

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE  
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS Y  
DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS EN EL MUNICIPIO DE SAN LUCAS  
TOLIMÁN, SOLOLÁ.**

POR

JOCKLIN SARITA DE LEÓN PASCUAL

CARNÉ: 201340256

MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ, OCTUBRE DE 2,019.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE  
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**Evaluación del sistema de tratamiento de los residuos y desechos sólidos  
generados en el municipio de San Lucas Tolimán, Sololá.**

**Trabajo presentado a las autoridades del Centro Universitario de Sur Occidente  
-CUNSUROC- de la Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-**

Por:

Jocklin Sarita de León Pascual

Carné: 201340256

Previo a conferirse el título que le acredita como:  
Ingeniera en Gestión Ambiental Local  
en el grado académico de Licenciada

Mazatenango, Suchitepéquez, octubre de 2019.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE**

**AUTORIDADES**

MSc. Murphy Olimpo Paiz Recinos

Rector

Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo

Secretario General

**MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO  
DE SUROCCIDENTE**

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano

Director

**REPRESENTANTES DE PROFESORES**

M.Sc. José Norberto Thomas Villatoro

Secretario

Dra. Mirna Nineth Hernández Palma

Vocal

**REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC**

Lic. Vilser Josvin Ramírez Robles

Vocal

**REPRESENTANTES ESTUDIANTILES**

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel

Vocal

PEM y TAE Rony Roderíco Alonzo Solís

Vocal

## **COORDINACIÓN ACADÉMICA**

### **Coordinador Académico**

M.Sc. Héctor Rodolfo Fernández Cardona

### **Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas**

MSc. Rafael Armando Fonseca Ralda

### **Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social**

Lic. Edín Aníbal Ortíz Lara

### **Coordinador de las Carreras de Pedagogía**

Dr. René Humberto López Cotí

### **Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos**

M.Sc. Víctor Manuel Nájera Toledo

### **Coordinador Carrera Ingeniería en Agronomía Tropical**

M.Sc. Erick Alexander España Miranda

### **Coordinadora Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local**

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes

### **Coordinador Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales,**

#### **Abogacía y Notariado**

M.Sc. José David Barillas Chang

### **Coordinador de Área Social Humanística**

Lic. José Felipe Martínez Domínguez

### **Carreras Plan Fin de Semana del -CUNSUROC-**

#### **Coordinadora de las Carreras de Pedagogía**

M.Sc. Tania Elvira Marroquín Vásquez

### **Coordinadora Carrera de Periodista Profesional y**

#### **Licenciatura en Ciencias de la Comunicación**

M.Sc. Paola Marisol Rabanales

## **DEDICATORIA**

- A DIOS:** Por guiarme en el camino correcto, porque nunca me ha abandonado, darme salud y bendición para alcanzar mis metas como persona y profesional.
- A MIS PADRES:** Cesar Augusto de León de León y Ruth Elizabeth Pascual Arévalo, por su sacrificio, amor y apoyo incondicional, por ser un pilar fundamental en mi desarrollo académico y en mi crecimiento personal.
- A MIS HERMANAS:** Ruth Nohemí, Andrea Lisette y Lourdes Gabriela, a pesar de las dificultades, los buenos momentos nos fortalecen para alcanzar nuestros objetivos.
- A MI TÍO:** Abel Julio Jacob Pascual Arévalo, por confiar siempre en mí, por su amor, consejos y apoyo incondicional.
- A MIS ABUELOS:** Juan José Pascual (+) y Olga Arévalo (+) aunque no los conocí, gracias a ellos estoy alcanzando una meta profesional en mi vida.  
Romeo Godofredo de León Joaquín y Sara Catalina de León Requena, por su amor, consejos y apoyo todo este tiempo.
- A:** Edwin Estuardo Galindo García, por todo su amor, apoyo incondicional y comprensión durante estos años.

## **AGRADECIMIENTOS**

- A:** La Universidad de San Carlos de Guatemala, por ser el alma máter que permitió formarme académicamente como profesional.
  
- A:** El Centro Universitario del Suroccidente, por ser la casa de estudios de aprendizaje.
  
- A:** La Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, por los conocimientos brindados durante la formación académica.
  
- A:** La municipalidad de San Lucas Tolimán, Sololá, por permitirme desarrollar el Ejercicio Profesional Supervisado –EPS- y realizar la presente investigación.
  
- A:** Inga. Agra. Iris Yvonnee Cárdenas Sagastume, por su asesoría y supervisión en las diferentes etapas del Ejercicio Profesional Supervisado –EPS-
  
- A:** Personal docente de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, por sus enseñanzas y contribuir a formarme académicamente.
  
- A:** A mis amigas, Lucia Porres, Anna María Molina y Betsaida Barrientos por todas las experiencias compartidas, apoyo y cariño.

## ÍNDICE

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
III. OBJETIVOS.....	4
3.1. Objetivo general.....	4
3.2. Objetivos específicos.....	4
IV. MARCO REFERENCIAL Y CONCEPTUAL.....	5
4.1. Marco referencial.....	5
4.1.1. Antecedentes históricos.....	5
4.1.2. Información general del municipio.....	5
4.1.3. Datos de población.....	8
4.1.4. Información de la planta de tratamiento de desechos sólidos de San Lucas Tolimán.....	10
4.2. Marco conceptual.....	10
4.2.1. Clasificación de los residuos.....	10
4.2.2. Muestreo.....	12
4.2.3. Caracterización de los desechos sólidos.....	12
4.2.4. Indicadores ambientales municipales.....	13
4.2.5. Gestión integrada de los residuos y desechos sólidos.....	13
4.2.6. Manejo integral de los residuos y desechos sólidos.....	13
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
5.1. Materiales.....	18
5.2. Métodos.....	18
5.2.1. Diagnóstico del sistema de tratamiento de residuos y desechos sólidos.....	18

VI.	RESULTADOS .....	27
6.1.	Evaluación del sistema de recolección domiciliar .....	27
6.1.1.	Generación .....	27
6.1.2.	Manejo .....	35
6.1.3.	Administración .....	36
6.2.	Diseño de plan de manejo de residuos y desechos sólidos. ....	38
VII.	CONCLUSIONES .....	39
VIII.	RECOMENDACIONES .....	40
IX.	BIBLIOGRAFÍA .....	42
X.	ANEXOS .....	45
10.1.	Anexo No. 1. Resultados obtenidos en las encuestas dirigidas a los usuarios del servicio de recolección municipal .....	45
10.2.	Anexo No.2. Medios de verificación de la ejecución de la caracterización de residuos y desechos sólidos. ....	46
10.3.	Anexo No. 3. Planos de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos de San Lucas Tolimán, Sololá. ....	47
10.4.	Anexo No. 4. Proyecciones de generación de residuos y desechos sólidos en el municipio de San Lucas Tolimán, Sololá .....	53
10.5.	Anexo No. 5. Diseño de plan de manejo de residuos y desechos sólidos.....	56



## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro No.</b>	<b>Página</b>
1. Datos de población proyectados, municipio de San Lucas Tolimán.....	8
2. Datos de la población objetivo, municipio de San Lucas Tolimán.....	8
3. Promedio de producción per cápita del 16 al 21 de mayo y del 18 al 22 de julio de 2016.....	9
4. Cuantificación semanal de 113 usuarios evaluados del 16 al 21 de mayo de 2016.....	9
5. Cuantificación de 145 usuarios evaluados del 18 al 22 de julio de 2016.....	9
6. Consideraciones de diseño para el proceso de compostaje aerobio.....	15
7. Número de viviendas muestreadas por conglomerado.....	20
8. Peso de los residuos y desechos sólidos durante una semana en el mes de junio de 2018.....	30
9. Densidad de los residuos y desechos sólidos de los tres estratos durante una semana en el mes de junio del 2018.....	31
10. Viviendas muestreadas en cada sector.....	32
11. Composición física de los desechos sólidos generados en el municipio de San Lucas Tolimán.....	32
12. Costos de servicio de recolección domiciliar.....	37
13. Proyección anual de residuos y desechos sólidos.....	53
14. Proyección anual de metros cúbicos necesarios para la construcción del relleno sanitario.....	54
15. Proyección anual de metros cúbicos necesarios para la producción de abono compost.....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura No.</b>	<b>Página</b>
1. Mapa de ubicación geográfica del municipio de San Lucas Tolimán.....	7
2. Mapa de ruta de recolección de residuos y desechos sólidos.....	28
3. Mapa de botaderos no autorizados del municipio de San Lucas Tolimán, Sololá.....	34
4. Caracterización de residuos y desechos sólidos en el municipio de San Lucas Tolimán, Sololá.....	46
5. Plano de localización de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos de San Lucas Tolimán.....	47
6. Plano de ubicación de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos de san Lucas Tolimán, Sololá.....	48
7. Planta de distribución de compostas.....	49
8. Planta de techos e instalación en composteras.....	50
9. Área de clasificación planta acotada de servicios.....	51
10. Área de clasificación planta de acabados y cimentación.....	52

## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar el sistema de tratamiento de los residuos y desechos sólidos del municipio de San Lucas Tolimán, Sololá, para alcanzarlo se desarrolló el diagnóstico del sistema actual, con base en tres ejes principales: generación, manejo y administración.

En el eje de generación, se hizo una encuesta para conocer el punto de vista de la población. Se procedió a caracterizar los residuos y desechos sólidos generados en el municipio, para esto se tomaron en cuenta tres estratos: domiciliario, barrido de calles y mercado.

Para la caracterización se seleccionó la muestra a través del método probabilístico aleatorio simple, se muestrearon 256 viviendas, el mercado y las calles del casco urbano. Se determinó que la producción total por semana es de 10,604.32 kilogramos de residuos y desechos sólidos con una producción diaria de 1,514.90 kg/día. El 59.66% de los desechos son orgánicos, el 34.61% son inorgánicos no recuperables y el 5.73% son inorgánicos recuperables.

En el eje de manejo, se evaluó la ruta de recolección y el manejo de cada una de las partes con las que cuenta la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos. Debido a que la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos se encuentra colapsada, la municipalidad por recomendación de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno (AMSCLAE) la clausurará, y habilitarán una nueva área para el relleno sanitario. Se liberará la plancha de cemento que actualmente está siendo utilizada como relleno sanitario y sobre esta se realizará el proceso de producción de compost a cielo abierto.

En el eje administrativo, se detalla a los responsables del manejo de la planta, el cobro del arbitrio municipal, la falta de una normativa y las condiciones de trabajo del personal operativo.

Como resultado del diagnóstico, se elaboró un plan de manejo de los residuos y desechos sólidos, basado en tres ejes, dentro del cual se propone una nueva ruta de recolección la cual debería prestar el servicio dos veces por semana para los desechos orgánicos, y una vez a la semana para los desechos inorgánicos no recuperables.

Se realizó así mismo la propuesta del reglamento de residuos y desechos sólidos presentado por la oficina de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la municipalidad, sea aprobado por el Concejo Municipal y publicado en el Diario de Centro América para que éste tenga validez y se puedan emitir sanciones a quienes no lo cumplan.

## ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the recyclable and non-recyclable waste treatment system of the municipality of San Lucas Tolimán, Sololá, in order to achieve it, the diagnosis of the current system was developed, based on three main axes: generation, management and administration.

In the axis of generation, a survey was made to know the point of view of the population. We proceeded to characterize the recyclable and non-recyclable waste generated in the municipality, for this three were taken into account: domiciliary, street sweeping and market.

For the characterization, a sample was selected through the simple random probabilistic method, 256 homes shown, in the market and streets of the urban area. The total production per week was determinate to be 10,604.32 kg of recyclable and non-recyclable waste with a daily production of 1,514.90 kg/day. 59.66% of the waste is organic, 34.61% is inorganic non-recoverable and 5.73% is inorganic recoverable.

In the axis of the waste management, the collection route and the management of each of the parts that the recyclable and non-recyclable waste treatment plant has evaluated. Because the recyclable and non-recyclable waste treatment plant is collapsed, the municipality at the recommendation of the Authority for Sustainable Management of the Lake Atitlan Basin and its Environment (AMSCLAE) will close it, and will enable a new area for sanitary landfill. The cement board that is currently being used as a sanitary landfill will be released and on this the opencast compost production process will be carried out.

In the administrative axis, those responsible for the management of the plant, the collection of the municipal discretion, the lack of regulations and working conditions of the operational staff area detailed.

As a result of the diagnosis, a recyclable and non-recyclable waste management plant was developed, based on three axes, within which a new collection route is proposed which provides the service twice a week for organic waste, and once a week for non-coverable inorganic wastes.

The proposal for the regulation of recyclable and non-recyclable waste presented by the office of Environment and Natural Resources of the municipality, was approved by the municipal council and published in the Journal of Central America, so that it is valid and can be issued sanctions to those who do not comply.

## I. INTRODUCCIÓN

El municipio de San Lucas Tolimán se encuentra localizado dentro de la cuenca del Lago de Atitlán, con una extensión territorial de 116 kilómetros cuadrados, tiene diversos microclimas y zonas de vida como Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical (cálido), Bosque Pluvial Montano Bajo Subtropical (bosque nuboso) y Bosque Muy Húmedo Subtropical (cálido). Por lo que se puede decir que tiene una biodiversidad extensa en flora y fauna, sin embargo, debido a la intervención del ser humano. Ésta se ha deteriorado con el paso del tiempo.

