energía que sirven para abastecer las necesidades de la planta de tratamiento de las basuras y, en ocasiones, pueden añadir energía a la red general.

Cuando el vertedero se llena se debe recubrir adecuadamente y dejar el terreno lo más integrado con el paisaje posible. Si esto se hace bien el lugar es apto para múltiples usos, pero se debe seguir controlando durante cierto tiempo después de que haya sido cerrado para asegurar que no se acumula metano que podría provocar peligrosas explosiones y que no rezuman sustancias tóxicas³⁶.

³⁵ *Ibíd.*

³⁶ *GEOCITES. Tratamientos de los RSU.* <http://www.geocities.ws/alvaro6986/p39/rsu/tratamientos.html>. Consulta: 20 de mayo de 2017.

2.7. Aspectos legales del manejo de los residuos sólidos en Guatemala

2.7.1. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social: Reglamento para el manejo de desechos sólidos hospitalarios, Acuerdo Gubernativo No. 509-2001

- Artículo 1. Objeto. El presente reglamento tiene como finalidad el dar cumplimiento a lo preceptuado en el artículo 106 del *Código de Salud*, así como de las disposiciones relativas a la preservación del medio ambiente contenidas en la Ley del Organismo Ejecutivo y la Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente en cuanto a las descargas y emisiones al ambiente; concernientes, particularmente, al manejo de desechos que comprende la recolección clasificación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de los mismos provenientes de los hospitales públicos o privados, centro de atención medica autónomos o semiautónomos y de atención veterinaria. Los desechos generados por los mataderos o rastros deben manejarse de conformidad con el reglamento que para ese efecto se emita.
- Artículo 2. Contenido. Para dar cumplimiento a las leyes indicadas con anterioridad, este reglamento regula los aspectos relacionados con la generación, clasificación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de los desechos hospitalarios que por su naturaleza se consideran tóxicos, radioactivos o capaces de diseminar elementos patógenos, así como los desechos que se producen en las actividades normales de los centros de atención de salud, humana o animal: hospitales tanto públicos como privados, clínicas, laboratorios y cualquier otro establecimiento de atención en salud y veterinario.

- Artículo 20. Almacenamiento de los desechos. Los desechos deben ser almacenados según su clasificación y apilados en forma tal que no causen filtraciones, volteos, rupturas o cualquier situación que dañe la integridad de las bolsas.

2.7.2. Código de Salud, Decreto 90-97 del Congreso de la República de Guatemala

- Artículo 103. Disposición de los desechos sólidos. Se prohíbe arrojar o acumular desechos sólidos de cualquier tipo en lugares no autorizados, alrededor de zonas habitadas y en lugares que puedan producir daños a la salud a la población, al ornato o al paisaje, utilizar medios inadecuados para su transporte y almacenamiento o proceder a su utilización, tratamiento y disposición final, sin la autorización municipal correspondiente, la que deberá tener en cuenta el cumplimiento de las medidas sanitarias establecidas para evitar la contaminación del ambiente, específicamente de los derivados de la contaminación de los afluentes provenientes de los botaderos de basura legales o clandestinos.
- Artículo 104. Lugares inadecuados. Si el Ministerio de Salud comprobara que existen lugares en donde se estén depositando desechos sólidos sin llenar los requisitos de la presente ley, deberán ser trasladados a otros lugares que cumplan con los requisitos sanitarios, con base en un programa que de común acuerdo establezcan las municipalidades respectivas y el Ministerio de Salud.
- Artículo 107. Desechos sólidos de la industria y comercio. Para el almacenamiento, transporte, reciclaje y disposición de residuos y

desechos sólidos, así como de residuos industriales peligrosos, las empresas industriales o comerciales deberán contar con sistemas adecuados según la naturaleza de sus operaciones; especialmente, cuando la peligrosidad y volumen de los desechos, no permitan la utilización del servicio ordinario para la disposición de los desechos generales.

2.7.3. Congreso de la República de Guatemala: Decreto No. 12-2002, Código Municipal

- Artículo 67. Gestión de intereses del municipio. El municipio, para la gestión de sus intereses y en el ámbito de sus competencias, puede promover toda clase de actividades económicas, sociales, culturales, ambientales, y prestar cuantos servicios contribuyan a mejorar la calidad de vida, a satisfacer las necesidades y aspiraciones de la población del municipio.

- Artículo 68. Competencias propias del municipio.
 - Abastecimiento domiciliario de agua potable debidamente clorada; alcantarillado, alumbrado público, mercados, rastros, administración de cementerios y la autorización y control de los cementerios privados, limpieza y ornato, formular y coordinar políticas, planes y programas relativos a la recolección, tratamiento y disposición final de desechos y residuos sólidos hasta su disposición final.

3. MONOGRAFÍA DEL LUGAR

3.1. Antecedentes del lugar

Con base en el documento elaborado por el Consejo Municipal de Desarrollo de la municipalidad de Flores Petén, titulado Plan de desarrollo Flores Petén 2011-2015; el territorio del municipio de Flores tuvo una ocupación aproximada desde el 3 000 A.C. o sea durante el período Preclásico Tardío hasta la época Posclásica y siglo XVII, evidenciado por sus grandes ciudades mayas e itzas. Estos últimos migraron a Petén provenientes de Chichén Itzá a inicios del siglo XV (1420), donde vivieron y desarrollaron sus ciudades, hasta el 13 de marzo de 1697 cuando finalmente se llevó a cabo la conquista de Tayasal, tras tres infructuosos intentos.

En el Plan de desarrollo Flores, Petén, indica que durante el período Colonial 1697-1821, los españoles gobernaron la zona y se estableció una guarnición militar en la actual isla de Flores, Petén, la cual se llamó Nuestra Señora de los Remedios y San Pablo del Itzá. En 1823 fue ascendida al rango de ciudad por un decreto legislativo con el nombre de Ciudad Flores, nombre que lleva actualmente en honor al Dr. Cirilo Flores, asesinado en Quetzaltenango, siendo vicejefe del Estado de Guatemala de la Federación Centroamericana. El Acuerdo Gubernativo No. 549-86, establece que la cabecera municipal está conformada por Ciudad Flores y Santa Elena.

El departamento de Petén guarda grandes tesoros arqueológicos que constituyen un foco de atracción a los turistas nacionales y extranjeros. Allí se

encuentran las ruinas de la urbe más grande de los mayas: Tikal, la ciudad sagrada, a orillas del río Usumacinta están las ruinas de Piedras Negras.

En el *Plan de desarrollo Flores Petén*, indica que Petén es el departamento con la única reserva territorial boscosa representativa que existe en Guatemala, es el más extenso; considerado en el siglo pasado e inclusive en la primera década del presente como el pulmón de biósfera maya.

En la municipalidad de Flores, Petén, no existe un servicio para la extracción y recolección de desechos sólidos domiciliarios solamente en los mercados, escuelas y en la vía pública, tanto en Flores, Petén como en Santa Elena de la Cruz tomando en cuenta el barrio Villa Concepción y otros barrios que son el centro urbano del municipio. Lo que género que pobladores crearan empresas que prestaran un servicio privado de recolección de basura domiciliar, una fuente de trabajo para las personas que prestan el servicio.

De acuerdo a lo especificado en el documento realizado por la Municipalidad de Flores Petén y SEGEPLAN (Plan de desarrollo Flores, Petén, 2010) en el municipio de Flores se contaba con un botadero a cielo abierto que recibía los desechos sólidos generados en la ciudad de Flores y algunas áreas aledañas como Santa Elena de Cruz, que no contaba con la regularización ambiental, según indicaron los participantes del taller de mapeo participativo y Análisis FODA del municipio de Flores, Petén. Sin embargo, se habilitó un vertedero controlado que en el año 2003 operó temporalmente con el apoyo de la Cooperación Española para los municipios que se localizan alrededor del Lago Peten Itzá, lo cual es incierto el funcionamiento y tratamiento.

En el Plan de desarrollo Flores, Petén se indica que aún se observan botaderos a cielo abierto no autorizados en el centro urbano y área rural. Lo que

conlleva que aún no existe una adecuada disposición y tratamiento de los desechos sólidos a pesar de que fue habilitado un vertedero controlado.

Datos importantes según INE (2013), en el documento elaborado por la municipalidad de Flores, Petén, se menciona que en los últimos cinco años, la generación de residuos sólidos presentó una tendencia creciente, alcanzando en 2012 un total de 39 999 toneladas, volumen superior en 3,8 % al total generados en 2011, cuando se registraron 38 521 toneladas.

El barrio Villa Concepción con base en visitas al lugar y sus características: viviendas construidas con block, calles pavimentadas, centros educativos, comercios y la mayoría de habitantes pagan un servicio de recolección de basura, se logró determinar que la población se encuentra dentro de un rango socioeconómico de nivel medio.

La basura generada por la población de Flores, Petén, el barrio Villa Concepción y el resto de Santa Elena, deposita la basura en el vertedero municipal que fue habilitado en el año 2003; así como las empresas encargadas de la recolección de basura, el vertedero municipal operó temporalmente sin tener un control de su funcionamiento como un sistema de tratamiento de disposición final.

Con base en visitas de campo, actualmente, el vertedero municipal funciona como un botadero de basura a cielo abierto sin ningún tratamiento, manejo y control de la basura lo que varias personas de otros barrios y colonias se dedican a clasificar y separar la basura que es depositada diariamente como fuente de trabajo para subsistir económicamente y los residuos no reciclables son quemados en el lugar lo que provoca un riesgo a la salud y medio ambiente del municipio.

Figura 1. **Barrio Villa Concepción Santa Elena de la Cruz**



Fuente: elaboración propia.

Figura 2. Estado actual del vertedero municipal



Fuente: elaboración propia.

Para un mejor funcionamiento y control del vertedero municipal actual se mencionan los siguientes aspectos de acuerdo a lo observado:

- Habilitar garita de ingreso con el respectivo encargado por parte de la municipalidad para un mejor control de los vehículos que ingresan a depositar la basura para no provocar que se depositen desechos peligrosos sin autorización.
- Replanteamiento de diseño del vertedero actual (topografía, estudio hidrológico, demográfico, geotecnia y parámetros de control) para un mejor funcionamiento y tratamiento de los desechos sólidos.
- Limpieza y reparación de celdas para depositar la basura y tener un mejor control de los desechos sólidos para su clasificación para no depositarlos en áreas inadecuadas del vertedero.
- Identificar en un listado o con carné a las personas que se dedican a clasificar y separar los desechos sólidos reciclables dentro del vertedero para evitar que niños menores de edad ingresen.
- Implementación de equipo de protección para las personas encargadas de clasificar y separar los desechos sólidos dentro del vertedero que son depositados a diario para evitar riesgos para la salud.

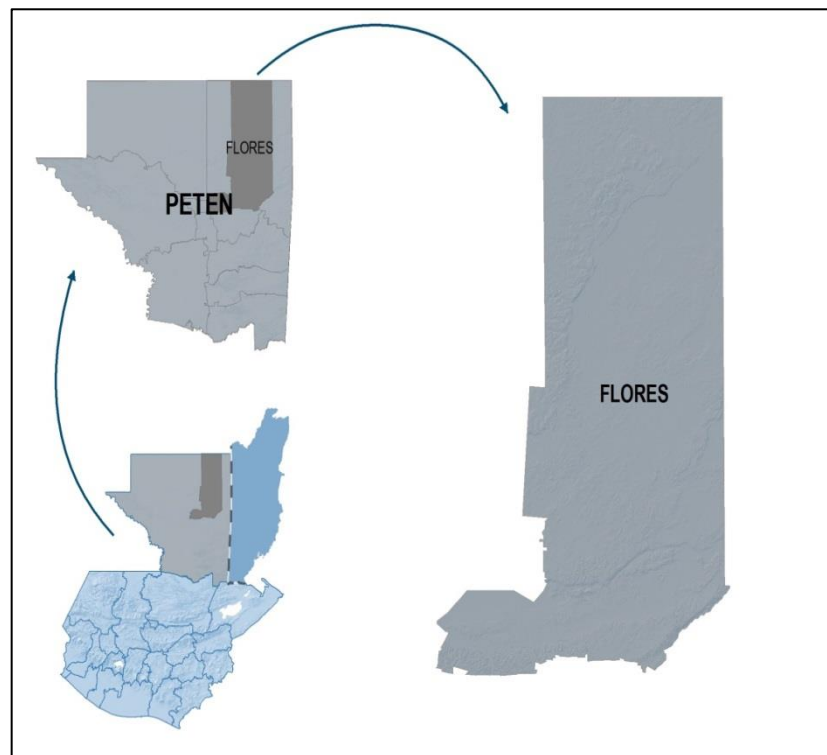
3.2. Ubicación y localización

“El departamento de Petén se encuentra situado en la región VIII o región Petén del país de Guatemala que cuenta con 14 municipios. Se ubica en el extremo septentrional de Guatemala latitud norte 15° 90´ - 17° 81´ y longitud oeste 89° 22´- 91° 43´. Petén posee una extensión territorial de 35 854 km² que representa casi un tercio del territorio nacional, que lo convierte en el departamento más extenso

de Guatemala, así como, en la entidad subnacional más grande de Centroamérica.

El municipio de Flores se localiza a 515 km de la ciudad capital de Guatemala, dirigiéndose hacia el norte por la ruta CA-9 hasta el kilómetro 245 y cruce de la Ruidosa, de allí se conduce por la CA-13 hasta llegar a dicho territorio. Tiene una extensión territorial de 4 336 km² lo que representa al menos el 12 % de todo el departamento³⁷.

Figura 3. **Localización del municipio de Flores, Petén**



Fuente: Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia, SEGEPLAN.
Diagnostico territorial de Petén. Plan de desarrollo integral de Petén. p. 75.

Santa Elena de la Cruz es una ciudad del municipio de Flores, Petén (según Acuerdo Gubernativo 549-86), situada a un costado de la cabecera

³⁷ Petén 2032. *Plan de desarrollo de Petén. p. 59.*

departamental de Petén, y que se fue formando como una aglomeración urbana de la isla de ciudad de Flores localizada en el centro del Lago Petén Itzá, Santa Elena está unida a la ciudad Flores por un puente sobre el lago Petén Itzá. La población de Santa Elena de la Cruz, está ubicada en una planicie, a orillas y lado sur del lago Petén Itzá, con su clima cálido y húmedo, a 135 pies sobre el nivel del mar y con una población variable por motivo de la constante inmigración. Santa Elena de la Cruz está delimitada por varios barrios y colonias los cuales se pueden mencionar, barrio Villa Concepción, barrio tercera lotificación y colonia satélite.

Figura 4. **Localización Santa Elena de Cruz y barrio Villa Concepción**



Continuación de la figura 4.



Fuente: elaboración propia.

3.3. Límites y colindancias

“El municipio de Flores está limitado al norte del paralelo $17^{\circ}49'$ con México comprendido entre el meridiano $89^{\circ} 20'$ y $89^{\circ} 42'$, al este con el municipio de Melchor de Mencos en el meridiano $89^{\circ} 20'$ con el tramo comprendido del paralelo $17^{\circ} 49'$ hasta su intersección con el límite actual entre los municipios de Flores y Dolores, al sur se encuentra la línea que constituye el límite con el municipio de San Francisco y Santa Ana; al noreste con el municipio de San José y la línea del lago Petén Itzá desde su intersección con la línea limítrofe que pasa entre el punto medio de las cabeceras municipales de San José y San Andrés hasta su intersección con el meridiano 89° y al oeste con el municipio de San José meridiano $89^{\circ} 42'$ desde su intersección con la línea media del lago Petén Itzá hasta el paralelo $17^{\circ} 49'$ ”³⁸.

3.4. Clima

De acuerdo a informes y datos del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología e Hidrología (INSIVUMEH), el clima de Petén es de tipo tropical cálido y húmedo, típico de tierras bajas en estas latitudes. Se caracteriza como tropical variable-húmedo con época larga de lluvia y con época seca desarrollada, pero de duración variable, entre diciembre/enero y abril/mayo. La temperatura media mensual varía entre 21° en el mes de enero (más fresco del año), y 32° en el mes

³⁸ Ibíd.

de mayo (más cálido); las temperaturas máximas medias, varían entre 28° y 38° y las mínimas entre 17° y 23°. Su época lluviosa principia entre los meses de mayo y junio, y finaliza entre diciembre y enero, acentuándose entre septiembre y octubre. La precipitación promedio anual es de 2 000 mm, con 142 días de lluvia y humedad relativa media del 84 %, sin embargo, en la época lluviosa se presentan dos períodos cortos de sequía, conocidos como canícula: uno en el mes de julio y otro en agosto, los cuales duran entre 15 y 20 días.

En relación a las lluvias han sufrido una variación notable debido a los efectos del cambio climático que pone en peligro la estabilidad de la producción agrícola estacional del departamento afectando a población que se dedica a la agricultura. Con las condiciones climáticas que posee el departamento de Petén según el MAGA, se consideran aptas para la producción agropecuaria, forestal y frutícola, y tomando en consideración la capacidad productiva de los suelos y las zonas de vida puede desarrollarse la agricultura bajo técnicas sostenibles de manejo³⁹.

3.5. Demografía

“Según estimaciones del INE al 2009 con base en el XI Censo Nacional de Población, INE (2002), el municipio de Flores cuenta con una población de 51 535 habitantes (55 % masculina y 45 % femenina) representando el 8,4 % del total de la población del departamento y 28,5 % de la cuenca del Lago Petén Itzá. Su distribución espacial indica que el 52 % de la población se localiza en área urbana y 48 % en área rural. Su densidad poblacional asciende a 11 habitantes por km², en lo que mayor parte de la población se encuentra concentrada en el área urbana⁴⁰”.

3.6. Población

“Para el 2002 el XI Censo Nacional de Población (INE 2002) contó para Petén una población total de 366 735 personas. Según la Encuesta Nacional de Condiciones de Vida (ENCOVI 2011, INE), se calculó una población de 628 383 personas para Petén en el año 2011. Las proyecciones de población (basadas en el XI Censo Nacional de Población, INE 2002), indican que para el año 2012 Petén es el hogar de 662,779 personas que representan el 4,4 % de la población nacional total.

El municipio de Flores está organizado en 26 lugares poblados: 10 aldeas: San Miguel, Paxcaman, Ixlú, El Naranjo, Macanché, El Zapote, El Remate, El Caoba, Uaxactún y La Blanca, 15 caseríos: El Arrozal, Tres Naciones, El Limón, Altamira, La Democracia, Aguas Nuevas, El Ramonal II, Los Tulipanes, La Máquina, Yaxhá,

³⁹ *Ibíd.*

⁴⁰ *Ibíd.*

El Capulinar, Puerta del Cielo, Bajo del Venado, El Porvenir y Zocotzal y la ciudad de Flores (Isla de Flores y Santa Elena de la Cruz)”⁴¹.

3.7. Servicios básicos

3.7.1. Educación

“En el departamento de Petén se inició la educación escolar en 1880, un servicio de vital importancia para el desarrollo de la población, inició con el funcionamiento de la Escuela de Primeras Letras de Ciudad Flores Petén, por mandato de Cédula Real. La primera escuela en Santa Elena de la Cruz empezó a funcionar en 1935 como municipal. La primera escuela de educación media en Petén fue el Instituto Mixto prevocacional, que se fundó en Ciudad de Flores el 11 de marzo de 1965, después se transformó en la Escuela Normal Rural núm.5 designada para impartir la educación básica y el ciclo diversificado existente actualmente donde se han graduado cientos de maestros de educación rura”⁴².

En el municipio de Flores, Petén, el barrio Villa Concepción Santa Elena de la Cruz cuenta con dos centros educativos: Colegio Santa Elena de la Cruz y Colegio e Instituto Comercial Villa Concepción que funcionan en jornada matutina y vespertina.

También en el departamento de Petén se cuenta con educación universitaria tanto privada (Universidad Mariano Gálvez, Universidad Fráncico Marroquín, Universidad Panamericana) y pública (Universidad de San Carlos de Guatemala, extensión Centro Educativo de Peten, CUDEP), ubicadas en el área central Santa Elena de la Cruz.

⁴¹ Ibíd.

⁴² Ibíd.

3.7.2. Salud

“Según informe del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) a través del Área de Salud Petén Norte, y Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia SEGEPLAN, el municipio de Flores, Petén cuenta con 1 centro de salud localizado en Santa Elena de la Cruz, 5 puestos de salud en aldeas Paxcaman, el Remate, Macanche, Uaxactún y las Viñas, asimismo cuenta con el Hospital Nacional Regional donde se brinda consulta interna y externa, ubicado en el municipio de San Benito con todos los servicios de salud que la población utiliza. Además en el municipio de Flores se cuenta con clínicas privadas que brindan un servicio a la población”⁴³.

3.7.3. Agua

“El acceso a servicios domiciliarios en Petén es aún muy limitado, situación que empeora en las áreas rurales más lejanas. El acceso al servicio de agua entubada cubre prácticamente a todos los cascos urbanos, mientras en las áreas rurales son pocos los que cuentan con el servicio. En el área central de Petén, los municipios de San Benito y Flores, Petén ejecutan mancomunadamente el proyecto de agua potable y saneamiento ambiental del área central de Petén, forman la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario de Flores y San Benito, Petén (EMAPET).

Actualmente, tienen más de 3 000 usuarios de agua potable en las poblaciones de San Benito, Santa Elena y Flores. A partir de febrero de 2003, EMAPET inició el cobro por consumo de agua con el propósito de que cada usuario pague lo que consume.