San Lucas Tolimán posee un sistema de tratamiento de residuos y desechos sólidos, que consiste en una planta que fue diseñada para ser construida en tres fases. La primera y segunda fase consisten en dos galeras para el almacenamiento de materiales reciclables, una guardianía y 52 piletas para la elaboración de compost. La tercera fase no fue ejecutada y consistiría en la construcción del relleno sanitario, por lo que todos los desechos inorgánicos no recuperables se encuentran depositados en el área libre de la planta sin tratamiento alguno.

El tren de aseo municipal presta el servicio al área urbana y a tres comunidades del área rural, Pachojilaj, Pacoc y La Puerta. Mediante la evaluación del sistema de residuos y desechos sólidos, se pudo determinar que en el área urbana el servicio de recolección se presta una vez a la semana y en las comunidades del área rural una vez a cada 15 días, creando disgusto en los usuarios ya que los desechos alcanzan un alto grado de descomposición.

Como resultado de la caracterización se obtuvo que la producción per cápita de residuos y desechos sólidos es de 0.44 kg/hab/día, el 59.66% son orgánicos, el 34.61% son inorgánicos no recuperables y el 5.73% son inorgánicos recuperables.

Para buscar una solución a los problemas antes descritos se realizó la investigación "Evaluación del sistema de tratamiento de los residuos y desechos sólidos

generados en el municipio de San Lucas Tolimán, Sololá” que consistió en un diagnóstico del sistema actual, una caracterización y una propuesta para el manejo integral de residuos y desechos sólidos.

La propuesta del manejo de los residuos y desechos sólidos abarca tres ejes fundamentales que son: generación, manejo y administración. Dentro del eje de generación se determinó que la población no realiza eficientemente la separación en el origen, tampoco se han impartido charlas educativas sobre el manejo adecuado de los residuos y desechos sólidos. En el eje de manejo se determinó que la infraestructura utilizada para el tratamiento de los residuos y desechos sólidos consiste en una serie de 52 piletas para la elaboración de abono compost, dos galeras para el almacenaje de materiales reciclables. Sin embargo, no cuenta con un área específica para realizar la segunda separación y el relleno sanitario. El tren de aseo no tiene un horario establecido de recolección. En el eje de administración se determinó que actualmente no se ha aprobado el reglamento de residuos y desechos sólidos municipal propuesto por la oficina de medio ambiente.



## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El municipio de San Lucas Tolimán cuenta con una planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos municipal, la cual opera desde el año 1998. En el año 2016 la organización no gubernamental ProAtitlán realizó una caracterización de los residuos y desechos sólidos del área urbana del municipio, recomendándose una mejora al sistema con la clasificación desde el origen y la construcción de un relleno sanitario para la disposición final.

Según el Instituto Nacional de Estadística, INE (2014), la población de este municipio aumenta el 3.0% cada año, lo que ocasiona que la generación de desechos sólidos también se incremente, siendo necesario que el sistema de tratamiento sea adecuado, así como la recolección y disposición final.

En el sistema de tratamiento se plantearon tres fases, construyéndose inicialmente la primera fase. En el año 2016 la Dirección Municipal de Planificación ejecutó la segunda fase del proyecto que consistió en la construcción de piletas para la elaboración de abono orgánico. Estas cuentan con un sistema de drenaje para la evacuación de los lixiviados, pero debido a que el agua de escorrentía pluvial no está canalizada; en la época lluviosa se inunda, provocando que los lixiviados se derramen en el suelo. La tercera fase del proyecto es la construcción del relleno sanitario, aún no se encuentra ejecutada, por lo que todos los desechos inorgánicos no recuperables se encuentran depositados sin ningún manejo en el área libre de la planta. La recolección domiciliar se realiza una vez a la semana, y los desechos no se encuentran separados desde el origen

Debido a la problemática presentada, se plantea la siguiente pregunta:

- ¿Cuál es el estado actual del sistema tratamiento de residuos y desechos sólidos?

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo general**

- Evaluar el sistema de tratamiento de los residuos y desechos sólidos del municipio de San Lucas Tolimán, Sololá.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Diagnosticar el sistema de tratamiento de los residuos y desechos sólidos del municipio de San Lucas Tolimán, Sololá.
- Caracterizar los residuos y desechos sólidos generados en el municipio de San Lucas Tolimán, Sololá.
- Elaborar el plan de manejo integral de residuos y desechos sólidos de San Lucas Tolimán, Sololá.

## **IV. MARCO REFERENCIAL Y CONCEPTUAL**

### **4.1. Marco referencial**

#### **4.1.1. Antecedentes históricos**

El municipio de San Lucas Tolimán es uno de los 19 municipios que conforman el departamento de Sololá, el nombre tiene dos orígenes según el Dr. Jorge Luis Arriola que son Tulimán que significa lugar donde se cosecha el tul o tulé, y Tolomán, jefe de los toltecas, del Nahoá "Tol" tolteca, y "mam" de manhuili, "gobernar". (Pic, 2008)

San Lucas Tolimán perteneció durante el período colonial al corregimiento de Santiago Atitlán, con la categoría de "guardianía". Esta situación se mantuvo al inicio de la Independencia, ya que el decreto de la Asamblea del 27 de agosto de 1836 adscribió a San Lucas Tolimán al circuito de Santiago Atitlán. Pasa a ser municipio en 1877, según el libro de nacimientos número uno archivado en la Municipalidad de San Lucas Tolimán. (Boror, 2008)

#### **4.1.2. Información general del municipio**

Según Alvarez (2008), el municipio de San Lucas Tolimán, está localizado en la cuenca del Lago de Atitlán, con las coordenadas siguientes: 14°46'26 Latitud y longitud de 91°11'15"; la cabecera municipal se encuentra a 1,591 metros de altura.

La extensión territorial del municipio es de 116 kilómetros cuadrados, los cuales en su mayoría son utilizados para zonas de cultivo. La principal carretera asfaltada conduce por el municipio de Patulul, Suchitepéquez hacia la Costa Sur, capital y Sur Occidente del país.

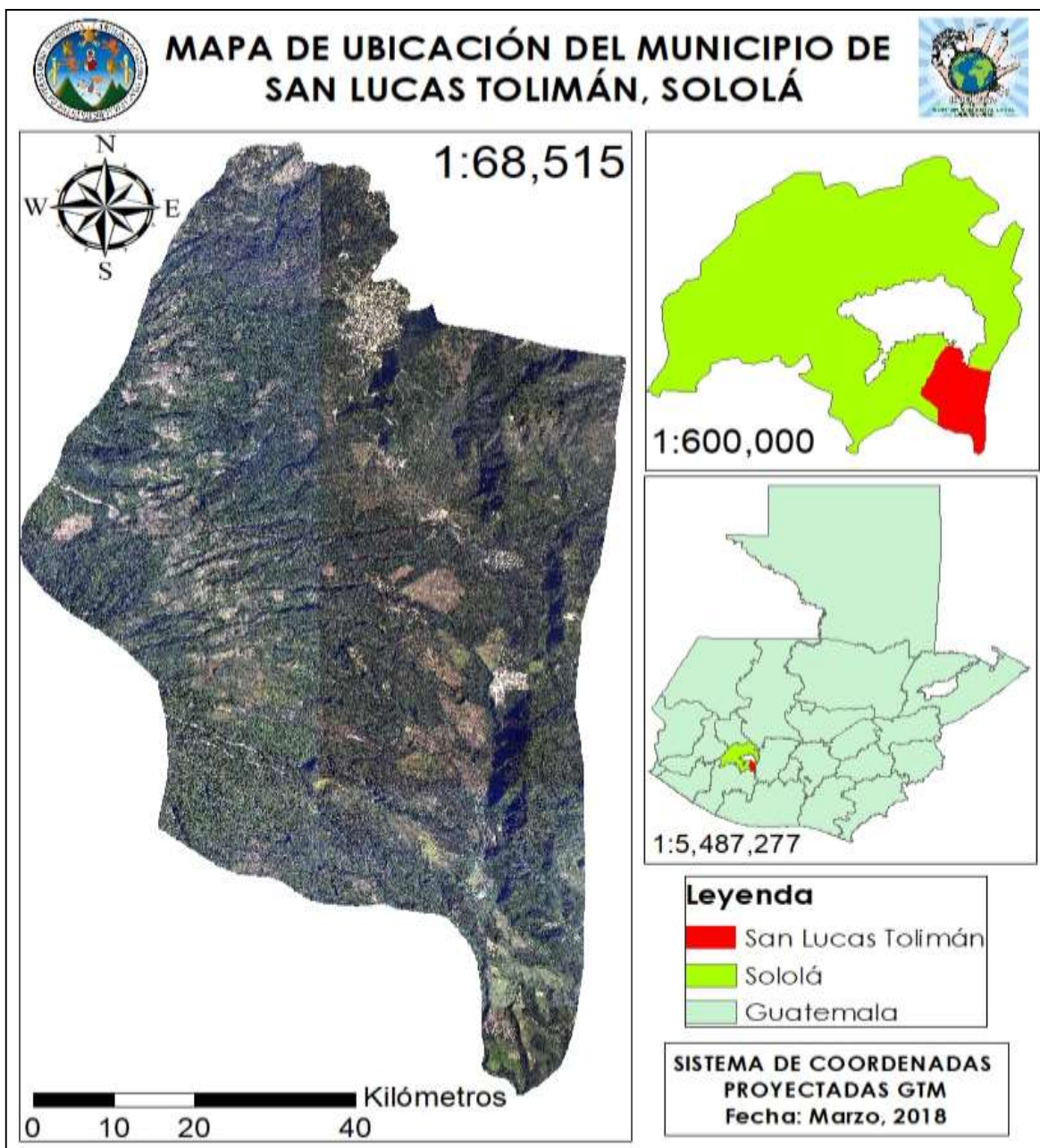
Según Pic (2008), en la parte baja del municipio la temperatura promedio se encuentra en el rango de 24 a 30 grados centígrados. En la región alta va de 18 a 24 grados centígrados; la precipitación promedio anual varía entre 2,000 a 4,000, milímetros en la parte baja del municipio (800 – 1,600 msnm) y en la región alta (1,600 – 2,400 msnm) la precipitación oscila entre 1,000 a 2,000 milímetros mensuales.

Entre los meses de noviembre a febrero, donde ocurren las temperaturas más frías, el viento predominante es del norte, por otro lado, durante la época de lluvias el viento predominante es del sur por influencia del Océano Pacífico. (USAID, 2010)

Según Cruz, JR. de la (1976), las zonas de vida en las que se encuentra el municipio de San Lucas Tolimán Sololá, debido a su ubicación geográfica son: Bosque Muy Húmedo Subtropical (cálido) (bmh-S(c)), Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical (bh-MB) y Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical (bmh-MB).

Las colindancias del municipio son las siguientes:

- Al Norte: con el lago de Atitlán y el municipio de San Antonio Palopó, Sololá.
- Al Este: con los municipios de Pochuta y Patzún, Chimaltenango.
- Al Sur: con el municipio de Patulul, Suchitepéquez.
- Al Oeste: con el municipio de Santiago Atitlán, Sololá.



**Figura No. 1.** Mapa de ubicación geográfica del municipio de San Lucas Tolimán.

**Nota:** Mapa de ubicación del municipio de San Lucas Tolimán a nivel departamental y nacional.

### 4.1.3. Datos de población

Según el INE (2014), la tasa de incremento poblacional es del 3.0% y los datos proyectados para el año 2018 de la población del municipio de San Lucas Tolimán, Sololá es de 34,429 habitantes.

- **Población urbana y rural**

Según las proyecciones realizadas con la tasa de crecimiento poblacional del 3.0% de INE (2014), la población del área urbana para el año 2018 es de 20,338 habitantes y en el área rural de 14,091 habitantes.

El servicio de recolección de residuos y desechos sólidos, cubre a una población de 20,342 habitantes para el 2018.

**Cuadro No. 1.** Datos de población proyectados, municipio de San Lucas Tolimán

PROYECCIÓN DE DATOS DE POBLACIÓN DEL AÑO 2002, 2018 Y 2038											
No.	MUNICIPIO	CATEGORIA	POBLACION TOTAL			ÁREA					
						URBANA			RURAL		
			2002	2018	2038	2002	2018	2038	2002	2018	2038
0	SAN LUCAS TOLIMAN	MUNICIPIO	21,455	34,429	62,223	12,674	19,411	36,733	8,781	13,448	25,450

**Cuadro No. 2.** Datos de la población objetivo, municipio de San Lucas Tolimán

POBLACIÓN OBJETIVO											
No.	Lugar	Categoría	2002	2018	2038	Urbana			Rural		
						2002	2018	2038	2002	2018	2038
1	SAN LUCAS TOLIMAN	PUEBLO	8,670	13,278	22,623	8,670	13,913	25,128	-	-	-
2	LA PUERTA	CASERIO	157	240	410	-	-	-	157	252	455
3	PACHOJILA	CASERIO	1,374	2104	3585	-	-	-	1,374	2,205	3,982
4	PACOC	CASERIO	195	299	509	-	-	-	195	313	565
5	COLONIA SAN GREGORIO	COLONIA	2,280	3492	5949	2,280	3,659	6,608	-	-	-

**Nota:** los datos de población proyectados están basados en el censo realizado por el INE en el año 2002, para dicha proyección se utilizó una tasa de incremento poblacional de 3.0% propuesta por el INE, 2014.