Las únicas poblaciones del área central que cuentan con sistema de drenajes en funcionamiento son: San Benito, Santa Elena de la Cruz tomando en cuenta el barrio Villa Concepción, San Francisco y La Libertad; en las cabeceras municipales de Sayaxché, San Luis (II fase) y Dolores, al igual que en Las Cruces y la aldea San Juan de Dios, de San Francisco, están en proceso de construcción”⁴⁴.

3.7.4. Energía eléctrica

“El XI Censo Nacional de Población y VI de Habitación del año 2002, reportó que en Petén el 50 % de los hogares tienen acceso a energía eléctrica, los porcentajes más bajos de acceso los presentaron La Libertad (25 %, incluye datos del actual municipio de Las Cruces) y Sayaxché (26 %). Flores, Petén y San

⁴³

⁴⁴ Petén 2032. Diagnóstico territorial de Petén. p. 84.

Benito presentaron el 83 % de cobertura. Al año 2005 el servicio de energía eléctrica es prestado por la Distribuidora Eléctrica de Oriente Sociedad Anónima - DEORSA-, encarga de brindar el servicio a las comunidades de Flores, Santa Elena, San Miguel, El Remate, Paxcamán, El Zapote, La Viñas, Alta Mira, Ixlu, Socotzal, La Esperanza, los Tulipanes y la Máquina”⁴⁵.

Actualmente, al año 2017 el servicio de energía eléctrica en el departamento de Petén está a cargo de la Empresa de Energía de Guatemala (ENERGUATE) como servicio es muy irregular.

3.8. Economía

“Actualmente en el municipio de Flores se realizan diversas actividades productivas que la población realiza con el objeto de generar ingresos para el sostenimiento de sus familias; según el Diagnóstico socioeconómico, potencialidad y productividad y propuesta de inversión del municipio de Flores la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de San Carlo de Guatemala, 2008, se identifican cinco sectores de producción: agrícola, pecuaria, turismo, servicios privados (micro, pequeña y mediana empresa: bancos, empresas privadas, centros comerciales, restaurantes, centros educativos) y artesanal (panaderías, sastrerías , carpinterías).

El sector turístico tiene alta importancia en el valor de la producción y del territorio, de los cuales el sitio arqueológico Tikal representa el 15 % de dicha producción, lo que convierte al turismo en el gran motor de la economía del municipio de Flores, Petén. Así mismo, la actividad hotelera se concentra principalmente en la Isla de Flores, Santa Elena de la Cruz y aldea el Remate ya que se encuentran cercanos a los destinos turísticos naturales y patrimoniales más visitados tanto como población local e internacional: Tikal, Uaxactún, Yaxhá- Nakum Naranjo, Isla de Flores y Cuevas de Actún Can)”⁴⁶.

⁴⁵ *Ibíd.*

⁴⁶ Petén 2032. *Plan de desarrollo de Petén*. p. 95.

4. CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES

4.1. Metodología

Para la realización de la caracterización de desechos sólidos domiciliarios en el barrio Villa Concepción Santa Elena se usa el método sencillo del análisis de residuos sólidos elaborado por el Dr. Sakurai Kunitoshi que utiliza lineamientos establecidos por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS).

- Determinación del tamaño de la muestra, mediante la siguiente fórmula.

$$n = \frac{Z^2_{1-\alpha/2} * N * \sigma^2}{(N-1)E^2 + Z^2_{1-\alpha/2} \sigma^2}$$

Donde:

- n= tamaño de la muestra.
- N= número de viviendas del lugar estudiado.
- $Z_{1-\alpha/2}$ = coeficiente de confianza al 95 % (1,96).
- E= error permisible entre 1 % a 15 %.
- σ^2 = desviación estándar. En el caso de no tener datos iniciales del lugar en estudio se asume una desviación estándar de 200 g/hab/día (0,2 kg/hab/día).

Para el cálculo del tamaño de la muestra según el registro de las viviendas que tiene la municipalidad de Flores, Petén, el barrio Villa Concepción Santa Elena de la Cruz cuenta con 455 viviendas.

$$n = \frac{(1,96)^2 * (455) * (0,2)^2}{(455 - 1) * (0,0525)^2 + (1,96)^2 * (0,2)^2} = 49,79 = 50 \text{ casas}$$

- Para determinar la composición física de los desechos sólidos se realiza la recolección de bolsas de basura de cada vivienda, luego se pesan las bolsas recolectadas, se rompen las bolsas en una superficie plana homogenizando la muestra para luego realizar el cuarteo de los residuos. Posteriormente, se preparan bolsas de colores o recipientes identificados y se procede a la clasificación, de los diferentes componentes en los residuos. Terminada la clasificación se determina el peso de las bolsas o recipientes (por simple diferencia entre el peso del recipiente con la basura y el peso del recipiente vacío) de los diferentes componentes (papel y cartón, plástico, vidrio, duroport, residuos del baño, textiles, metal, etc.) determinando el porcentaje de composición física de los residuos dividiendo el peso de cada uno de sus componentes (P_i), con respecto al peso total de la muestra (W_t)

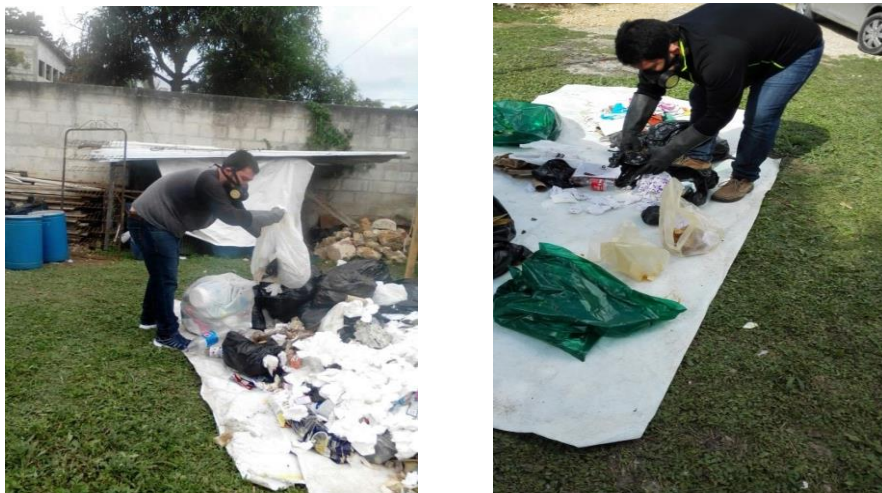
$$\% \text{ Composicion} = \frac{P_i}{W_t} * 100$$

Figura 5. **Recolección de basura en vivienda**



Fuente: elaboración propia.

Figura 6. **Clasificación de los diferentes componentes de desechos sólidos domiciliarios**



Continuación de la figura 6.



Fuente: elaboración propia.

4.1.1. Estudio mediante encuestas

Se elaboró una boleta de encuesta con cuatro preguntas importantes para obtener información respecto al manejo de los desechos sólidos domiciliarios en el barrio Villa Concepción Santa Elena de la Cruz (ver anexos).

4.1.2. Determinación del peso

El peso de los desechos sólidos se realiza utilizando una balanza o báscula de las bolsas de basura recolectadas o utilizando recipientes con dimensiones y peso conocidos (por simple diferencia entre el peso del recipiente con la basura y el peso del recipiente vacío) durante 5 días de análisis obteniendo los resultados en unidad de medida kilogramo para el Sistema Internacional.

Figura 7. **Pesaje de bolsas con basura recolectada**



Fuente: elaboración propia.

4.1.3. Determinación del volumen

El volumen de los desechos sólidos domiciliarios se determina utilizando un recipiente con dimensiones y peso conocido; luego, se colocan los desechos sólidos (basura) recolectados llenando adecuadamente los espacios vacíos en el recipiente sin compactarlos; se mide la altura a donde llega la basura, obteniendo el resultado en metros cúbicos unidad de medida del sistema internacional.

$$vol = \frac{\pi * d * h}{4}$$

Donde:

- d= diámetro de recipiente
- h= altura a donde llega la basura

4.1.4. Determinación de la densidad

Al obtener los datos del peso de los desechos sólidos (basura), se procede a la determinación de la densidades de desechos sueltos y compactados (se compacta manualmente la basura dentro del recipiente): se divide el peso de la basura entre el volumen del recipiente. Es un parámetro importante a tomar en cuenta para el diseño del sistema de disposición final, se calcula de la siguiente forma.

$$Densidad = \frac{Peso}{volumen}$$

4.1.5. Determinación del porcentaje de humedad

Se utiliza el método de secado al horno de la siguiente manera:

- Se prepara la muestra de residuos orgánicos triturados (residuos de comida, cáscaras de frutas y verduras, residuos de jardín).
- Se utilizan recipientes (taras) que se pesan vacías en unidad de medida gramos (P_0).
- Se introduce la muestra triturada en el recipiente sin comprimir y pesar la tara con la muestra de en unidad de medida gramos (P_1).

- Con el peso de la tara llena de la muestra se introduce al horno a una temperatura ambiente de 105 °C durante 24 horas.
- Después de las 24 horas transcurridas se saca del horno la muestra, se deja enfriar para medir su peso en unidad de medida gramo (P_2).

El porcentaje de humedad de la muestra ensayada se calcula con la siguiente fórmula.

$$\% \text{ humedad} = \frac{P_1 - P_2}{P_1 - P_0} * 100$$

4.2. Determinación de la producción per cápita (PPC) de desechos sólidos del barrio Villa Concepción Santa Elena de la Cruz, Petén

La producción per cápita es un parámetro que se utiliza para determinar el sitio de disposición final de los desechos sólidos domiciliarios relacionado con la población, cantidad y tiempo dado en una unidad de medida de kilogramo por habitante por día (Kg/hab/día).

Para determinar la producción per cápita (PPC) se mide el peso de las bolsas con desechos recolectadas diariamente durante 5 días de análisis tomando en cuenta el número de personas por vivienda donde se realiza la recolección. Para el cálculo de la PPC debe de recordarse que se debe despreciar el primer día de recolección.

$$PPC = \frac{\text{peso día 1} + \text{peso día 2} + \text{peso día 3} + \dots + \text{peso día z}}{\text{número de personas por vivienda}}$$

$$\overline{PPC} = \frac{\sum PPC \text{ promedio de las viviendas}}{\text{número total de viviendas } (N)}$$

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Resultado de encuesta

La encuesta realizada el día lunes 6 de febrero de 2017 con base en el estudio de caracterización de desechos sólidos domiciliarios en el barrio Villa Concepción Santa Elena de la Cruz abarcó 50 viviendas con la siguiente información.

- En promedio, 5 personas por vivienda habitan en el barrio Villa Concepción, el 28 % del total de viviendas analizadas.
- Para la recolección de basura en el barrio Villa Concepción Santa Elena el 100 % de la población indicó utilizar la recolección por camión privado que brinda el servicio a un 6 % una vez por semana, el 88 % dos veces por semana, un 2 % tres veces por semana, 4 % un día sí y un día no.
- La población paga un costo para la recolección de basura por camión privado de diferentes empresas: un 10 % paga entre 20 y 30 quetzales, el 20 % entre 30 y 40 quetzales, el 68 % entre 40 y 50 quetzales y el 2 % paga más de 50 quetzales.
- Solamente el 12 % de la población encuestada coincidió en que separa la basura que se utiliza para reciclaje; el 88 % no separa la basura que es utilizada para reciclar lo cual es parte de la problemática para tener un control, manejo y disposición final adecuado de los desechos sólidos domiciliarios generados.

5.2. Resultados del peso

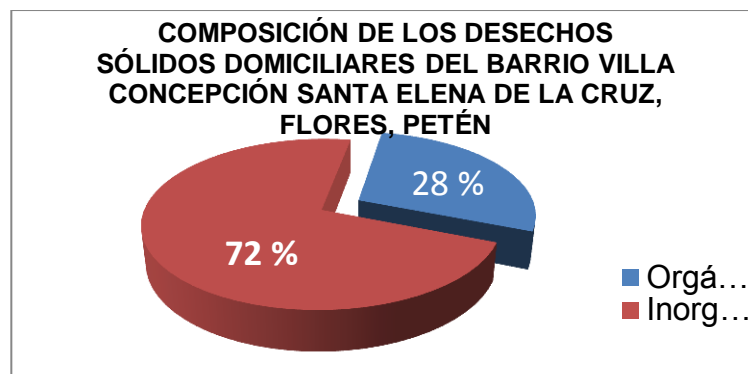
Realizado el pesaje de las bolsas recolectadas de cada vivienda durante 5 días se clasificaron los desechos sólidos domiciliarios según su composición orgánica e inorgánica con los siguientes resultados.

Tabla IV. **Peso de los desechos sólidos domiciliarios según su composición del barrio Villa Concepción Santa Elena de la Cruz, Flores, Petén**

PESO EN KG		
Día	Desechos sólidos	
	Inorgánicos	Orgánico
1	36,50	13,50
2	13,50	4,50
3	25,00	7,50
4	40,50	12,50
5	38,50	22,50

Fuente: elaboración propia

Figura 8. **Porcentaje de los desechos sólidos según su composición**



Fuente: elaboración propia.

5.3. Resultados del peso y porcentajes de la composición física de los desechos sólidos domiciliarios

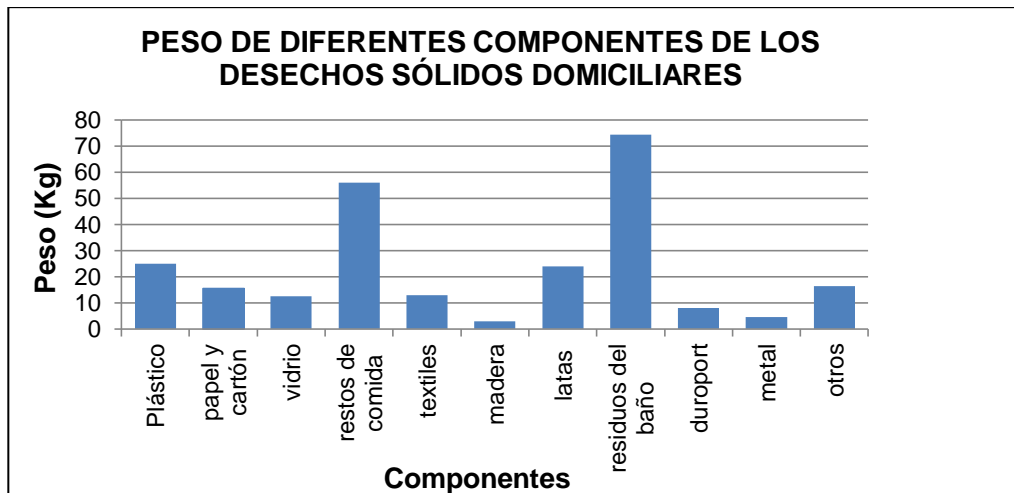
Durante cinco días de caracterización de desechos sólidos domiciliarios en el barrio Villa Concepción Santa Elena de Cruz, Flores, Petén se obtienen los siguientes resultados de la clasificación de los diferentes componentes de los desechos sólidos generados.

Tabla V. **Peso de los diferentes componentes de los desechos sólidos domiciliarios caracterizados**

Componentes	Peso en Kg
Plástico	25
Papel y cartón	15,5
Vidrio	12,5
Restos de comida	56
Textiles	13
Madera	3
Latas	24
Residuos del baño	74,5
Duroport	8
Metal	4,5
Otros	16,5

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. **Peso de diferentes componentes de desechos sólidos domiciliarios del barrio Villa Concepción Santa Elena de la Cruz, Flores Petén**



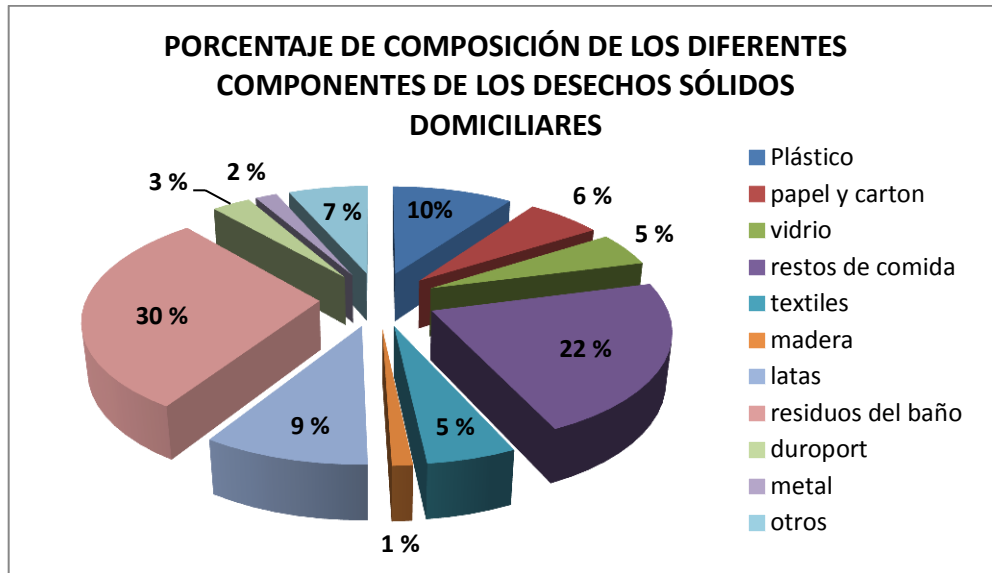
Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Porcentajes de los diferentes componentes de desechos sólidos domiciliarios**

Componentes	% porcentaje
Plástico	10 %
Papel y cartón	6 %
Vidrio	5 %
Restos de comida	22 %
Textiles	5 %
Madera	1 %
Latas	9 %
Residuos del baño	29 %
Duroport	3 %
Metal	2 %
Otros	7 %
Total	100 %

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Porcentajes de composición física de los desechos sólidos**



Fuente: elaboración propia.

5.4. **Resultados del volumen de los desechos sólidos domiciliarios**

Para el cálculo del volumen de los desechos sólidos recolectados que se generan en las 50 viviendas caracterizadas del barrio Villa Concepción Santa Elena de la Cruz, se utilizó un recipiente cilíndrico con un volumen de $131\,554,19\text{ cm}^3$ ($0,13155419\text{ m}^3$) con un peso de 2,30 kg con los siguientes resultados.

Tabla VII. **Volúmenes de desechos sólidos domiciliarios generados**

Vivienda	Volumen (m ³)
1	0,098
2	0,112
3	0,084
4	0,078
5	0,084
6	0,082
7	0,061
8	0,078
9	0,117
10	0,108
11	0,063
12	0,130
13	0,098
14	0,068
15	0,133
16	0,084
17	0,071
18	0,084
19	0,083
20	0,112
21	0,098
22	0,118
23	0,088
24	0,118
25	0,092
26	0,061
27	0,093
28	0,078
29	0,123
30	0,098
31	0,098
32	0,112
33	0,132
34	0,084
35	0,071
36	0,121
37	0,094
38	0,093
39	0,088
40	0,121
41	0,084
42	0,084
43	0,104
44	0,116
45	0,098
46	0,071
47	0,071
48	0,088
49	0,099
50	0,084
Total	4,71

Fuente: elaboración propia.

5.5. Resultados de la densidad

Con los datos obtenidos del peso de desechos orgánicos e inorgánicos y el volumen del recipiente se obtienen los siguientes resultados.

Tabla VIII. Densidades sueltas

Densidad suelta en Kg/m ³	
Orgánica	Inorgánica
459,73	1 170,21

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. Densidades compactadas

Densidad compactada manualmente en Kg/m ³	
Orgánica	Inorgánica
486,32	1 220,36

Fuente: elaboración propia.

5.6. Resultado del porcentaje de humedad

Realizado el proceso del método de secado al horno se obtiene el siguiente resultado.

$$\% \text{ humedad} = \frac{423,80g - 214,02g}{423,80g - 110,16g} * 100 = 66,90 = \mathbf{67 \%}$$

5.7. Resultado de la producción per cápita de los desechos sólidos del barrio Villa Concepción Santa Elena de la Cruz, Petén

Realiza el pesaje de cada bolsa de basura recolectada y con el número de habitantes de cada vivienda analizada en el barrio Villa Concepción Santa Elena de la Cruz, se calculó la producción per cápita de los cinco días de análisis y el valor promedio de todas las viviendas, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla X. Producción per cápita

Vivienda	PPC (Kg/hab/día)
1	2,8
2	3,9
3	3,9
4	1,2
5	1,4
6	1,8
7	2,1
8	2,2
9	2,2
10	2,1
11	3,8
12	3,8
13	1,8
14	4,0
15	3,6
16	3,1
17	2,6
18	1,9
19	1,6
20	2,8
21	3,6
22	2,6
23	3,3
24	3,1
25	4,9
26	2,6
27	2,2

Continuación de la tabla X.

28	3,1
29	1,8
30	1,0
31	2,5
32	2,8
33	3,2
34	2,6
35	2,3
36	3,5
37	2,9
38	2,3
39	3,3
40	2,5
41	1,5
42	2,9
43	5,2
44	1,9
45	2,5
46	3,3
47	2,0
48	2,5
49	2,4
50	2,6

Fuente: elaboración propia

Tabla XI. **Valor promedio de la producción per cápita**

PPC promedio (Kg/hab/día)
0,30

Fuente: elaboración propia.