- **Generación de desechos domiciliarios**

Según la caracterización realizada por ProAtitlán (2016), la producción per cápita de desechos sólidos domiciliarios en el área urbana del municipio de San Lucas Tolimán fue de 0.42 kg/hab/día determinada en los periodos comprendidos del 16 al 21 de mayo y del 18 al 22 de julio de 2016.

**Cuadro No. 3.** Promedio de producción per cápita del 16 al 21 de mayo y del 18 al 22 de julio de 2016.

Producción Per Cápita		
Producción per cápita/hab/mes	11.76	Kg/hab/mes
Producción per cápita/hab/semana	2.94	Kg/hab/semana
Producción per cápita/hab/día	0.42	Kg/hab/día

Fuente: ProAtitlán (2016).

**Cuadro No. 4.** Cuantificación semanal de 113 usuarios evaluados del 16 al 21 de mayo de 2016.

Cuantificación de desechos sólidos semanal				
Tipo de desecho	Cuantificación Lbs.	Cuantificación en quintales	Cuantificación toneladas métricas	Porcentaje
Orgánico	2386	23.86	1.193	59.04
Reciclables	221	2.21	0.115	5.47
No reciclables	1,434	14.34	0.717	35.49
<b>TOTAL</b>	<b>4,041</b>	<b>40.41</b>	<b>2.02</b>	<b>100</b>

Fuente: ProAtitlán (2016).

**Cuadro No. 5.** Cuantificación de 145 usuarios evaluados del 18 al 22 de julio de 2016.

Cuantificación de desechos sólidos semanal				
Tipo de desecho	Cuantificación Lbs.	Cuantificación en quintales	Cuantificación toneladas métricas	Porcentaje
Orgánico	1931	19.31	0.9655	44.88
Reciclables	883	8.83	0.4415	20.52
No reciclables	1,489	14.89	0.7445	34.60
<b>TOTAL</b>	<b>4,303</b>	<b>43.03</b>	<b>2.15</b>	<b>100</b>

Fuente: ProAtitlán (2016).

#### **4.1.4. Información de la planta de tratamiento de desechos sólidos de San Lucas Tolimán**

La planta de tratamiento de desechos sólidos, cuenta con una garita, un muro perimetral, una galera para el acopio de materiales reciclables y 52 piletas techadas con láminas galvanizadas para la elaboración de abono orgánico con una capacidad de 3 m<sup>3</sup> cada una, también con un sistema de drenaje que evacua los lixiviados hacia una laguna de sedimentación a la que no se le proporciona tratamiento.

Actualmente la planta de tratamiento no cuenta con la tercera fase que es el relleno sanitario, por lo que los desechos inorgánicos no recuperables se encuentran dispersos en toda el área libre de la planta. (ver Anexo No. 3, pág. 47)

### **4.2. Marco conceptual**

Para Occidente Limpio (2015), residuo es cualquier material de desecho que se produce tras la fabricación y utilización de bienes de consumo y que se abandona después de ser utilizado. No tienen valor económico para el usuario, pero si un valor comercial para su recuperación. Las normas para el manejo de los desechos sólidos de origen doméstico, comercial, industrial, o de cualquier otra naturaleza que no sean peligroso (2009), desecho es el material resultante de cualquier proceso o actividad que esté destinado al desuso, que no vaya a ser utilizado, recuperado o reciclado.

#### **4.2.1. Clasificación de los residuos**

Según Peña (2008), las clasificaciones por origen son: domiciliarios, urbanos o municipales, de construcción, hospitalarios o de centros de atención de salud, portuarios, agrícolas, ganaderos y forestales.



Para Martínez (2005), los residuos pueden ser clasificados utilizando diferentes criterios, así se tiene, por ejemplo: estado, origen, tipo de tratamiento al que serán sometidos o potenciales efectos derivados del manejo y por su composición física. También indica, que las clasificaciones por estado son: sólidos, semisólidos, líquidos y gaseosos. Otra clasificación en función de los potenciales efectos derivados del manejo son:

- **Residuos peligrosos**, son aquellos que por su naturaleza son inherentemente peligrosos, produciendo efectos adversos para la salud o el ambiente.
- **Residuos peligrosos no reactivos**, son peligrosos, que han sufrido algún tipo de tratamiento por medio del cual han perdido su naturaleza reactiva.
- **Residuos inertes**, son los que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas.
- **Residuos no peligrosos**, son los residuos domésticos, los residuos de poda y los de barrido.

Según Barradas (2009), la clasificación por su composición física se refiere a la determinación de las características cualitativas de los desechos sólidos y se clasifica en:

- **Orgánicos**, son los materiales residuales que en algún momento tuvieron vida, formaron parte de un ser vivo o derivan de los procesos de transformación de combustibles fósiles.
- **Inorgánicos**, son residuos no biodegradables, no combustibles que provienen generalmente de la utilización de los recursos minerales como: vidrio, metales, residuos de construcción y demolición de edificios, tierras, escombros, entre otros. Los desechos inorgánicos se clasifican en:
  - **Recuperable**: poseen aún valor económico y se puede incorporar nuevamente a un proceso productivo (Plástico, chatarra, aluminio, vidrio, cartón y papel seco). (Mijangos, 2002)

- **No recuperable:** no poseen ningún valor económico y no pueden ser utilizados en ningún proceso productivo (textiles, duroport, bolsas plásticas, tetra pack, pañales desechables). (Esquinca, 2005)

#### 4.2.2. Muestreo

Es la ciencia y arte de controlar y medir la confiabilidad de la información estadística útil a través de la teoría de la probabilidad. (Vivanco, 2005)

- **Muestreo probabilístico:** son aquellos métodos que se basan en el principio de equiprobabilidad. Es decir, aquellos en que todos los individuos tienen la misma probabilidad de ser elegidos para formar parte de una muestra y, consiguientemente, todas las posibles muestras de tamaño  $n$  tienen la misma probabilidad de ser seleccionadas. (Universidad de Sonora, s.f.)
- **Muestreo aleatorio simple:** es la técnica de muestreo en la que todos los elementos que forman el universo y que por lo tanto están descritos en el marco muestral, tienen idéntica probabilidad de ser seleccionados para la muestra. La selección es al azar. (Navarro, 2011)

#### 4.2.3. Caracterización de los desechos sólidos

Según Mijangos (2002), la caracterización se ejecuta para conocer las características de los desechos sólidos del lugar en estudio y contar con los antecedentes necesarios para dar la solución a los problemas encontrados. Delimita actividades vinculadas con las instalaciones correspondientes a sistemas de manejo de desechos sólidos, como la planificación/diseño de plantas de tratamiento (adecuado funcionamiento), y la investigación de métodos de reciclaje y eliminación. Los aspectos que deben caracterizarse principalmente son: producción per cápita, peso volumétrico y composición de la basura.

#### **4.2.4. Indicadores ambientales municipales**

Para MARN (2005), los indicadores ambientales municipales, son un conjunto de parámetros que proporcionan información sobre el estado de la relación entre los vecinos del municipio y el medio ambiente. Los indicadores en Guatemala, fueron propuestos por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), con el propósito de facilitar el seguimiento y la evaluación de la gestión de las municipalidades.

También reportan que, la cantidad de desechos sólidos generada en el municipio es un indicio de la eficiencia de los recursos, así como la presión que se ejerce sobre el medio ambiente al utilizarlo como sumidero para absorber los desechos y la contaminación. Los indicadores entonces, describen los hábitos de consumo, niveles socioeconómicos y actividades que caracterizan al área que se analiza.

#### **4.2.5. Gestión integrada de los residuos y desechos sólidos**

Según Peña (2008), es el conjunto de operaciones y disposiciones encaminadas a dar a los residuos producidos, el destino adecuado desde el punto de vista ambiental, de acuerdo con sus características, procedencia, costos, tratamiento, aprovechamiento, comercialización y disposición final.

La gestión integrada de los residuos y desechos sólidos son un conjunto de actividades técnicas, administrativas, planificación, coordinación, concentración y diseño de estrategias, planes y programas de manejo apropiado de residuos y desechos sólidos.

#### **4.2.6. Manejo integral de los residuos y desechos sólidos**

Para Mijangos (2002), el manejo integral de los residuos y desechos sólidos, son operaciones destinadas a proporcionar los residuos producidos en una zona, un

destino adecuado enfocado al tema ambiental y tomando en cuenta sus características físicas. Este manejo debe contemplar:

- **Tratamiento**, son operaciones destinadas a realizar la transformación de los residuos en las mejores condiciones de higiene y de protección del medio ambiente. Los más utilizados son el vertedero controlado, el reciclado y el compostaje.
- **Recuperación**, es la recuperación de forma directa o indirecta de los componentes que contienen los residuos sólidos. La recuperación puede dividirse en dos categorías: reutilización y reciclaje.
- **Relleno sanitario o vertedero controlado**, es una técnica de eliminación final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia ni peligro para la salud y seguridad pública, tampoco perjudica al ambiente.

#### **5.2.6.1. Fases de un sistema de tratamiento**

##### **a. Recolección de residuos sólidos urbanos (RSU)**

Según Barradas (2009), la recolección de RSU incluye la toma de los residuos sólidos, así como su transporte hasta el lugar de disposición final. La descarga del vehículo de recolección es considerada como parte de la operación. Usualmente los métodos de recolección varían en función de si existe o no separación de residuos en el origen.

##### **b. Instalaciones de selección, recuperación y tratamiento**

Según el documento Plantas de recuperación/tratamiento de residuos sólidos urbanos (2000), el residuo sólido urbano ingresa a la planta en bolsas comunes (no existiendo separación previa). Estos pasan luego al área de selección por color/calidad/tipo y se envía al área de prensado/armado de fardos. Los fardos se

almacén hasta su comercialización a empresas de reciclado. Los residuos no recuperados son enviados a un relleno sanitario debidamente construido.

### c. Proceso de compostaje

Según el documento Plantas de recuperación/tratamiento de residuos sólidos urbanos (2000), Los residuos sólidos municipales, no separados en la fuente, no son aceptables para la producción de compost de calidad. Los residuos que proveen más ventajas para el compostaje son las siguientes:

- Residuos con alto contenido de materia orgánica biodegradable de mercados de frutas y verduras, de plantas de procesamiento de alimentos, restaurantes y negocios de servicio, mataderos, parques y jardines públicos, etc.
- Lodos derivados de los tratamientos biológicos de aguas residuales provenientes del procesamiento de alimentos, industrias textiles y de la madera.
- Fracciones orgánicas contenidas en los residuos domésticos.

**Cuadro No. 6.** Consideraciones de diseño para el proceso de compostaje aerobio.

PARÁMETRO	OBSERVACIONES
Tamaño de partícula	Para resultados óptimos el tamaño de los residuos sólidos debería estar entre 15 y 30 mm.
Relación (C/N) carbono /nitrógeno	Las relaciones iniciales de carbono y nitrógeno (por masa) de entre 25 y 50 son óptimas para el compostaje aerobio. Con relaciones más bajas se emite amoníaco y también se impide la actividad biológica. Con relaciones más altas, el nitrógeno puede ser un nutriente limitante.
Mezcla y siembra	El tiempo de compostaje puede reducirse mediante la siembra con residuos sólidos parcialmente descompuestos, aproximadamente del 1 al 5% en peso. También pueden añadirse fangos de aguas residuales a los residuos sólidos preparados.
Contenido de humedad	El contenido en humedad debería estar entre el 40 y el 50% durante el compostaje. El valor óptimo parece ser el 45%.
Mezcla/volteo	Para prevenir el secado, encostramiento y la canalización de aire, el material debe ser mezclado o volteado regularmente. La frecuencia de la mezcla o volteo dependerá del tipo de compostaje.
Temperatura	Para obtener mejores resultados, la temperatura debería mantenerse entre 55 y 60°C para el resto del período de compostaje activo. Si la temperatura sube por encima de 66°C, la actividad biológica se reduce significativamente, por proceso de pasteurización.
Control de patógenos	Si se lleva a cabo correctamente, se pueden destruir todos los patógenos, hierbas malas y semillas, durante el compostaje. Requisitos de oxígeno La cantidad teórica de oxígeno necesario puede estimarse utilizando la relación estequiométrica. El aire con por lo menos el 50% de la concentración del oxígeno inicial restante debería llegar a todas las partes del material que está compostándose.
Control de pH	Para lograr una descomposición aerobia óptima, el pH debería permanecer en el rango de 6,5 a 8,0.
Grado de descomposición	El grado de descomposición puede estimarse mediante la medición de la bajada final de temperatura, el grado de la capacidad de auto calentamiento, la cantidad de materia orgánica descomponible y resistente en el material compostado, la subida en el potencial redox, la absorción de oxígeno, el crecimiento del hongo <i>Chaetomium gracilis</i> , y el ensayo almidón-yodo.

Fuente: Tchobanoglous (1996).

#### **d. Relleno sanitario**

Es la técnica generalizada más utilizada que permite una eliminación final y completa de los residuos, con la posibilidad de implantación de técnicas de reciclaje complementarias en la zona del relleno. Según Barradas (2009), los residuos sólidos urbanos más usuales que se pueden tratar en un relleno sanitario son:

Como disposición normal:

- Domiciliarios
- Comerciales (cartón, papel, etc.)
- De establecimientos mercantiles
- Procedentes de limpieza viaria, zonas verdes y zonas recreativas (tierras, papeles, hojas, ramas, etc.)
- Muebles y enseres inútiles (lavadoras, frigoríficos, etc.)
- De construcción y obras menores de reparación domiciliaria (escombros)
- Industriales asimilables a los domiciliarios (residuos de comedor, limpieza de oficinas, etc.)
- Industriales inertes, no inflamables (arenas, cascarillas, etc.)