5.8. Propuesta de manejo, control y tratamiento de los desechos sólidos en el barrio Villa Concepción Santa Elena de la Cruz, Flores, Petén

Después de la realización del análisis del estudio de caracterización de los desechos sólidos domiciliarios, como propuesta para el manejo, control y tratamiento de los desechos sólidos domiciliarios es importante que a la población se le proporcione más información sobre la importancia de la clasificación, separación y tratamiento de la basura, con la creación de más programas ambientales, métodos (recolección, reciclaje, reducción y reutilización) para la minimización de la generación de desechos sólidos en las viviendas y una mejor disposición final.

La propuesta para brindar mayor información se implementaría mediante trífolios, afiches y charlas informativas para concientizar, sensibilizar y socializar a la población con relación al manejo de la basura incluyendo el uso de bolsas o recipientes de colores identificados para la separación de los diferentes componentes de los desechos sólidos.

5.8.1. Recolección

Actualmente, para la recolección de basura en el barrio Villa Concepción, otros barrios y colonias de Santa Elena, la Municipalidad de Flores no brinda un servicio de recolección de basura, por lo tanto, la mayoría de la población paga un costo para un servicio por camión privado; existen tres empresas encargadas con días y rutas establecidas para recoger la basura generada en cada vivienda y llevarla al vertedero municipal.

Para la recolección, las empresas privadas utilizan camiones pequeños con poca capacidad de almacenamiento que no son los recomendados para el transporte de los residuos sólidos generados en las viviendas debido al alto contenido de humedad y la gran cantidad de basura. Por lo tanto, es recomendable utilizar camiones más grandes de carrocería cerrada y si es posible camiones compactadores para brindar un mejor servicio a la población para minimizar en gran cantidad de residuos sólidos dentro del vertedero existente en mal funcionamiento.

5.8.2. Reducción

Se debe tomar conciencia desde el hogar, teniendo en cuenta el consumo y la compra de productos sin especificaciones que mide el grado de contaminación que produce al fabricarlo y que el material sea reciclable para no generar la mayor cantidad de desechos sólidos que afecten a la contaminación del medio ambiente.

5.8.3. Reutilización

Muchos de los residuos sólidos generados en las viviendas pueden ser utilizados nuevamente para darles otro uso sin tener que cambiar su forma: envases de vidrio, cajas de cartón u otros productos para evitar que la población utilice más productos desechables. Además, los productos desechables, también, pueden ser utilizados en su forma básica pero para una nueva función o uso como los neumáticos de los vehículos que sirven para fabricar sillas y mesas ecológicas.

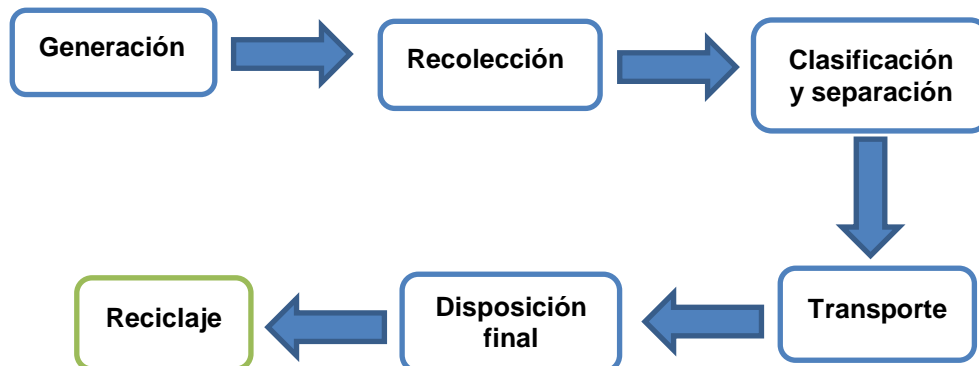
5.8.4. Reciclaje

El reciclaje es una metodología de tratamiento muy importante para la minimización de residuos sólidos; se logra que los productos fabricados con diferentes materiales puedan ser utilizados creando nuevos productos y nuevo uso, se reducen grandes cantidades de residuos depositados a diario en botaderos de basura; se inicia en las viviendas con la clasificación y separación de los residuos en dos categorías: residuos orgánicos e inorgánicos.

La municipalidad podría tener toda la disponibilidad de implementar y conseguir los recursos necesarios para el procesamiento de los materiales; pero si la población no participa, este programa no tendrá el éxito esperado, si se implementa un programa de clasificación y separación de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos es necesario que la municipalidad brinde un servicio de recolección que contemple la separación o implementarlo con empresas privadas recolectoras de basura.

Actualmente, para muchas personas el mantenerse en los basureros esperando que los camiones recolectores o personas particulares lleguen a depositar la basura es una fuente de trabajo para subsistir económicamente para sus familias; realizan la clasificación y separación de los residuos para vender a empresas encargadas para el reciclaje.

Figura 11. Diagrama proceso de reciclaje



Fuente: elaboración propia.

5.8.4.1. Residuos sólidos orgánicos

“Los residuos orgánicos generados en las viviendas son compuestos de restos de comida, cáscaras de verduras, cáscaras de frutas, restos de jardines y hojas de árboles. Se realiza un tratamiento mediante el proceso de reciclaje para reducir la cantidad de residuos orgánicos depositados en los botaderos de basura a través del compostaje; se obtiene como resultado un nuevo producto llamado compost: producto de color oscuro, sin mal olor con apariencia de tierra (abono orgánico) que por sus características químico biológicas es utilizado para mejorar los suelos”⁴⁷.

5.8.4.1.1. Fases del compostaje

- “Fase de descomposición. La descomposición es un proceso de simplificación donde se degradan moléculas orgánicas e inorgánicas; esta etapa se compone de dos fases: la mesófila comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente en pocos días aumentando la temperatura hasta los 45°C; y una fase termófila cuando el material alcanza temperaturas que pueden llegar a los 70°C. Los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias.

⁴⁷ ÁNGEL ENRÍQUEZ, Teresa Alejandra. *Caracterización de residuos sólidos domiciliarios del condominio villas de la meseta, San Lucas Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez.* p. 16.

- Fase de maduración. Es un período que demora meses a temperatura ambiente, se compone de dos fases. Una fase de enfriamiento con temperaturas que van desde los 40 °C, una fase de estabilización que se desarrolla a temperatura ambiente⁴⁸.

5.8.4.1.2. Parámetros de proceso

- “Temperatura: es importante que alcancen temperaturas sobre 55 °C para asegurar la destrucción de semillas de malezas, patógenas y parásitas.
- Humedad: el rango óptimo de humedad para compostaje es del 40 % al 60 % de agua en peso de material base.
- Aireación: el contenido en oxígeno no debe situarse por debajo del 5 % o 7 %.
- Nutrientes, relación carbono/nitrógeno: se estiman valores óptimos entre 25 y 30, se considera que los microorganismos utilizan de 15 a 30 partes de carbono por una de nitrógeno.
- pH: depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso (desde 4,5 a 8,5).
- Tamaño de partícula: el tamaño ideal de los materiales para comenzar el compostaje es de 5 a 20 centímetros⁴⁹.

5.8.4.1.3. Métodos de compostaje

- “Compostaje pasivo o en pilas estáticas: este sistema es el más antiguo y el más simple de todos, consiste en apilar diversos residuos orgánicos que son descompuestos en forma lenta sin realizar manejos para controlar humedad, aireación y temperatura, entre otros. La aireación ocurre de manera natural, a través del aire que fluye en forma pasiva de la pila⁵⁰.

⁴⁸ GÓMEZ BARRENA, Raquel. *Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso.* p.115.

⁴⁹ *Ibíd.*

⁵⁰ ÁNGEL ENRÍQUEZ, Teresa Alejandra. *Caracterización de residuos sólidos domiciliarios del condominio villas de la meseta, San Lucas Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez.* p. 17.

- “Compostaje en pilas de volteo o en hileras: el material se deposita en pilas alargadas de sección triangular o trapezoidal que son volteadas en repetidas ocasiones durante el proceso ya sea manual o mecánicamente al aire libre o en depósitos. El volteo realizado con máquinas oxigena el material y provoca un elevado grado de mezcla. El parámetro limitante es la altura, si es excesiva provoca la compactación del material recomendando un altura entre 1 o 3 metros, con un ancho entre 2 a 5 metro”⁵¹.
- “Compostaje en pilas estáticas con aireación: consiste en que los materiales se depositan en pilas, pero la aireación puede ser realizada de forma pasiva o forzada (se proporciona aire a través de canales construidos en el suelo para así mantener los niveles óptimos de oxígeno), por lo que se elimina la necesidad del volteo durante el proceso de compostaje”⁵².
- “Compostaje en canales: es un sistema continuo de sección rectangular donde el residuo fresco es depositado por un extremo y el producto final se obtiene por el otro extremo. Estos canales disponen de un sistema de inyección de aire como las pilas estáticas, utilizando una máquina volteadora colocada en la parte superior de las paredes del canal realizando el volteo del material periódicamente”⁵³.
- Beneficios del compostaje:
 - La elaboración de abono orgánico con residuos propios
 - Absorción de los elementos nutritivos por parte de las plantas
 - Reducción de la generación de residuos orgánicos
 - Retención del agua que se libera poco a poco

⁵¹ GÓMEZ BARRENA, Raquel. *Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso.* p.118.

⁵² ÁNGEL ENRÍQUEZ, Teresa Alejandra. *Caracterización de residuos sólidos domiciliarios del condominio villas de la meseta, San Lucas Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez.* p. 19.

⁵³ GÓMEZ BARRENA, Raquel. *Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso.* p.120.

5.8.4.2. Residuos sólidos inorgánicos

5.8.4.2.1. Reciclaje del plástico

Reciclar los residuos plásticos consiste en convertirlos en un producto nuevo cuando su vida útil terminó para usarlos en nuevos productos. El reciclaje del plástico se divide en dos tipos:

- “Reciclaje mecanizado: se realiza por medio de la presión y del calor con el fin de producir otros objetos con base en un material termoplástico definido ya que estos materiales son reciclables por naturaleza.
- Reciclaje químico: es la descomposición de los plásticos usados anteriormente, clasificados en sus componentes más sencillos utilizándolos otra vez como materia prima, en cuanto a la recuperación energética se pueden valorar como combustible alternativo”⁵⁴.







Los plásticos se clasifican en termoplásticos y termoestables según su elevación de temperatura.

- Termoplásticos: estos tipos de plásticos al calentarse fluyen como líquidos viscosos y al enfriarse solidifican (se hacen sólidos). El enfriamiento y calentamiento puede realizarse cuantas veces se quiera sin perder las propiedades del material. Este tipo de plástico componen aproximadamente el 85 % de los plásticos consumidos y reciclados.

⁵⁴ P+L Centro Guatemalteco de producción más limpia. *Reporte nacional de manejo de residuos en Guatemala*. p. 45.

- Termoeestables: este tipo de plásticos se funden al aplicar calor y se solidifican (se hacen sólidos) al aplicar aún más calor. No pueden ser recalentados y moldeados, pero generalmente son más resistentes aunque más frágiles que los termoplásticos.