Como disposición especial:

- Hospitalarios, sólo cuando no sea posible su tratamiento específico
- Alimentos decomisados en malas condiciones
- Procedentes de mataderos
- Animales muertos
- Lodos procedentes de plantas depuradoras de aguas residuales que no sean tóxicos ni peligrosos
- Lodos procedentes de plantas potabilizadoras

### e. Laguna de lixiviados

Los lixiviados son líquidos que se generan por la liberación de exceso de agua de los residuos sólidos y la percolación de agua pluvial, estos se recolectan a través de un sistema de tuberías y deben de manejarse mediante un tratamiento de acuerdo a sus características, las cuales deben ser analizadas previamente, ya que son variables dependiendo de la composición de los residuos sólidos.

- **Tratamiento:** son apropiadas para la remoción de orgánicos, especialmente si el pretratamiento anaeróbico es seguido por sistemas aeróbicos o aireados. Sin embargo, todos estos sistemas no eliminan satisfactoriamente el nitrógeno amoniacal. Se han empleado satisfactoriamente agentes biológicos rotativos para la nitrificación (Barradas, 2009).

Los procesos fisicoquímicos (tales como floculación y adsorción, ósmosis inversa) pueden ser aptos para lixiviados débiles. La ósmosis inversa puede también utilizarse para remover nitrógeno amoniacal y AOX, pero no se ha encontrado solución para la disposición del concentrado (Barradas, 2009).

- **Recirculación de lixiviados:** Muchos experimentos han demostrado que la recirculación puede representar un pretratamiento efectivo para los lixiviados, aunque este método por sí solo no es suficiente para obtener mejoría cualitativa considerable. Con la recirculación, los volúmenes de lixiviado pueden reducirse dramáticamente por evaporación cuando se usa infiltración superficial (Barradas, 2009).

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. Materiales

Los materiales utilizados para la caracterización de residuos y desechos sólidos fueron los siguientes:

<b>Cantidad</b>	<b>Artículo/instrumento</b>	<b>Precio</b>
1	Balanza tipo romana	Q. 240.00
10	Costales	Q. 25.00
6	Mascarillas desechables	Q. 30.00
1	Cinta métrica	Q. 10.00
1	Borrador	Q. 1.00
3	Pares de guantes de hule	Q. 45.00
3	Yardas de Nylon de colores	Q. 25.00
1	Lápiz	Q. 2.00
1	Vehículo tipo pick up.	Q. 200.00
2	Toneles plásticos	-----
1	Calculadora, cámara fotográfica y computadora	-----
--	Mano de obra y asesoría caracterización	Q. 12,000
--	Plan de manejo integral de RDS	Q. 7,000
<b>TOTAL</b>		<b>Q. 19,578.00</b>

### 5.2. Métodos

Para la evaluación del sistema de tratamiento de los residuos y desechos sólidos del municipio de San Lucas Tolimán, Sololá, se siguió la siguiente metodología:

#### 5.2.1. Diagnóstico del sistema de tratamiento de residuos y desechos sólidos

Para la elaboración del diagnóstico se siguieron los siguientes ejes:

##### 6.2.1.1. Generación

###### a. Separación en el origen

La separación en el origen de residuos y desechos sólidos se evaluó mediante una encuesta a los habitantes del municipio de San Lucas Tolimán. Con la ejecución de



la caracterización se corroboraron los resultados de la encuesta, con la finalidad de respaldar los datos obtenidos. (ver Anexo No. 1, pág. 45)

#### **b. Recolección y transporte**

En esta etapa se recorrió la ruta del tren de aseo municipal, para describir el proceso de recolección. También se realizó la encuesta a los habitantes, sobre la calidad y funcionamiento que presta el servicio de recolección (ver Anexo No. 1, pág. 45)

#### **c. Caracterización de los residuos y desechos sólidos urbanos**

Para la ejecución de la caracterización de residuos y desechos sólidos urbanos del municipio de San Lucas Tolimán, Sololá, se realizó lo siguiente:

- **Población objetivo**

La población objetivo la constituyeron los habitantes del casco urbano y las comunidades de Pacoc, La Puerta y Pampojiláj, del municipio de San Lucas Tolimán, Sololá.

- **Diseño del muestreo**

La muestra se seleccionó usando el método probabilístico aleatorio simple, y se utilizaron los criterios de la ruta de recolección del tren de aseo municipal para distribuir la muestra de acuerdo a los sectores que abarcan el servicio de recolección municipal de San Lucas Tolimán, Sololá.

La identificación de la muestra en cada sector se realizó colocando calcomanías enumeradas del 1 al 256, en cada vivienda a muestrear un número de identificación en las puertas. Para la recolección de residuos y desechos sólidos de la muestra se

utilizó un vehículo tipo pick up. Además, se registró el número de viviendas que realizaron la separación en el origen

- **Toma de la muestra**

La muestra se calculó utilizando la fórmula propuesta por el método probabilístico aleatorio simple (Vivanco, 2005):

$$n = \frac{N * Z^2 * P * Q}{d^2 * (N - 1) + Z^2 * P * Q}$$

En donde:

n = tamaño de la muestra

N = tamaño de la población de estudio = 3390 viviendas

Z = nivel de confianza (90% - 1.65)

P = probabilidad de éxito, o proporción esperada (50% - 0.5)

Q = probabilidad de fracaso (50% - 0.5)

d = precisión, Error máximo admisible en términos de proporción (5% - 0.05)

Para determinar la cantidad de viviendas a muestrear se contaron las viviendas por las que pasa el tren de aseo, y se calculó el porcentaje que representa cada sector respecto al número total de viviendas que utilizan el servicio de recolección municipal.

**Cuadro no. 7.** Número de viviendas muestreadas por sector

<b>Día</b>	<b>Sector</b>	<b>% que representa</b>	<b>Viviendas a muestrear</b>
Lunes	Amarillo	17%	44
Martes	Negro	14%	36
Miércoles	Rosado	18%	46
Jueves	Anaranjado	37%	95
Sábado	Azul	8%	20
Domingo	Verde	6%	15
<b>Total</b>		<b>100%</b>	<b>N = 256</b>

**Nota:** ver figura No. 2, pág. 28

Se tomó sólo una vez la muestra debido a que el tren de aseo pasa en cada vivienda una vez a la semana.

Para el mercado se tomó en cuenta la totalidad de desechos generados los días de plaza, que son martes, viernes y domingo, debido a que los desechos que se generan en los días lunes, miércoles, jueves y sábado se integran con los días de plaza. La cantidad de desechos generados en el mercado se calculó tomándolos en su totalidad por una semana antes de ser enviados al camión que los transporta.

#### **d. Cálculo de los indicadores ambientales municipales**

Con la metodología propuesta por MARN (2005), se calcularon los indicadores ambientales, producción per cápita, densidad o peso volumétrico, composición física, cobertura de recolección y dispersión y concentración de la disposición final de desechos sólidos, para determinar el manejo actual de los residuos y desechos sólidos de la siguiente manera.

- **Cálculo de la PPC**

Para calcular la producción per cápita de desechos sólidos se tomaron en cuenta tres estratos: los desechos generados en los domicilios, los desechos generados por los servicios municipales (limpieza pública y parque municipal), y los desechos generados en el mercado. Para este cálculo se utilizaron las siguientes fórmulas:

- **Producción per cápita domiciliar**

$$\text{PPC (kg/habitante/día)} = \left(\frac{1}{7}\right) * \frac{\left(\frac{A1}{B1}\right) * P1}{P1}$$

Dónde:

A1= peso de desechos sólidos de una semana completa de vivienda

B1= número de habitantes correspondiente a la muestra

P1= número total de habitantes del municipio

- **Producción diaria de mercado**

$$\text{PPC (Kgs/dia)} = \left(\frac{1}{7}\right) * A2$$

Donde:

A2 = peso de desechos sólidos de una semana completa de mercado

- **Producción diaria de barrido de calles**

$$\text{PPC (Kgs/dia)} = \left(\frac{1}{7}\right) * A3$$

Dónde:

A3 = peso de desechos sólidos de una semana completa de mercado

- **Cálculo de la densidad o peso volumétrico**

La densidad se determinó después de haber clasificado los desechos, el siguiente procedimiento se realizó por tipo de desecho:

- Se depositaron los desechos en un tonel con dimensiones conocidas ( $m^3$ ) y se compactaron por medio de presión, ya compactados los desechos se midió la altura de la basura en el tonel.
- Se utilizó la siguiente ecuación para el cálculo del volumen.

$$V(m^3) = \pi * r^2 * h$$

Donde:

$\pi = 3.1416\dots$

$r^2 =$  radio al cuadrado ( $m^2$ ) del recipiente

$h =$  altura (m) del recipiente

Para calcular la densidad se utilizó la formula siguiente propuesta:

$$Pv = Pd/V$$

En donde:

Pv = peso volumétrico de los desechos, expresado en kg/m<sup>3</sup>

Pd = peso de los desechos expresado en kg

V = unidad de volumen, expresada en m<sup>3</sup>

- **Composición física**

La composición física de los desechos se determinó por medio de la separación de los desechos sólidos tomados en el muestreo.

Primero se pesaron los desechos sin separar para obtener el peso total de la muestra recolectada, luego se separó y pesó de acuerdo a su composición física; para determinar el porcentaje se realizó una regla de tres simple. Esto se realizó por cada estrato.

La clasificación fue la siguiente:

- Orgánicos: restos de comida, residuos de jardinería, papel de baño, papel mojado.
- Inorgánicos recuperables: plástico reciclable, chatarra, aluminio, cartón y papel seco, vidrio.
- Inorgánicos no recuperables: telas, duroport, bolsas plásticas, desechos peligrosos y bio-infeccioso.

Al obtener los datos del pesaje total general de los estratos y de cada una de las separaciones, se realizó una relación entre ambos datos, utilizando la siguiente ecuación:

$$\% = \frac{PTC * 100}{PT}$$

Dónde:

PTC = peso total de cada clasificación de residuos y desechos sólidos

PT = Peso total

- **Cobertura de recolección de desechos sólidos.**

Para calcular este indicador se determinó el número de viviendas con servicio, la cantidad de habitantes por vivienda y el total de la población de estudio. Para calcular la cobertura de recolección se utilizó la siguiente fórmula:

$$Cr = \left( \frac{(Vser * Hpro)}{Thu} \right) * 100$$

Dónde:

Cr = cobertura de recolección de desechos sólidos

Vser = población del área de estudio con servicio

Hpro = número de habitantes por vivienda

Thu = número total de habitantes del área de estudio

- **Dispersión y concentración de la disposición final de desechos sólidos**

- Mediante la ayuda del software QGIS se realizó un mapa con la ubicación de los basureros no autorizados en el área urbana del municipio y se calculó el área que ocupa cada uno de ellos.
- Se sumaron las áreas expresadas en hectáreas (cantidad de m<sup>2</sup>/10,000)
- Se determinó el área urbana total (en hectáreas)

Y para determinar la dispersión se utilizó la siguiente fórmula:

$$Dbas = \left( \frac{Hbas}{Hurb} \right) * 100$$

Donde:

Hbas = número de hectáreas ocupadas por basureros clandestinos

Hurb = número de hectáreas del área de estudio total

### **6.2.1.2. Manejo**

#### **a. Infraestructura de la planta de tratamiento**

Para la evaluación de la infraestructura de la planta de tratamiento se hicieron visitas con la participación de dos ingenieros civiles que se encargan de evaluar obras municipales. Se revisaron los planos, se documentó el estado de la planta y se evaluaron las condiciones físicas de la planta de tratamiento. (ver Anexo No. 3, pág. 47)

Para la evaluación física se utilizaron los siguientes criterios de infraestructura del estado general de la planta: presencia de grietas, dimensiones necesarias para el tratamiento de residuos y desechos sólidos; así como también los servicios básicos de higiene, necesarios para el trabajador.

#### **b. Tratamiento de los residuos y desechos sólidos**

Mediante una lista de chequeo se evaluó que la planta de tratamiento contara con todas las fases requeridas, las cuales son: área para una segunda separación de residuos y desechos sólidos, área destinada para el tratamiento de desechos orgánicos, área de compactación, relleno sanitario y tratamiento de lixiviados.

Se verificó si existe el área de la segunda separación con una plancha de concreto amplia para verter y separar los residuos y desechos de acuerdo a sus características (PET, aluminio, papel, duroport, vidrio, etc.), el área de tratamiento de desechos orgánicos con dimensiones adecuadas para voltear la materia orgánica y conductos que permitan la evacuación de los lixiviados.

También se verificó la existencia del área de compactación, la cual tiene como finalidad disminuir el volumen de los desechos que se depositen en el relleno

sanitario. se consultó con el encargado de la planta la existencia de un relleno sanitario y comprobó en la visita de campo.

### **6.2.1.3. Administración**

#### **a. Análisis del sistema de tratamiento de desechos sólidos**

Con base en los resultados de la caracterización se realizó un análisis para determinar las condiciones que debe poseer la planta de tratamiento, se utilizaron los indicadores ambientales establecidos por el Ministerio Ambiente y Recursos Naturales y de acuerdo a ellos se determinaron las condiciones que debe poseer el sistema de tratamiento de residuos y desechos sólidos.