Tabla XII. **Clasificación de plásticos termoplásticos**

Termoplásticos	Simbología	Aplicaciones	Uso después del reciclado
Polietileno tereftalato (PET)		Botellas, envasado de productos alimenticios, neumáticos	Textiles para bolsas, lonas e hilos
Polietileno alta densidad (PEAD)		Detergentes, juguetes, bolsas, embalajes y laminas	Bolsas industriales, botellas, detergentes
Polietileno de baja densidad (PEBD)		Film adhesivo, bolsas, tubería para riego	Bolsas para residuos, tubos y contenedores
Policloruro de vinilo (PVC)		Marcos de ventanas, tuberías rígidas, botellas, y productos sanitarios,	Muebles de jardín, tuberías, vallas, contenedores
Polipropileno (PP)		Envases para productos alimenticios, cajas, tapones, piezas de automóviles, alfombras y componentes eléctricos	Cajas múltiples para transportes de envases, sillas, textiles
Poliestireno (PS)		Botellas, vasos de yogures, recubrimientos	Aislamiento térmico, cubos basura, accesorios de oficina

Fuente: Amigos de la Tierra España. *Boletín: reciclaje de aceites usados.*
http://aceitesolidario.rastrosolidario.org/?gclid=EAlaIQobChMlt7y-sM-s1QIVUy-BCh1MDw_kEAYAiAAEgKBBPD_BwE. Consulta: 13 de marzo de 2017.

Tabla XIII. **Clasificación de plásticos termoestables**

Termoestables	Aplicaciones
Poliuretano (PU)	Recubrimientos, materiales para vehículos, espumas de para colchones
Resinas de fenol-formalde hido (PF)	Adhesivos, laminas para revestimiento, componentes eléctricos
Caucho nitrilo-butadieno (NMR)	
Caucho estireno-butadieno (SBR)	

Fuente: Amigos de la Tierra España. *Boletín: reciclaje de aceites usados*.
http://aceitesolidario.rastrosolidario.org/?gclid=EAlaIQobChMlt7y-sM-s1QIVUy-BCh1MDw_kEAAYAiAAEgKBBPD_BwE. Consulta: 13 de marzo de 2017.

- Ventajas del reciclaje de plásticos termoplásticos.
 - Disminuir la cantidad de residuos, es mejor no producir residuos que resolver que hacer ellos.
 - Ayuda a que los rellenos sanitarios no se saturen rápidamente.
 - Se ahorran recursos naturales, energía, materia prima y recursos financieros.
 - Requiere menos energía transportar material es livianos (menos combustible quemado, menor contaminación al ambiente).

5.8.4.2.2. **Reciclaje de papel y cartón**

“El papel y el cartón, procedentes de la fibra de celulosa de la madera, se consideran residuos fáciles de reciclar y recuperar debido a que la materia prima es un recurso natural y renovable. El proceso de obtención de la pasta de papel puede ser mecánico (desfibración mecánica de la madera), químico (desfibrado en un digestor, donde la madera es cocida con productos químicos) o mixto mediante el reciclaje de la fibra virgen es posible reutilizar varias veces el papel, pasando a ser fibra recuperada o reciclada.

Para no desaprovechar este recurso, después de usar los periódicos viejos, las revistas, los folletos, las cajas de cartón abiertas y aplastadas, y cualquier papel y cartón usado, deben guardarse quitando los restos de plástico en el caso de que

los tenga hasta que se tenga un volumen regular no dejando en ningún momento que el papel y el cartón se mezcle con la basura puesto que el papel manchado con restos de comida no sirve para ser reciclado.

Los procesos que se utilizan para obtener papel reciclado son los siguientes:

- Clasificación, preparación y embalaje.
- Operación de pulpado: su objetivo es separar las fibras que contiene el papel usado, sin romperlas.
- Eliminación de objetos.
- Destintado: se elimina la tinta mediante jabón y proyectando aire a presión.
- Lavados y espesados sucesivos: consiste en ir reduciendo la cantidad de agua que tiene la pasta de papel.
- Secado: el papel es secado por completo con la ayuda de una máquina y se obtiene una lámina de papel consistente⁵⁵.

“El proceso de reciclaje involucra el paso del cartón por un *hidropulper* que se tritura con agua el cartón. Posteriormente, pasa por un proceso de limpieza en donde se elimina el plástico y las grapas. Después, se procede a la refinación y según el producto final requerido se hace fibra larga y corta según el proceso. El proceso de reciclado para *tetrabrik* inicia con un hidrapulpado⁵⁶.

5.8.4.2.3. Reciclaje de aluminio

“En los productos que normalmente se adquieren, el aluminio no está en estado puro, normalmente se le añaden aditivos en los procesos de producción según las características que se desean obtener. Por ejemplo, se le añade zinc para darle dureza y resistencia mecánica, el manganeso mejora la resistencia a la corrosión, níquel para mejorar las propiedades a altas temperaturas.

Además, es importante separar los diferentes productos de aluminio, ya que son aleaciones diferentes y se puede mantener la calidad del material solamente si se conservan las características de cada aleación; las latas por sus propiedades como aislante, con el aluminio también se hacen: tapones, bandejas, bolsas, papel para envolver. La mayoría de estos productos una vez han cumplido su misión van a ser depositados a vertederos porque se reciclan en un porcentaje muy bajo.

⁵⁵ Amigos de la Tierra España. *Boletín: reciclaje de aceites usados*. http://aceite.solidario.rastrosolidario.org/?gclid=EAlaIqobChMIt7y-sM-s1QIVUyBCh1MDw_kEAAYiAAEgKBBPD_BwE. Consulta: 13 de marzo de 2017.

⁵⁶ DUARTE DÍAZ, Felipe Andrés. *Caracterización de los desechos sólidos del municipio San Antonio la Paz, departamento del progreso y propuesta para relleno sanitario*. p. 60.

- Ventajas del reciclado de aluminio:
 - Uno de los materiales que se puede reciclar a un 100 % sin disminuir su calidad.
 - Al utilizar aluminio reciclado se ahorra un 95 % de la energía empleada a partir de la producción del mineral primario.
 - Puede reciclarse indefinidamente sin perder sus propiedades.
 - Se reducen también los gastos ambientales y económicos de transporte, energía y agua.
 - En el sistema de disposición final ocupa espacio, no se degrada y es irrecuperable⁵⁷.

5.8.4.2.4. Reciclaje de vidrio

“El vidrio es reciclable en un 100 % y durante el proceso de fusión no se produce pérdida de material no sufriendo de un deterioro de su calidad por el proceso de reciclaje.

El primer paso en el proceso de reciclado de vidrio es la limpieza. Aunque el vidrio se encuentre mezclado en distintos colores no influye para la producción de nuevos envases, ya que al vidrio de color, se le trata con decolorante. Es por eso la importancia del vidrio blanco ya que es más puro y minimiza el uso de decolorante.

En el caso de los residuos domiciliarios, la situación es muy compleja, no siempre es posible conocer la procedencia y composición química de cada vidrio encontrado. En este caso, la mejor solución es separar y clasificar el vidrio por producto determinando su destino correcto⁵⁸.

- Ventajas del reciclaje de vidrio
 - Es un producto 100 % reciclable y mantiene sus cualidades.
 - Las botellas y envases con posibilidades de reutilización.
 - Es un material que tiene muchas transformaciones.
 - Se conservan adecuadamente los alimentos.

⁵⁷ Amigos de la Tierra España. *Boletín: reciclaje de aceites usados*. http://aceite.solidario.rastrosolidario.org/?gclid=EAlaIqobChMlt7y-sM-s1QIVUy BCh1MDw_ kEAAYAiAAEg KBBP D_BwE. Consulta: 13 de marzo de 2017.

⁵⁸ RAMÍREZ CAMELO, Jorge. *Propuesta del montaje de una fábrica de láminas de vidrio en Riohacha y productos secundarios a partir de vidrio reciclable*. p. 51.

- El material generado por reciclaje reduce en un 20 % la contaminación atmosférica que provocaría por el proceso habitual, y disminuye en un 40 % la contaminación de agua.

5.8.4.3. Relleno sanitario

Para una mejor disposición final de los desechos sólidos generados en el municipio de Flores, Petén, se propone la construcción de un relleno sanitario que sustituiría al vertedero municipal existente ya que no tiene un funcionamiento adecuado para el manejo y control de los desechos sólidos que es utilizado por la población como un botadero de basura a cielo abierto.

“El relleno sanitario es una técnica de disposición final de los residuos sólidos en el suelo que no causa molestia ni peligro para la salud o la seguridad pública; tampoco, perjudica el ambiente durante su operación ni después de su clausura. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más estrecha posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen.

Para la construcción de un relleno sanitario se toman en cuenta los principios básicos:

- Supervisión constante durante la construcción con la finalidad de mantener un alto nivel de calidad en la construcción de la infraestructura del relleno y en las operaciones de rutina diaria, todo esto mientras se descarga y recubre la basura compactando las celdas para conservar el relleno en óptimas condiciones, esto implica tener una persona responsable de su operación y mantenimiento.
- Desviación de las aguas de escorrentía para evitar en lo posible su ingreso al relleno sanitario.
- Considerar la altura de la celda diaria para disminuir los problemas de hundimientos y lograr mayor estabilidad.
- El cubrimiento (relleno de celdas) diario con una capa de 0,10 a 0,20 metros de tierra o material similar.
- La compactación de los residuos sólidos municipales y residuos sólidos domiciliarios con capas de 0,20 a 0,30 metros de espesor, y finalmente se cubre con tierra toda la celda. De este factor depende en buena parte el éxito del trabajo diario, pues con él se puede alcanzar a largo plazo una mayor densidad y vida útil.

- Control y drenaje de percolados y gases para mantener las mejores condiciones de operación y proteger el ambiente.
- El cubrimiento (relleno de celdas) final de unos 0,40 a 0,60 metros de espesor de tierra o material similar; además, debe realizarse de forma que pueda generar y sostener la vegetación a fin de lograr una mejor integración con el paisaje natural⁵⁹.

De acuerdo a las características del terreno municipal (condiciones topográficas) y el estudio de caracterización de desechos sólidos domiciliarios para la construcción de un relleno sanitario, se observa un terreno montañoso, gran cantidad de material para relleno y fácil de extracción, ubicado a lejanías de la población para evitar malos olores y vía de acceso accesible; se recomienda la construcción de un tipo de relleno sanitario semimecanizado por método de trinchera o zanja.

“Se llama relleno sanitario semimecanizado porque requiere maquinaria pesada de vez en cuando, principalmente, para la excavación de zanjas o trincheras; también, dependiendo del sitio y tamaño del relleno, puede requerir maquinaria para la construcción de vías internas, la preparación de la base de soporte impermeable y el sistema de drenaje de agua pluvial y lixiviados⁶⁰.”