Entre los parámetros utilizados se encuentra la producción per cápita, que determina la cantidad de desechos generados por habitante en un día, este dato fue utilizado para establecer las dimensiones adecuadas de la planta, al igual que el parámetro de densidad o peso volumétrico. La composición física se utilizó para verificación de las áreas destinadas para los desechos orgánicos, inorgánicos recuperables y no recuperables. La cobertura de recolección se utilizó para determinar el porcentaje de población que utiliza el servicio de recolección y con base a este dato generar propuestas para ampliar la cobertura.

#### **b. Propuesta de manejo de residuos y desechos sólidos**

Para la elaboración de la propuesta de manejo se tomaron en cuenta los resultados obtenidos de la caracterización y del diagnóstico del sistema de tratamiento actual de residuos y desechos sólidos, utilizando estos datos en la determinación de las acciones a implementar en la mejora del manejo integral de los residuos y desechos sólidos.



## VI. RESULTADOS

### 6.1. Evaluación del sistema de recolección domiciliar

#### 6.1.1. Generación

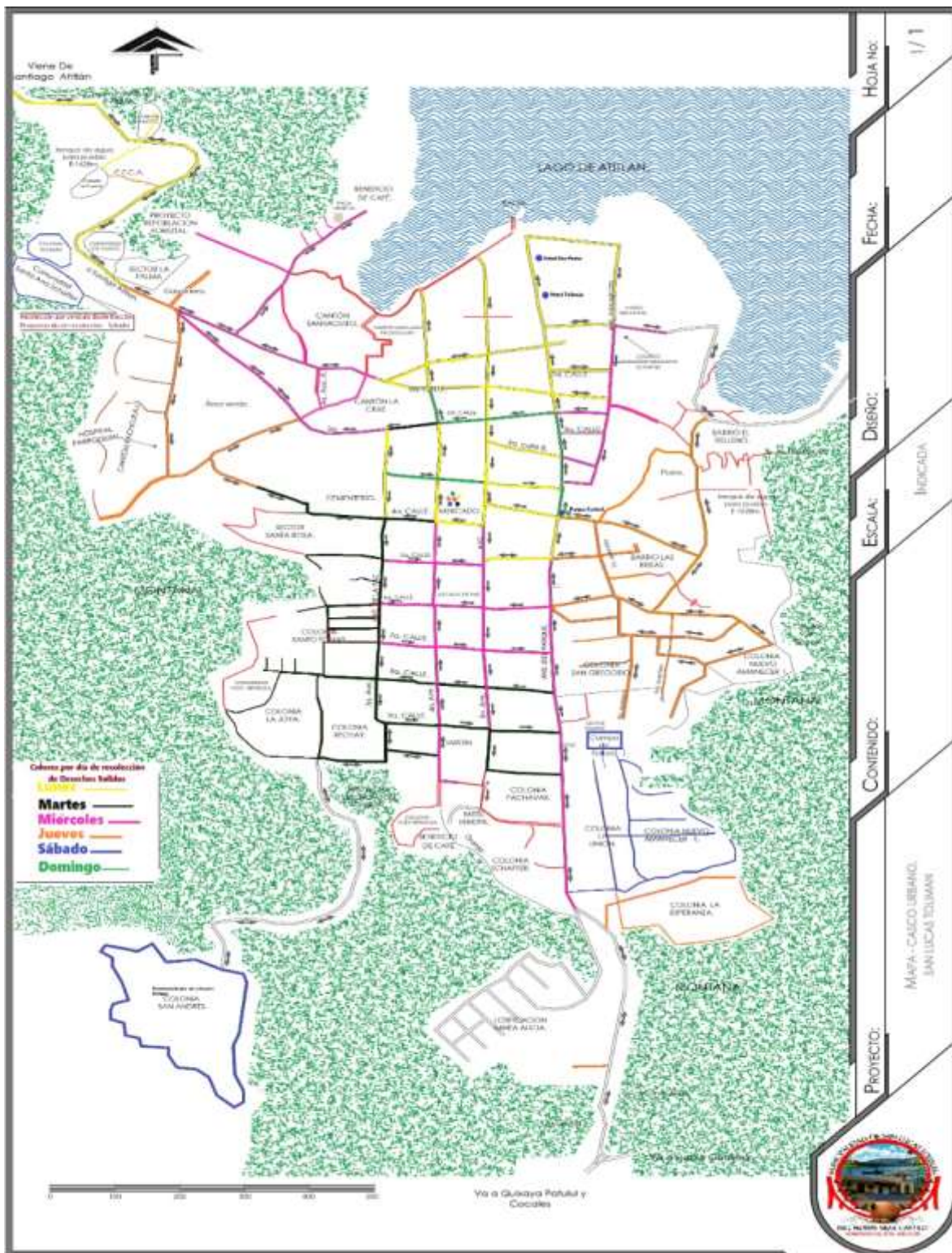
##### a. Separación en el origen

Con base en los resultados de las encuestas realizadas a los usuarios del tren de aseo y la ejecución de la caracterización; se determinó que la población no realiza eficientemente la separación en origen, ya que el 80% de las personas no separan sus desechos y un 50% de la población no ha recibido charlas educativas sobre el manejo adecuado de los residuos y desechos sólidos. (ver Anexo No. 1, pág. 45)

##### b. Recolección y transporte

El tren de aseo no cuenta con un horario establecido para recolectar los desechos, provocando que los usuarios se vean en la necesidad de salir desde muy temprano de sus viviendas, para sacar las bolsas de basura a la calle, las que son rotas por los perros dejando los desechos dispersos y causando disgusto con los vecinos. La recolección y transporte de residuos y desechos sólidos se realiza en dos camiones de 10 toneladas cada uno, en donde los desechos son depositados de forma revuelta, sin tomar en cuenta la separación en origen realizada en las viviendas, esto debido a que no ha sido separada adecuadamente. (ver anexo No. 1, pág. 45)

Mediante los resultados obtenidos con la encuesta a los habitantes del municipio de San Lucas Tolimán, se determinó que la frecuencia de recolección es una vez a la semana en el área urbana y en el área rural una vez a cada 15 días; el 21% de las personas califican el servicio de recolección como regular y el 2% lo califica como malo; las piletas de abono compost se encuentran construidas inadecuadamente y la planta de tratamiento no cuenta con un relleno sanitario. (ver figura No.2, pág. 28)



**Figura No. 2.** Mapa de ruta de recolección de residuos y desechos sólidos.

**Fuente:** Oficina de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018.

### c. Caracterización de los residuos y desechos sólidos urbanos

Mediante la caracterización realizada durante el presente año, utilizando una muestra de 256 viviendas, se determinó que la producción per cápita es de 0.44 kg/hab/día, considerando que para este año se cuenta con una población de 20,342 habitantes; la producción total es de 45.447 toneladas mensuales. El 59.66% de los desechos son orgánicos, el 34.61% son inorgánicos no recuperables y el 5.73% son inorgánicos recuperables, lo que indica que se debe reducir la cantidad de consumo de productos y materiales de un solo uso.

- **Cálculo de la muestra de viviendas**

La muestra se calculó utilizando la siguiente fórmula propuesta por el método probabilístico aleatorio simple:

$$n = \frac{N * Z^2 * P * Q}{d^2 * (N - 1) + Z^2 * P * Q}$$

En donde:

n = tamaño de la muestra

N = tamaño de la población de estudio = 4068 viviendas

Z = nivel de confianza (90% - 1.65)

P = probabilidad de éxito, o proporción esperada (50% - 0.5)

Q = probabilidad de fracaso (50% - 0.5)

d = precisión, Error máximo admisible en términos de proporción (5% - 0.05)

#### Aplicación de la ecuación

$$n = \frac{4068 * 1.65^2 * 0.5 * 0.5}{0.05^2 * (4068 - 1) + 1.65^2 * 0.5 * 0.5} = 255.5848382 = \mathbf{256}$$

Para la presente investigación se muestrearon 256 viviendas, que utilizan el servicio de recolección municipal de San Lucas Tolimán, Sololá.

- **Cálculo de la producción diaria de los residuos y desechos sólidos**

Durante una semana en el mes de junio de 2018 se realizó el pesaje de los residuos y desechos sólidos por estratos obteniendo los siguientes resultados:

**Cuadro No. 8.** Peso de los residuos y desechos sólidos durante una semana en el mes de junio de 2018.

<b>Estrato</b>	<b>Peso en kg de desechos sólidos</b>
Domiciliar	3,887.29
Barrido de calles	651.14
Mercado	6,065.89
<b>TOTAL</b>	<b>10,604.32</b>

Con base en el cuadro No. 7, se realizaron los cálculos para determinar la producción per cápita diaria de los residuos y desechos sólidos durante una semana.

- **Producción per cápita domiciliar**

$$\text{PPC (kg/hab/día)} = (1/7) * (3887.29 \text{ kg} / 1260 \text{ hab})$$

$$\text{PPC} = 0.44 \text{ kg/hab/día}$$

- **Producción de desechos en barrido de calles**

$$\text{Producción total (kg/día)} = (1/7) * (651.14 \text{ kg})$$

$$\text{Producción total} = 93.02 \text{ kg/día}$$

- **Producción de desechos en mercado municipal**

$$\text{Producción total (kg/día)} = (1/7) * (6065.89)$$

$$\text{Producción total} = 866.56 \text{ kg/día}$$

La producción de kilogramos/día generados en los tres estratos son: nivel domiciliario 0.44 kg/hab/día, barrido de calles 93.02 kg/día y mercado 866.56 kg/día.

- **Producción total de los residuos y desechos sólidos de los tres estratos**

Con base en la producción total de residuos y desechos sólidos generados durante una semana se realizó la siguiente operación para determinar la producción diaria en el municipio de San Lucas Tolimán, Sololá.

$$\text{Producción total (kg/día)} = (1/7) * (10604.32)$$

$$\text{Producción total} = 1514.90 \text{ kg/día}$$

El municipio de San Lucas Tolimán, está produciendo 1,514.90 kg/día equivalente a 1.5149 toneladas diarias, mensualmente se están produciendo 45,447 kilogramos equivalente a 45.447 toneladas y al año se producen 552,938.5 kilogramos equivalentes a 552.94 toneladas.

- **Cálculo de la densidad o peso volumétrico**

En el cuadro No. 9. se pueden observar los datos de la densidad obtenida de cada una de las clasificaciones de los residuos y desechos sólidos generados en los tres estratos.

**Cuadro No. 9.** Densidad de los residuos y desechos sólidos de los tres estratos durante una semana en el mes de junio del 2018.

<b>Tipo de desecho</b>	<b>Viviendas</b>	<b>Mercado</b>	<b>Barrido de calles</b>
<b>Orgánico</b>	282.86 kg/m <sup>3</sup>	253.45 kg/m <sup>3</sup>	203.44 kg/m <sup>3</sup>
<b>Inorgánico recuperable</b>	57.58 kg/m <sup>3</sup>	88.14 kg/m <sup>3</sup>	48.28 kg/m <sup>3</sup>
<b>Inorgánico no recuperable</b>	149.29 kg/m <sup>3</sup>	95.31 kg/m <sup>3</sup>	178.23 kg/m <sup>3</sup>

Los datos obtenidos son fundamentales para la elaboración de diseños y propuestas de plantas de tratamiento de residuos y desechos sólidos, como cámaras de compostaje, relleno sanitario y disposición final.

- **Número de muestras por sector**

El número de viviendas muestreadas por sector se realizó con base en la ruta de recolección.

**Cuadro No. 10.** Viviendas muestreadas en cada sector

<b>Día</b>	<b>Sector</b>	<b>% que representa</b>	<b>Viviendas a muestrear</b>
Lunes	Amarillo	17%	44
Martes	Negro	14%	36
Miércoles	Rosado	18%	46
Jueves	Anaranjado	37%	95
Sábado	Azul	8%	20
Domingo	Verde	6%	15
<b>Total</b>		<b>100%</b>	<b>N = 256</b>

- **Determinación de la composición física de los desechos sólidos**

Los resultados obtenidos del cálculo de la composición física de los residuos y desechos sólidos integrados (domiciliar, barrido de calles y mercado), se presentan a continuación en el cuadro No. 11, con los datos del peso total de los residuos y desechos sólidos de cada clasificación se multiplico por 100 y se dividió entre el peso total de los desechos.

**Cuadro No. 11.** Composición física de los desechos sólidos generados en el municipio de San Lucas Tolimán.

<b>Tipo de desecho</b>	<b>Kg totales</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Orgánico</b>	6326.25 kg	59.66%
<b>Inorgánico no recuperable</b>	3670.48 kg	34.61%
<b>Inorgánico recuperable</b>	607.59 kg	5.73%
<b>Total</b>	<b>10604.32 kg</b>	<b>100%</b>

- **Cálculo de cobertura de recolección de desechos sólidos**

De acuerdo a la fórmula descrita en la página 24 se calculó la cobertura de recolección de residuos y desechos sólidos:

$$Cr = (3600 * 5) / 20342) * 100$$

$$Cr = 88.48\% = \mathbf{88\%}$$

Determinando que la cobertura de recolección en el municipio es del 88% lo que estipula que la mayor parte de la población utiliza el servicio de recolección domiciliar municipal. Sin embargo, existen muchas personas que lo utilizan si pagar el costo del servicio.