“Cuando la población genere o tenga que disponer entre 16 y 40 toneladas diarias de RSM en el relleno sanitario semimecanizado, es conveniente usar maquinaria pesada como apoyo al trabajo manual, a fin de hacer una buena compactación de la basura, estabilizar los terraplenes y dar mayor vida útil al relleno⁶¹.”

⁵⁹ JARAMILLO, Jorge. *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*, CEPIS/OPS. p. 18.

⁶⁰ DUARTE DÍAZ, Felipe Andrés. *Caracterización de los desechos sólidos del municipio San Antonio la Paz, departamento del progreso y propuesta para relleno sanitario*. p. 67.

⁶¹ JARAMILLO, Jorge. *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*. p. 98.

Tabla XIV. **Criterios para el diseño de un relleno sanitario**

Criterio	Definición
Localización del terreno	Se recomienda que el relleno sanitario esté ubicado en la dirección o el sentido de crecimiento de la urbanización; sin embargo, para evitar conflictos con los vecinos, lo mejor es que este sitio comience a poblarse cuando concluya la vida útil de la obra; de esta manera, la comunidad podrá beneficiarse con un parque o una zona verde.
Topografía	La topografía determina el tipo y método de relleno utilizado (trinchera, área o cañón) y los requerimientos de maquinaria pesada.
Vías de acceso	El terreno deberá estar cerca de una vía principal para que sea de fácil acceso y resulten más económicos el transporte de los RSM y la construcción de la vía de penetración interna. Esta deberá permitir el ingreso fácil, seguro y rápido de los vehículos recolectores.
Condiciones hidrogeológicas	Es importante analizar el tipo de suelo sobre el que se construirá el relleno sanitario, el cual deberá ser impermeable, es decir, arcilloso; de lo contrario, se debe impermeabilizar con una capa de arcilla compactada de 0,30 metros de espesor o, en última instancia, con una geo membrana de PVC o polietileno de alta densidad.
Condiciones climatológicas	La dirección del viento predominante es importante debido a las molestias que puede ocasionar la descarga de los residuos y las labores de extracción de tierra y cobertura; a los papeles, el material liviano y el polvo que se levantan, y también al posible transporte de malos olores a las áreas vecinas.
Vida útil del terreno	Es deseable que la capacidad del sitio sea suficientemente grande para permitir su utilización por un mínimo de cinco años, a fin de que su vida útil se compatibilice con la gestión, los costos de adecuación y las obras de infraestructura.
Material de cobertura	El terreno debe tener abundante material de cobertura de fácil extracción y con buen contenido de arcilla, dada su baja permeabilidad y elevada capacidad de absorción de contaminantes. Cuando esta sea escasa en el sitio, se deberá garantizar su adquisición en forma permanente y suficiente, tomando en cuenta su disponibilidad en lugares vecinos en donde los costos de transporte no sean muy altos

Fuente: JARAMILLO, Jorge. *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*. p. 70.

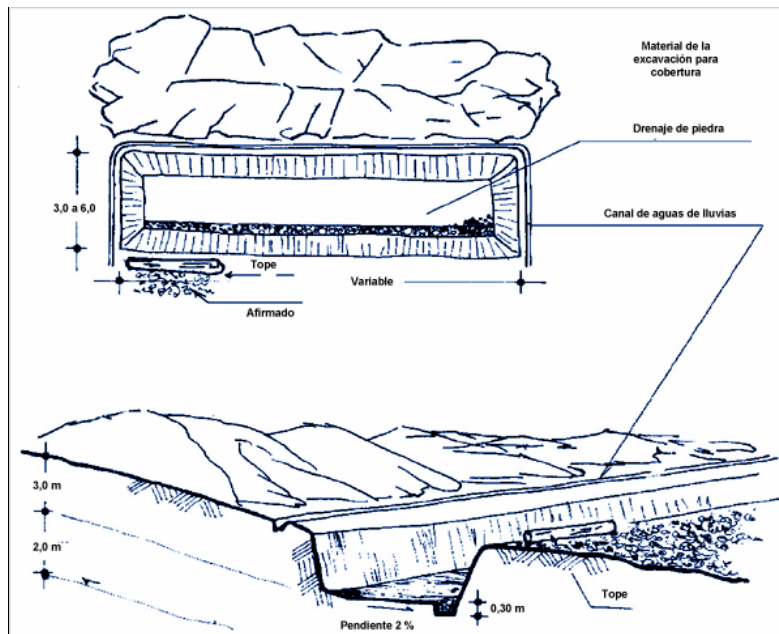
5.8.4.3.1. Método de trinchera o zanja

“Este método se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad con una retroexcavadora o un tractor de orugas. Hay experiencias de excavación de trincheras de hasta 7 metros de profundidad. Los RSM se depositan y se acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con la tierra excavada.

Se debe tener especial cuidado en períodos de lluvias dado que las aguas pueden inundar las zanjas. De ahí que se deban construir canales perimétricos para captarlas y desviarlas e incluso proveer a las zanjas de drenajes internos.

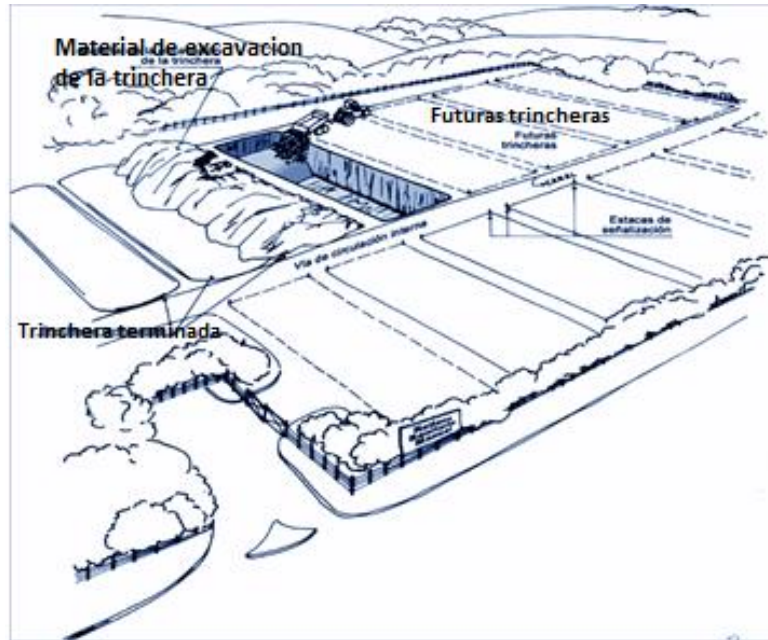
En casos extremos se puede construir un techo sobre las zanjas o bien bombear el agua acumulada. Sus taludes o paredes deben estar cortados de acuerdo con el ángulo de reposo del suelo excavado. La excavación de zanjas exige condiciones favorables tanto en lo que respecta a la profundidad del nivel freático como al tipo de suelo. Los terrenos con nivel freático alto o muy próximo a la superficie no son apropiados por el riesgo de contaminar el acuífero. Los terrenos rocosos tampoco lo son debido a las dificultades de excavación”⁶².

Figura 12. Esquema del método de trinchera o zanja



⁶² Ibíd.

Continuación de la figura 12.



Fuente: JARAMILLO, Jorge. *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*. p. 46.

CONCLUSIONES

1. Con base en la caracterización de desechos sólidos domiciliarios realizada en el barrio Villa Concepción Santa Elena de la Cruz, se obtuvo una producción per cápita de 0,30 kg/hab/día de una muestra de 50 viviendas aleatorias durante cinco días de análisis.
2. Se identifica que en su mayoría los residuos generados en las viviendas que se pueden utilizar para un proceso de reciclaje obtenidos nuevos productos y un sistema de compostaje son el plástico con un 10 %, 6 % de papel y cartón 6 %, vidrio 5 %, latas 9 % y el 22 % de restos de comida.
3. El peso de los desechos sólidos recolectados clasificados según su composición en desechos orgánicos es de 29 % y el 72 % de desechos inorgánicos. La densidad suelta de los desechos sólidos orgánicos es de 459,73 kg/m³ y la densidad de desechos inorgánicos es de 1 170,21 kg/m³. La densidad compactada de los desechos orgánicos es de 486,32 kg/m³ y la densidad de los desechos inorgánicos es de 1 220,36 kg/m³. así mismo se obtuvo un volumen de 4,71 m³.
4. La mayor parte de la población del barrio Villa Concepción paga un servicio de recolección de basura por camión privado y una pequeña parte de la población dispone de la basura depositándola en el botadero municipal por cuenta propia, tirándola a orillas de la calle, terrenos baldíos, zanjones y en ocasiones quemándola.

5. Se propone para un manejo y disposición final adecuados de los desechos sólidos, la construcción de un relleno sanitario semimecanizado para tener una mejor clasificación y separación de los desechos sólidos.
6. Se tiene como alternativa de reciclaje un sistema de compostaje generado de los desechos sólidos orgánicos recolectados en las viviendas para obtener un material utilizado como abono para uso en la agricultura.
7. Con los datos que se obtienen del estudio de caracterización de desechos sólidos domiciliarios, a las autoridades municipales del municipio de Flores, Petén se les facilitará realizar las disposiciones según sus recursos económicos y ambientales disponer de la construcción de un sistema de disposición final adecuado de los desechos sólidos.
8. La humedad de los desechos sólidos orgánicos es del 67 %, que es un parámetro que se toma en cuenta para el control y realización del compostaje.

RECOMENDACIONES

1. Concientizar a la población sobre la importancia de clasificar y separar la basura en orgánica e inorgánica para una mejor disposición final a través del apoyo de la Municipalidad de Flores, Petén, COCODE y otras instituciones encargadas sobre el medio ambiente.
2. Proporcionar más información a la población sobre qué tipos de residuos sólidos domiciliarios son reciclables y se pueden reutilizar sin ningún proceso mecanizado para evitar mezclar cantidades de basura en el botadero municipal.
3. Que la Municipalidad de Flores, Petén brinde un servicio de recolección de basura para la población en varios barrios y colonias pertenecientes al municipio de Flores que no puedan pagar el costo de empresas privadas, para evitar los botaderos clandestinos en sus alrededores.
4. Brindar mayor información e implementar por parte de instituciones encargadas el uso adecuado de bolsas o recipientes de colores para clasificar los residuos sólidos identificarlos según su composición orgánica e inorgánica.
5. Realizar un estudio de caracterización de desechos sólidos domiciliarios, comerciales e institucionales más amplio en el municipio de Flores, Petén para tener un mejor manejo y sistema de disposición final de la basura; se deben tener en cuenta los desechos sólidos generados que pueden ser reciclados y obtener nuevos productos.