- **Dispersión de la disposición final de desechos sólidos**

Con la ayuda del software QGIS se obtuvo que el área ocupada por botaderos no autorizados es de 4246.10169m<sup>2</sup> equivalente a 0.0042461 km<sup>2</sup> y 0.42461 hectáreas. El área de estudio cuenta con 111.961 hectáreas de extensión.

$$D_{bas} = \left( \frac{0.42461 \text{ ha}}{111.961 \text{ ha}} \right) * 100 = 0.3792 = 0.38\%$$

Con base en los datos obtenidos se pudo determinar que el área ocupada por basureros no autorizados es de 0.38%, lo que nos indica que el servicio de recolección municipal es funcional ya que la mayoría de la población lo está utilizando, sin embargo, se puede lograr que toda la población utilice el servicio y se puedan erradicar por completo los botaderos no autorizados.



**Figura No. 3.** Mapa de botaderos no autorizados del municipio de San Lucas Tolimán, Sololá.



## **6.1.2. Manejo**

### **a. Infraestructura de la planta de tratamiento**

La planta de tratamiento tiene dos galeras para el almacenaje de materiales reciclables, sin embargo, no cuenta con un área específica para realizar la segunda separación; los empleados ejecutan esta fase en el área libre donde el camión vertió los desechos inorgánicos revueltos, complicando y extendiendo el tiempo invertido en este procedimiento. Como parte del diseño de la planta existen 52 piletas para la elaboración de abono compost con dimensiones de un metro cúbico cada una (ver Anexo No. 3, pág. 47), las cuales no poseen sistema de oxigenación, lo que dificulta que la materia orgánica se descomponga.

Los desechos inorgánicos no recuperables se encuentran dispersos en lugares inadecuados como se mencionó previamente, la tercera fase que correspondería al relleno sanitario, no fue ejecutada. Como resultado de la disposición inadecuada de los desechos, el muro perimetral se derrumbó y los mismos se dispersaron al terreno aledaño.

La planta de tratamiento tiene una dimensión total de 6107 metros cuadrados de los cuales 1819 metros cuadrados están ocupados de desechos inorgánicos no recuperables.

### **b. Tratamiento de los residuos y desechos sólidos**

En general la planta de tratamiento del municipio de San Lucas Tolimán se encuentra colapsada por la falta de una disposición final adecuada. Dentro de los factores que lo determinan se encuentra la ausencia de relleno sanitario y una laguna de lixiviados inoperante, ya que se encuentra obstruida por los desechos inorgánicos dispersos. Así también, el sistema de producción de compost no funciona adecuadamente, porque se necesita que permanezcan como mínimo 125

días los residuos orgánicos, lo que ha causado que la recolección de materia orgánica haya superado la capacidad del sistema. Siendo una opción viable buscar métodos que aceleren el proceso de descomposición.

### **6.1.3. Administración**

#### **a. Análisis del sistema de tratamiento de desechos sólidos**

La administración de la planta de tratamiento según el artículo 68 del código municipal, establece que el tratamiento de residuos y desechos sólidos es de competencia municipal, por lo cual debe existir compromiso por la autoridad de este municipio y la oficina relacionada con el tema. Actualmente aún no se encuentra aprobado el reglamento de residuos y desechos sólidos, el cual es necesario para poder darle un manejo adecuado al sistema de tratamiento y obtener el compromiso de las autoridades para brindar un tratamiento adecuado a los residuos y desechos sólidos.

- **De la planta de tratamiento**

En la planta actualmente trabajan cuatro personas que se encargan de separar los desechos orgánicos, quienes no utilizan equipo de protección personal, tampoco disponen de los servicios básicos necesarios como agua potable, luz, servicio sanitario y duchas, lo que crea condiciones de trabajo inadecuadas.

Los empleados del tren de aseo trabajan 12 horas al día, de sábado a jueves y los días viernes solo trabajan cuatro horas, tres de ellos trabajan 14 horas diarias debido a que se encargan de barrer las calles del municipio de 3:00 a 5:00 de la mañana. Se deben establecer jornadas de trabajo más cortas para que el personal tenga un mejor rendimiento laboral.

- **De la recolección y transporte**

En el servicio de recolección y transporte laboran cinco recolectores y dos conductores, se utilizan dos camiones de 10 toneladas cada uno. La recolección se realiza una vez a la semana en cada sector del área urbana del municipio y una vez a cada dos semanas en el área rural.

Las personas que utilizan el servicio de recolección municipal pagan Q.6.00 mensuales, los cuales no son suficientes para subsidiar los gastos del sistema del servicio recolector. El 75% de los usuarios evaluados se quejaron de que no todos los usuarios pagan la tarifa mensual por el servicio de recolección municipal, sin embargo, hacen uso del mismo. Según la municipalidad los costos reales del servicio de recolección domiciliar es de aproximadamente 71,415.58 quetzales mensuales, que incluyen salarios, mantenimiento de vehículos, combustible, equipo de trabajo y protección personal.

Se deben crear registros de los usuarios que utilizan el servicio de recolección para poder llevar un control sobre el pago de la tarifa establecida, también establecer una cuota mensual de recolección municipal adecuada que permita subsidiar los gastos del servicio.

**Cuadro No.12.** Costos de servicio de recolección domiciliar

<b>Servicio</b>	<b>Costo</b>
Sueldos y salarios	Q. 60,110.00
Combustible y mantenimiento de vehículos	Q. 9,929.75
Herramientas y equipo de protección personal	Q. 1,375.83
<b>Total</b>	<b>Q. 71,415.58</b>

- **De la comercialización de reciclables y abono.**

Actualmente la comercialización de reciclables se realiza a través de la gremial de recicladores de la cuenca del Lago de Atitlán, se comercializan envases PET, chatarra y vidrio. El abono compost no se comercializa debido a que no se ha logrado realizar un proceso de compostaje adecuado.

## **6.2. Diseño de plan de manejo de residuos y desechos sólidos.**

Con base en los resultados obtenidos se realizó un plan de manejo de residuos y desechos sólidos, que abarca tres ejes fundamentales que son: generación, manejo y administración en los cuales se detallan los aspectos que abarca cada eje.

Dentro del eje de generación se encuentra la sensibilización y educación ambiental conjunto con los componentes que debe poseer el servicio de recolección; el eje de manejo se enfoca en realizar una segunda separación de desechos, las áreas que debe poseer la planta de tratamiento y los procesos para el manejo de los residuos y desechos sólidos. (ver Anexo No. 5, pág. 56) En el eje de administración se encuentra la aprobación del reglamento y publicación del mismo ante el Diario de Centro América, aspectos laborales y de cobro

## VII. CONCLUSIONES

- En el municipio de San Lucas Tolimán, Sololá, mediante la evaluación del sistema de tratamiento se pudo determinar que el servicio de recolección municipal necesita mejoras entre las cuales se encuentran: establecer horarios de recolección, realizar rutas de recolección ordenadas para reducir el tiempo de recolección, contabilizar los usuarios que utilizan el servicio de recolección y evitar que no paguen por el servicio. Actualmente no existe un relleno sanitario, por lo que los desechos inorgánicos no recuperables se encuentran dispersos en el botadero municipal.
- Mediante la muestra de 256 viviendas se determinó que la producción per cápita es de 0.44 kg/hab/día, ubicándose por debajo del promedio a nivel nacional. El 59.66% de los desechos son de tipo orgánico, por lo que se puede realizar abono orgánico y comercializarlo, el 34.61% de los desechos son de tipo inorgánico no recuperable, la cobertura de recolección es de 88% y la dispersión de la disposición final de los desechos sólidos es de 0.38%.
- En el plan de manejo integral de residuos y desechos sólidos elaborado para el municipio de San Lucas Tolimán Sololá, se establecen los ejes y directrices en función de las áreas a mejorar identificadas en el desarrollo de la investigación las cuales son las siguientes: generación, manejo y administración, los cuales aplicados correctamente se mitigará los impactos negativos al ambiente por el manejo inadecuado.

## VIII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que el proyecto Atitlán Recicla de Amigos del Lago, sea implementado en el casco urbano del municipio. Para que el proyecto sea exitoso se recomienda que el grupo de mujeres conformado en el casco urbano, tenga acceso al material reciclable que ingrese a la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos municipal, y pueda ser vendido a través de ellas para evitar la contratación de nuevo personal para esta función.
2. Se recomienda que se recopile información de todos los usuarios del servicio de recolección actualmente, y verificar que todos se hagan responsables del pago del servicio.
3. Se deben establecer planes de educación ambiental continua para fortalecer la integración de la población en el manejo integral de los residuos y desechos sólidos.
4. Se recomienda mantener una supervisión sistemática en toda la ruta de recolección para que el servicio sea eficiente, poder obtener un pago por el servicio en un porcentaje alto y disminuya la morosidad.
5. Se recomienda que los trabajadores del tren de aseo (piloto, recolectores y peones de barrido de calles) sean sometidos a capacitaciones periódicas sobre el rol desempeñado dentro del manejo integral de residuos y desechos sólidos, y se les implemente el equipo de protección personal necesario y los servicios básicos.
6. Se recomienda que el sistema de tratamiento de residuos y desechos sólidos esté a cargo de un comité integrado por el Señor Alcalde, diferentes

instituciones locales y sociedad civil, así se evitará perder los avances obtenidos en el sistema de tratamiento, al momento de haber un cambio de autoridades.

7. Se deben establecer nuevas rutas de recolección que se encuentren organizadas para facilitar el proceso, tener un horario fijo en cada sector y que la frecuencia de recolección para desechos orgánicos sea por lo menos dos veces a la semana.
8. Se recomienda que el concejo municipal apruebe y publique el reglamento para el manejo de residuos y desechos sólidos ya elaborado ante el Diario de Centro América
9. Se deben realizar volteos sucesivos para lograr un tratamiento adecuado en la materia orgánica que se genera en el municipio.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

1. Abarrataldea. 2004. Manual práctico de técnicas de compostaje. (En línea) Consultado el 20 de mayo de 2019. Disponible <https://www.abarrataldea.org/manualpdf.pdf>
2. Álvarez, L. G. 2008. Diagnóstico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión. (En línea) Consultado el 06 de mayo de 2018. Disponible [http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03\\_0680\\_v16.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0680_v16.pdf)
3. Barradas, A. 2009. Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales. (En línea) Consultado el 07 de mayo de 2018. Disponible [http://oa.upm.es/1922/1/Barradas\\_MONO\\_2009\\_01.pdf](http://oa.upm.es/1922/1/Barradas_MONO_2009_01.pdf)
4. Boror, H. d. 2008. Diagnóstico socioeconómico, potenciales productivas y propuestas de inversión. (En línea) Consultado el 06 de mayo de 2018. Disponible [http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03\\_0680\\_v8.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0680_v8.pdf)
5. Cruz , J R. de la. 1976. Clasificación Zonas de Vida de Guatemala. Instituto Nacional Forestal.
6. Esquinca, F. 2005. Caracterización y generación de los residuos sólidos de Tuxtla Gutierrez, Chiapas. (En línea) Consultado el 08 de mayo de 2018. Disponible <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/resisoli/mexico/03364e14.pdf>
7. INE (Instituto Nacional de Estadística). 2014. Caracterización Departamental Sololá 2013. (En línea) Consultado el 08 de mayo de 2018. Disponible <https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2015/07/20/jtKOtba2bLUTQksGsAYKFXepQ7O6lxn6.pdf>
8. MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales). 2005. Indicadores Ambientales Municipales. Guatemala: Programa para la Descentralización y Desarrollo Municipal de la GTZ Instituto de Incidencia Ambiental.
9. Martínez , J. 2005. Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos. (En línea) Consultado el 09 de mayo de 2018. Disponible [http://www.cempre.org.uy/docs/biblioteca/guia\\_para\\_la\\_gestion\\_integral\\_residuos/gestion\\_respel01\\_fundamentos.pdf](http://www.cempre.org.uy/docs/biblioteca/guia_para_la_gestion_integral_residuos/gestion_respel01_fundamentos.pdf)



10. Mijangos, N. 2002. Manejo integral de desechos sólidos del complejo de parques del Instituto de Recreación de los Trabajadores, IRTRA. Parque acuático Xocomil, y temático Xetulul. Guatemala.
11. Ministerio del Ambiente. 2012. Glosario de términos para la gestión ambiental peruana. Lima, Perú.
12. Navarro, J. 2011. Diseño y Análisis del Muestreo. (En línea) Consultado el 09 de mayo de 2018. Disponible [http://www.ciga.unam.mx/publicaciones/images/abook\\_file/tmuestreo.pdf](http://www.ciga.unam.mx/publicaciones/images/abook_file/tmuestreo.pdf)
13. Normas para el manejo de los desechos sólidos de origen doméstico, comercial, industrial, o de cualquier otra naturaleza que no sean peligrosos. 2009. (En línea) Consultado el 06 de mayo de 2018. Disponible [http://www.adan.org.ve/documentos/normas\\_manejo\\_desechos\\_solidos\\_no\\_peligrosos.pdf](http://www.adan.org.ve/documentos/normas_manejo_desechos_solidos_no_peligrosos.pdf)
14. Occidente Limpio. 2015. Residuo sólido. (En línea) Consultado el 09 de mayo de 2018. Disponible <https://www.occidentelimpio.gov.co/single-post/2015/03/16/%C2%BFQu%C3%A9-es-un-residuo-s%C3%B3lido>
15. Peña, D. 2008. Plan de manejo integral de residuos sólidos y líquidos para el campo. (U. I. Santander, Ed.). (En línea) Consultado el 08 de mayo de 2018. Disponible <http://sa7d24c7cf06faea5.jimcontent.com/download/version/1401401111/module/9016841670/name/Programa%20de%20Manejo%20de%20Residuos%20liquidos.pdf>
16. Pic, O. 2008. Plan de Desarrollo Municipal con Enfoque Territorial. San Lucas Tolimán, Sololá.
17. Plantas de Recuperación/Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos. 2000. (En línea) Consultado el 08 de mayo de 2018. Disponible <http://www.ecopuerto.com/Bicentenario/informes/PLANTATRATAMIENTOS CUDEL.pdf>
18. ProAtitlán. 2016. Informe de cuantificación y caracterización de residuos y desechos sólidos. San Lucas Tolimán Sololá

19. Tchobanoglous, G. (1996). Gestión integral de residuos sólidos. España, Mc Graw Hill.
20. Universidad de Sonora. El Muestreo - Estadística (En línea) Consultado el 09 de mayo de 2018. Disponible <http://www.estadistica.mat.uson.mx/Material/elmuestreo.pdf>
21. USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional). 2010. Estudio Técnico. (En línea) Consultado el 09 de mayo de 2018. Disponible [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/pnaeb812.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pnaeb812.pdf)
22. Vivanco, M. 2005. Muestreo Estadístico Diseño y Aplicaciones. Santiago de Chile. Editorial Universitaria S.A. (En línea) Consultado el 08 de mayo de 2018. Disponible [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=-\\_gr5l3LbpIC&oi=fnd&pg=PA13&dq=t%C3%A9cnicas%20de%20muestreo%20estad%C3%ADstico&ots=C1bXdu7Dcr&sig=I0sSAkX4apBe73sm\\_iSc9C3bvyM#v=onepage&q=t%C3%A9cnicas%20de%20muestreo%20estad%C3%ADstico&f=true](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=-_gr5l3LbpIC&oi=fnd&pg=PA13&dq=t%C3%A9cnicas%20de%20muestreo%20estad%C3%ADstico&ots=C1bXdu7Dcr&sig=I0sSAkX4apBe73sm_iSc9C3bvyM#v=onepage&q=t%C3%A9cnicas%20de%20muestreo%20estad%C3%ADstico&f=true)





---

Vo.Bo. Licda. Ana Teresa Cap-Yes de González  
Bibliotecaria CUNSUROC



## X. ANEXOS

### 10.1. Anexo No. 1. Resultados obtenidos en las encuestas dirigidas a los usuarios del servicio de recolección municipal

<b>Fecha:</b>		<b>Sector o zona:</b>		<b>Estrato:</b>	
<b>Hora:</b>		<b>Cantón:</b>		<b>Numero de Vivienda:</b>	
 <b>UNVIERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> <b>CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE</b> <b>INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL</b> 					
<b>ENCUESTA DE EVALUACION DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN DEL TREN DE ASEO</b> Municipio de San Lucas Tolimán, Sololá					
<b>1. Frecuencia del servicio de recolección de basura</b>					
<b>A. Una vez por semana</b>	98.437%	<b>C. Más de dos veces por semana</b>			
<b>B. Dos veces por semana</b>		<b>¿Cuántos días por semana?</b>	(cada15)	1.563%	
<b>2. ¿Cuál es el horario en que usualmente le recogen su basura?</b>					
<b>Periodo del día</b>		<b>Rango de horas</b>		<b>El horario de recolección</b>	
<b>A. Mañana</b>	83.59%	de	A	Cambia de horario con frecuencia	33.203%
<b>B. Tarde</b>	16.41%	de	A	Siempre es el mismo horario	58.984%
<b>C. Noche</b>		de	A	No sabe	7.813%
<b>3. Percibe usted alguna de las siguientes molestias durante la recolección de la basura</b>					
<b>A. Ruidos molestos</b>	0%	<b>D. Derrame de líquidos</b>	1.17%		
<b>B. Olores desagradables</b>	30.08%	<b>E. Ninguno de los anteriores</b>	61.33%		
<b>C. Riego de basura en las calles</b>	3.91%	<b>F. Otro</b>	3.51%		
Especifique:					
<b>4. Ha recibido alguna charla educativa o campaña de socialización en aspectos sobre la importancia de la separación de la basura</b>					
<b>Sí:</b>	53.91%	Si su respuesta es sí,			
<b>No</b>	46.09%	especifique temas:			
<b>5. Hace separación de la basura en su hogar o sitio de trabajo</b>					
<b>Sí:</b>	91.80%	<b>No:</b>	8.20%		
<b>5.1. Si su respuesta es no, ¿Por qué no lo hace?</b>					
<b>A. No sabe separar la basura</b>		<b>C. Sabe pero no ha adquirido el hábito</b>	9.52%		
<b>B. Sabe pero no tiene tiempo</b>	38.10%	<b>D. Sabe pero no le parece importante</b>	9.52%		
<b>D. Otro</b>	42.86%				
<b>5.2. Si su respuesta es sí, ¿A quién entrega los materiales reciclables?</b>					
<b>a. recicladores</b>		<b>b. camión municipal</b>	100%	<b>e. no sabe qué hacer con ellos</b>	
<b>c. organización</b>		<b>d. los vende directamente</b>			
<b>5.3. con que frecuencia entrega sus materiales recuperables</b>					
<b>a. una vez por semana</b>	98.05%	<b>c. tres veces por semana</b>			
<b>b. dos veces por semana</b>	1.17%	<b>d. otra ¿Cuál?</b>	0.78%		
<b>6. ¿Cómo califica el servicio de recolección de basura en los últimos meses?</b>					
<b>A. Bueno</b>	76.953%	<b>B. Regular</b>	20.313%	<b>C. Malo</b>	2.734

**10.2. Anexo No.2.** Medios de verificación de la ejecución de la caracterización de residuos y desechos sólidos.



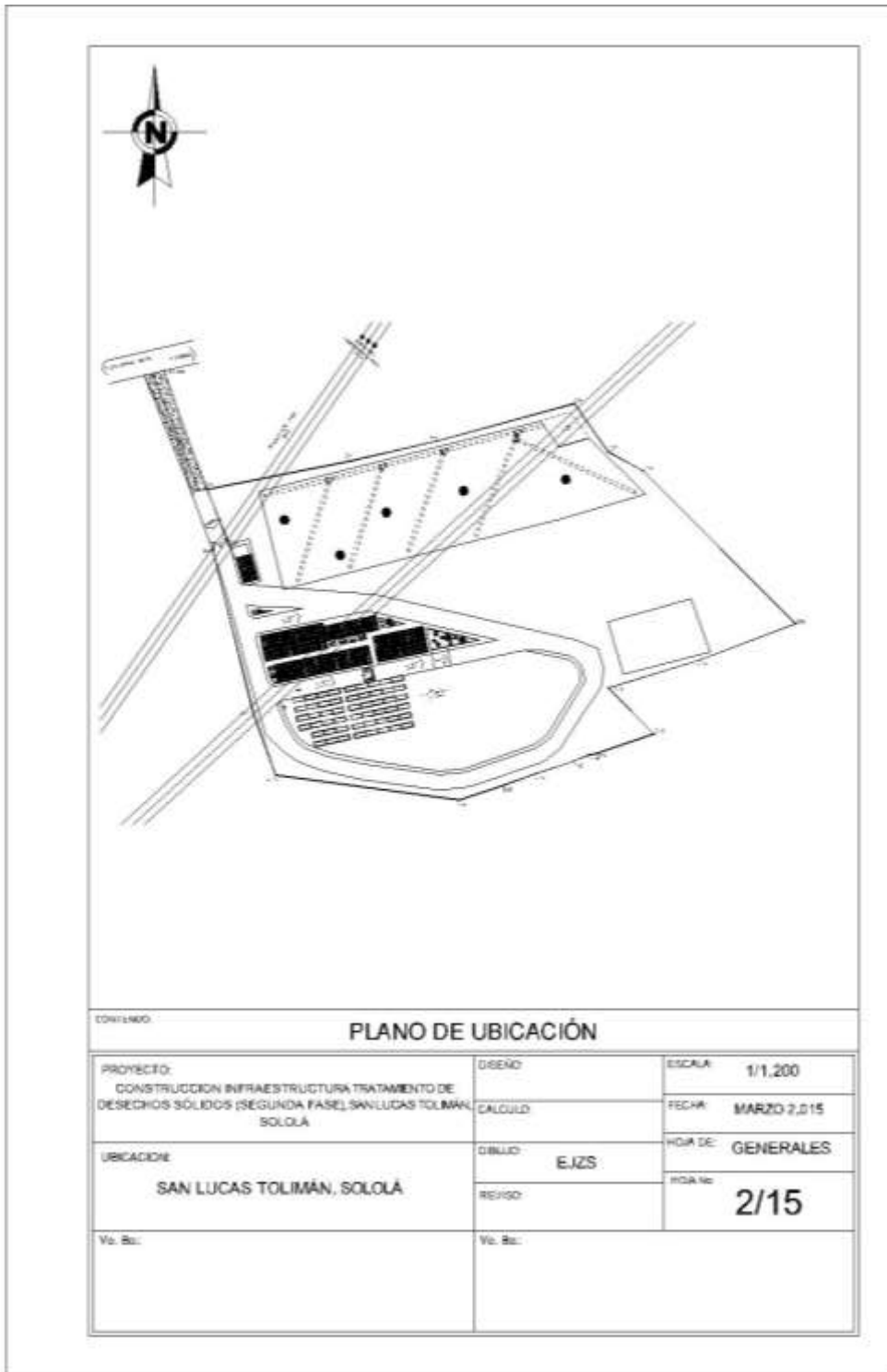
**Figura No. 4.** Caracterización de residuos y desechos sólidos en el municipio de San Lucas Tolimán, Sololá.

**10.3. Anexo No. 3.** Planos de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos de San Lucas Tolimán, Sololá.



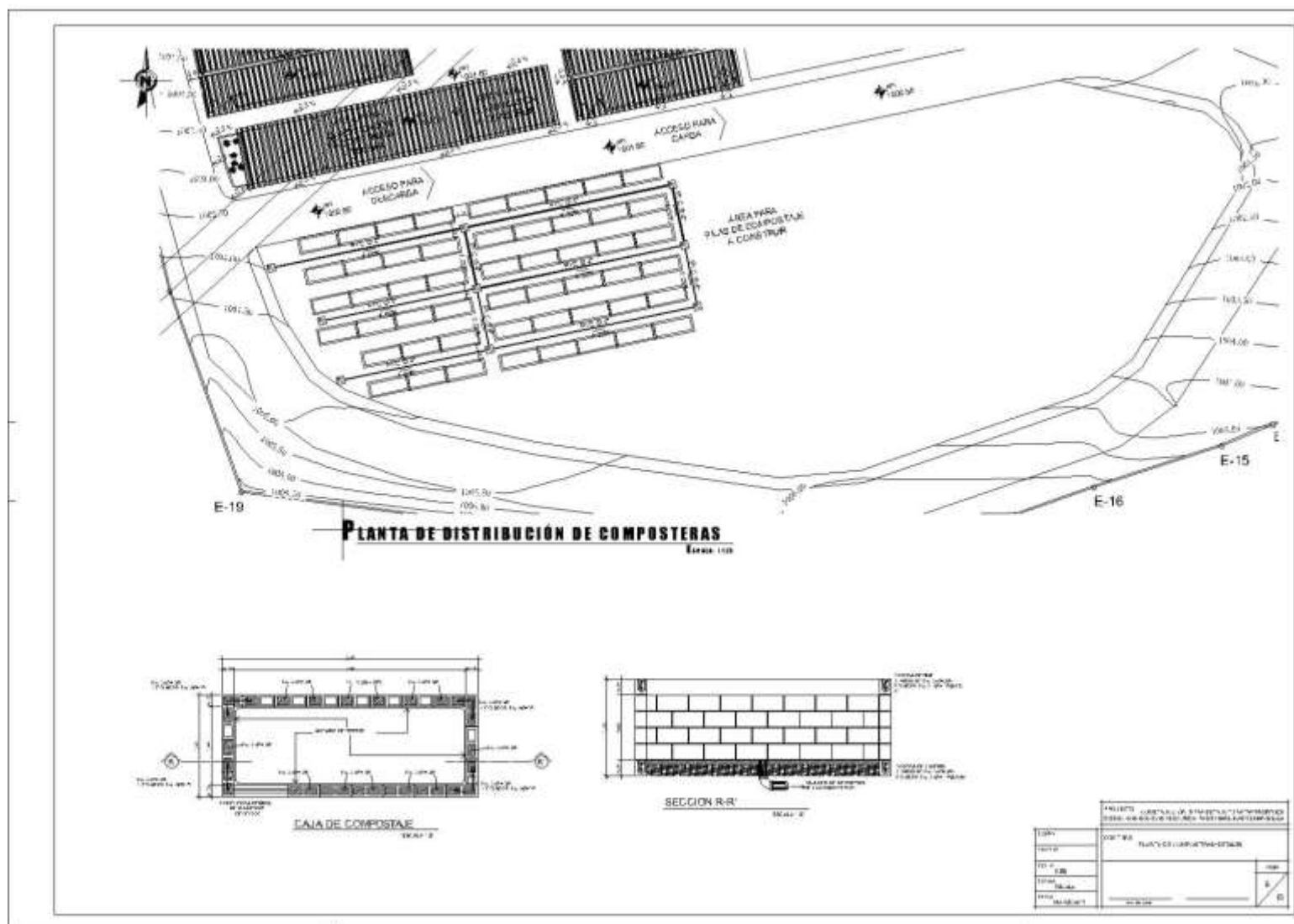
**Figura No. 5.** Plano de localización de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos de San Lucas Tolimán.