6. Que a partir del estudio de caracterización de desechos sólidos domiciliarios se tome en cuenta una buena gestión ambiental desde la implementación de programas de clasificación y separación impulsados por autoridades correspondientes hasta programas de reducción de desechos sólidos; además, se tome en cuenta para que la Municipalidad de Flores, Petén realice la mejor disposición de los desechos sólidos.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALVARADO CHAY, Elder Josué. *Evaluación y propuesta de mejora de la situación actual del manejo de los desechos sólidos en el municipio de Palencia, departamento de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2010. 172 p.
2. Amigos de la Tierra España. *Boletín: reciclaje de aceites usados*. [En Línea]. <[http://aceitesolidario.rastrosolidario.org/?gclid= EAlaIQobChMlt7y-sM-s1QIVUyBCh1MDw_kEAAYAiAAEgKBBP D_BwE](http://aceitesolidario.rastrosolidario.org/?gclid=EAlaIQobChMlt7y-sM-s1QIVUyBCh1MDw_kEAAYAiAAEgKBBP D_BwE)>. [Consulta: 13 de marzo de 2017].
3. ÁNGEL ENRÍQUEZ, Teresa Alejandra. *Caracterización de residuos sólidos domiciliarios del condominio villas de la meseta, San Lucas Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 55 p.
4. BERTOLINO, Ricardo; FOGWILL, Elizabeth, CHIDIAC Martina; Cincuangelis Santiago, Forgione, María Noelia. *Participación ciudadana y gestión integral de residuos*. España: Eco clubes/Unicef, 2004. 137 p.
5. CASTILLO Manuel, HARDER U. *Gestión integral de residuos sólidos en regiones insulares*. Ecuador: Irma Larrea Oña, 2014. 214 p.

6. Congreso de la República de Guatemala. *Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente. Decreto Número 68-86.* Guatemala: Gobierno de Guatemala, 1986. 12 p.
7. Consejo de la Juventud de España. *Implantación del sistema de gestión ambiental.* España: Guía medioambiental, 31 p.
8. Consejo Municipal del Desarrollo Municipio de Flores y Segeplan. *Plan de desarrollo, Flores Petén, 2011-2025.* Guatemala: Municipalidad de Flores, 2010. 103 p.
9. COTTO STREAM, Arnaldo René. *Diseño de un sistema de gestión ambiental bajo normas ISO 14000 para una industria de colorantes de textiles.* Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 156 p.
10. DUARTE DÍAZ, Felipe Andrés. *Caracterización de los desechos sólidos del municipio San Antonio la Paz, departamento del progreso y propuesta para relleno sanitario.* Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 118 p.
11. ESCALONA GUERRA, Elieser. *Daños a la salud por mala disposición de residuales sólidos y líquidos en Dili, Timor Leste.* Cuba: Vigilancia en Salud, 2014. 277 p.
12. FIGUEROA CAMPOS, Gustavo Adolfo; GARCÍA RAMOS, Luis Gabriel. *Gestión integral de residuos con énfasis en residuos susceptibles*

a valorización y disposición final, para la cabecera departamental de Jalapa. Trabajo de maestría. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería-ERIS, 2014. 220 p.

13. Geocites. *Tratamientos de los RSU.* [En línea]. <<http://www.geocities.ws/alvaro6986/p39/rsu/tratamientos.html>>. [Consulta: 20 mayo 2017].
14. GÓMEZ BARRENA, Raquel. *Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso.* España: Universidad Autónoma de Barcelona, Departamento de Ingeniería Química, 2006. 224 p.
15. GUEVARA ROBLES, Francisco. *Manual de difusión técnica N° 01, gestión de los residuos peligrosos en el Perú.* Perú: Dirección general de salud Ambiental, DIGESA/JICA, 2006. 76 p.
16. HACHI QUINTANA, José Gabriel; RODRÍGUEZ MEJÍA, Juan Diego. *Estudio de factibilidad para reciclar envases plásticos de polietileno tereftalato (PET), en la ciudad de Guayaquil.* Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Ecuador, sede Guayaquil, Facultad de Ingeniería, 2010. 146 p.
17. IESAE. *El sistema edáfico: el suelo.* [En línea]. <http://www.iesae.com/documentos/biologiaTemarioCTMA/1305.EL_SISTEMA_EDAFICO.pdf>. [Consulta: 20 mayo de 2017].

18. JARAMILLO, Jorge. *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*, CEPIS/OPS. Colombia: Universidad de Antioquía, 2002. 303 p.
19. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, MARN-URL/IARNA-PNUMA. *Medio ambiente*. Guatemala: Informe Ambiental del Estado –GEO Guatemala, 2009. 289 p.
20. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental*. Guatemala: Gobierno de Guatemala, 2016. 14 p.
21. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. *Reglamento para el manejo de desechos sólidos hospitalarios*. Guatemala: Gobierno de Guatemala, 2001. 12 p.
22. MOTA BERREONDO, Brenda de Jesús. *La legislación ambiental de Guatemala*. Tesis de Ciencias Jurídicas y Sociales. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, 2011. 103 p.
23. P+L Centro Guatemalteco de producción más limpia. *Reporte nacional de manejo de residuos en Guatemala*. Guatemala: Programa Ambiental Regional para Centroamérica PROARCA, 2004. 52 p.
24. PANIAGUA GRANADA, Natalia María; GIRALDO SUAREZ, Erika Cristina y CASTRO BERMÚDEZ, Liliana María. *Guía para el*

adecuado manejo de los residuos sólidos y peligrosos. Colombia: alcaldía de Envigado, 2001. 32 p.

25. RAMÍREZ CAMELO, Jorge. *Propuesta del montaje de una fábrica de láminas de vidrio en Riohacha y productos secundarios a partir de vidrio reciclable*. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería, Departamento de Procesos Productivos Ingeniería Industrial, 2009. 133 p.
26. SAKURAI, Kunitoshi. *HDT 17: método sencillo del análisis de residuos sólidos*. CEPIS/OPS: Revista AIDIS de ingeniería y ciencias ambientales, 2000. 14 p.
27. SALAVERRIA REYES, Jorge Haroldo. *Protección ambiental contra la contaminación por desechos sólidos utilizando tecnología apropiada en San Lucas Sacatepéquez*. Trabajo de graduación de Arquitectura. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Arquitectura, 1991. 156 p.
28. SANDOVAL, Leandro; ALEGRE, Marcos. *Guía técnica para la clausura y conversión de botaderos de residuos sólidos*. Lima, Perú: Organización Panamericana de la salud, CONAM/CEPIS/OPS, 2004. 98 p.
29. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, SEGEPLAN. *Diagnóstico territorial de Petén. Plan de desarrollo integral de Petén*. Guatemala: Serviprensa, 2013. 181 p.

30. VÁSQUEZ RODAS DE ESTRADA, Ivette Marilú. *Gestión de residuos domiciliarios en San Andrés Itzapa municipio de Chimaltenango*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias de la Salud, 2015. 59 p.

31. VELÁSQUEZ AGUIRRE, Ludvina María. *Estrategias de concientización ante el impacto ambiental de los desechos sólidos (basura) en el área metropolitana de la ciudad de Guatemala*. Trabajo de graduación de Trabajadora Social. Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Trabajo Social, 2000. 54 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Peso de bolsas recolectadas**

Vivienda	# Habitantes	PESO EN kg				
		06-01-17	08-01-17	10-01-17	13-01-17	15-01-17
1	6	2,0	0,5	3,0	6,0	5,5
2	4	2,5	0,5	5,5	3,0	4,0
3	5	2,0	4,0	3,5	7,0	3,0
4	8	4,5	2,5	2,5	0,0	0,0
5	8	4,5	2,0	3,5	0,0	1,0
6	9	6,0	2,0	1,5	5,5	1,0
7	6	4,0	2,5	2,0	3,0	1,0
8	5	4,0	0,5	1,5	1,5	3,5
9	9	8,0	0,5	1,5	2,0	7,5
10	8	6,5	1,5	2,0	2,5	4,0
11	5	4,5	2,0	4,0	0,0	8,5
12	4	2,0	1,5	2,5	3,0	6,0
13	9	6,5	1,0	3,0	2,5	3,0
14	3	2,5	2,0	5,0	10,5	0,0
15	4	2,5	0,5	2,5	3,0	6,0
16	4	2,0	2,0	0,5	4,0	6,0
17	5	4,0	1,5	0,0	2,0	5,5
18	6	5,0	0,0	3,5	2,0	1,0
19	8	7,5	2,5	0,0	1,5	1,0
20	3	1,5	2,0	2,0	0,5	2,5
21	5	4,5	3,5	1,5	4,0	4,5
22	4	0,5	1,5	3,0	2,5	3,0
23	6	5,0	2,0	0,5	8,0	7,5
24	6	6,5	3,5	2,5	5,5	0,5
25	4	2,5	4,0	3,5	3,5	6,0
26	4	2,0	3,0	0,0	2,0	4,5
27	5	2,0	0,0	3,5	0,5	5,0
28	4	1,5	3,5	2,0	2,0	3,5
29	11	7,5	4,5	1,5	6,0	0,5
30	5	1,0	2,5	1,0	0,0	0,5
31	4	1,0	3,0	0,0	7,0	8,5
32	5	1,0	4,0	2,5	3,0	3,5
33	3	0,5	2,5	1,5	3,0	2,0
34	5	4,0	5,0	2,0	1,5	0,5
35	6	3,5	2,0	3,0	2,5	3,0
36	4	1,0	3,5	6,0	3,5	0,0
37	6	5,5	5,0	3,5	3,5	0,0
38	6	6,0	2,0	3,5	1,0	1,5
39	5	4,0	3,5	2,5	1,5	5,0
40	3	1,5	1,5	0,0	2,0	6,5

Continuación del apéndice 1.

41	4	3,0	0,0	3,0	0,0	0,0
42	5	3,0	2,0	3,0	4,5	2,0
43	3	2,5	5,5	2,5	3,0	2,0
44	5	3,5	0,5	2,0	3,5	0,0
45	5	5,0	2,5	1,5	2,5	1,0
46	4	2,0	3,0	3,5	5,0	1,0
47	8	6,5	2,5	0,5	3,0	3,5
48	5	4,0	1,5	0,0	6,5	3,0
49	6	3,0	4,5	4,0	0,0	3,0
50	8	7,5	3,5	2,5	3,5	4,0

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Encuesta



“Caracterización de desechos sólidos domiciliarios en el barrio Villa Concepción Santa Elena de la Cruz, municipio de Flores, Petén”

1. ¿Cuál es el número de personas que habitan en su vivienda.

2. En caso de utilizar recolección por camión privado. ¿Cuántas veces a la semana recoge la basura?

- a. Todos los días
- b. Una vez a la semana
- c. Dos veces a la semana
- d. Tres veces a la semana
- e. Un día sí y un día no

3. ¿Cuál es el costo mensual que paga por el servicio de recolección por camión privado?

- a. 20 - 30 (Q)
- b. 30 - 40 (Q)
- c. 40 - 50 (Q)
- d. Más de Q 50

4. ¿Usted separa la basura que se utiliza para reciclaje?

- a. Si
- b. No

Fuente: elaboración propia.