**Fuente:** DMP, 2018.



**Figura No. 6.** Plano de ubicación de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos de San Lucas Tolimán, Sololá.

**Fuente:** DMP, 2018.



**Figura No. 7.** Planta de distribución de compostas.

Fuente: DMP, 2018.

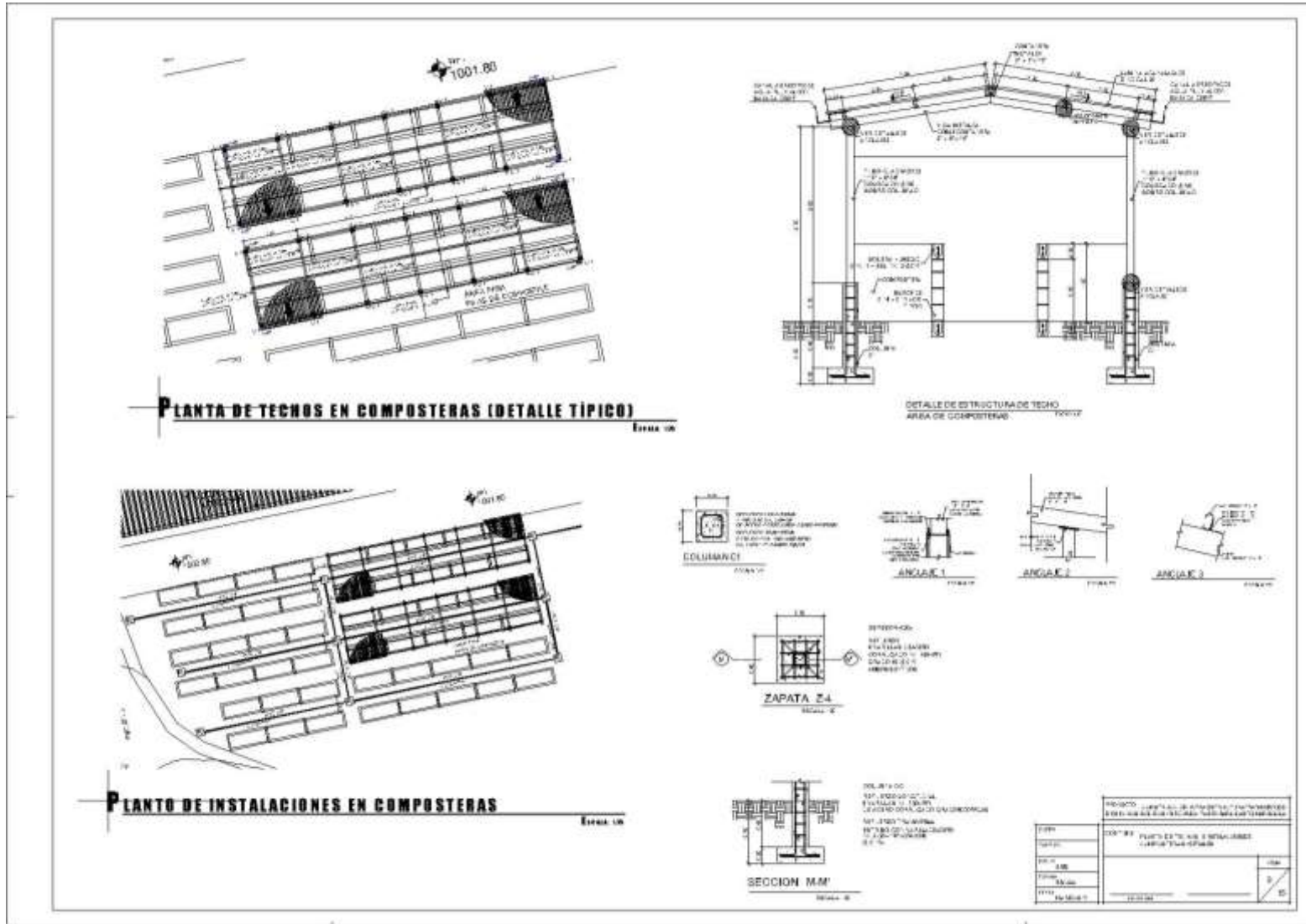


Figura No. 8. Planta de techos e instalación en composteras.

Fuente: DMP, 2018.



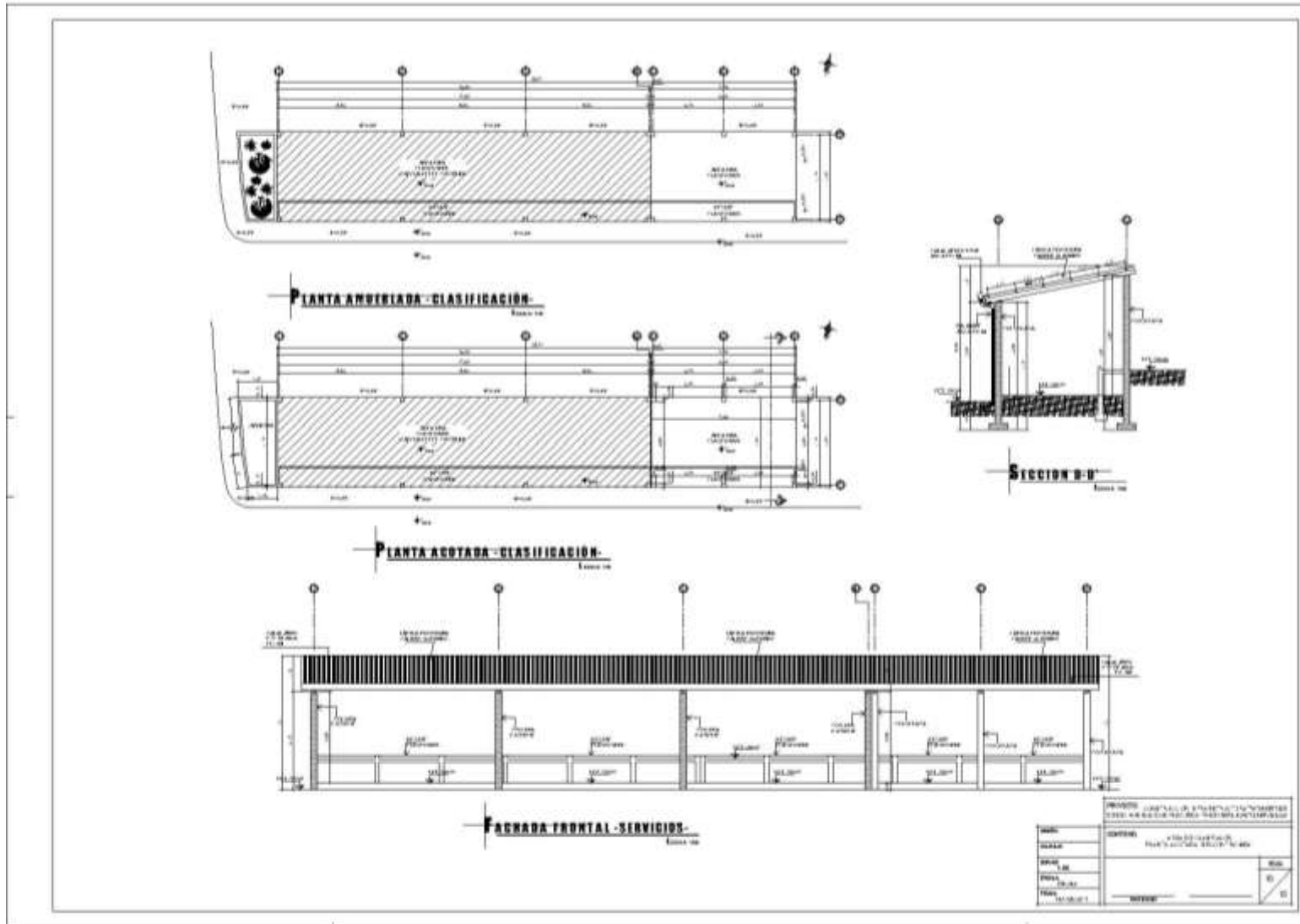


Figura No. 9. Área de clasificación planta acotada de servicios

Fuente: DMP, 2018.

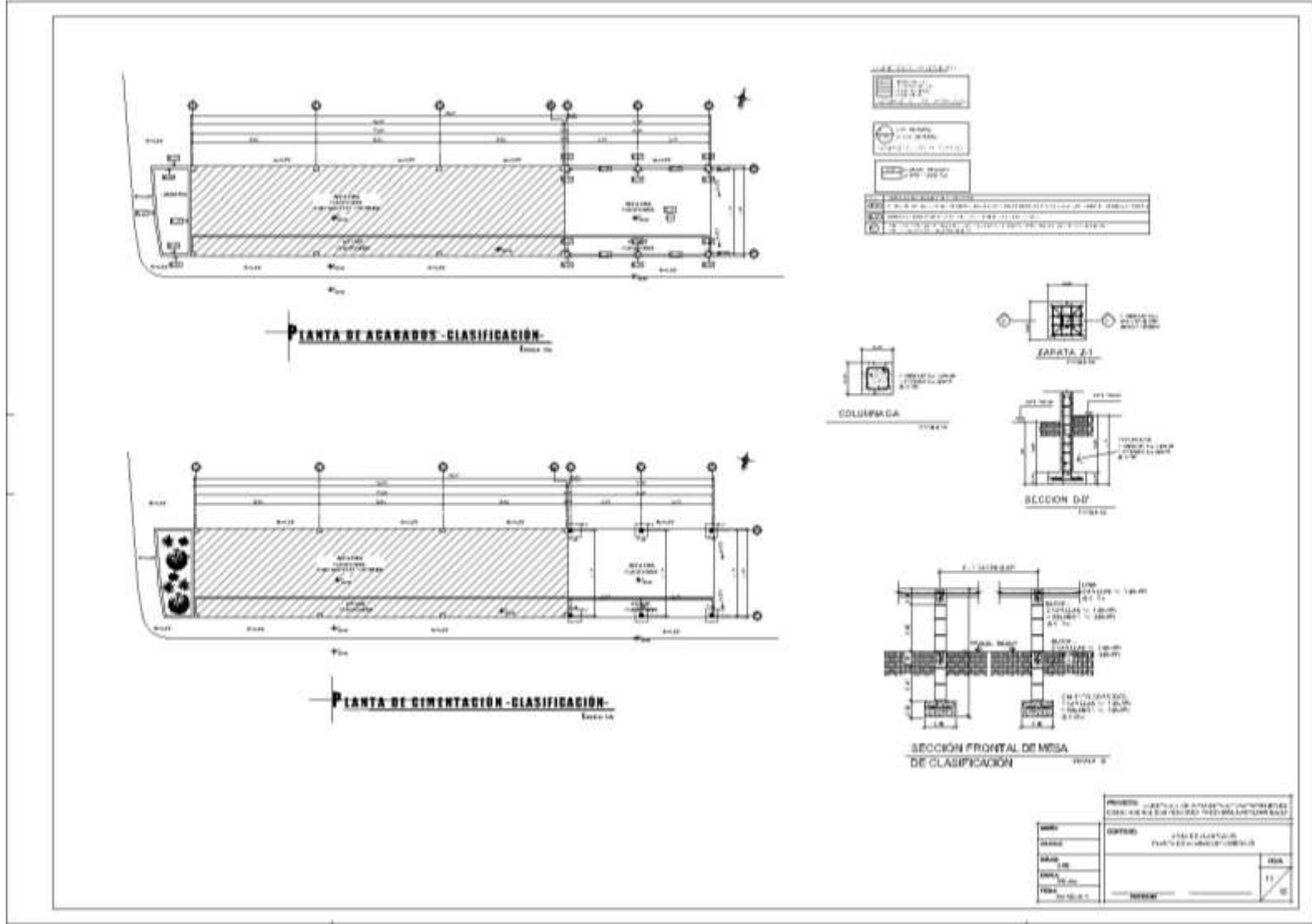


Figura no. 10. Área de clasificación planta de acabados y cimentación.

Fuente: DMP, 2018.

**10.4. Anexo No. 4.** Proyecciones de generación de residuos y desechos sólidos en el municipio de San Lucas Tolimán, Sololá

**Cuadro No. 13.** Proyección anual de residuos y desechos sólidos.

<b>Año</b>	<b>Total de habitantes</b>	<b>Producción total toneladas/día</b>	<b>Total de residuos y desechos sólidos anual en toneladas</b>	<b>Total de Orgánico toneladas</b>	<b>Inorgánico no recuperable toneladas</b>	<b>Inorgánico recuperable toneladas</b>
2018	20342	8.950	3266.9252	1949.048	1130.6828	187.1948
2019	20950	9.218	3364.57	2007.302	1164.4777	192.7899
2020	21580	9.495	3465.748	2067.665	1199.4954	198.5874
2021	22227	9.780	3569.6562	2129.657	1235.4580	204.5413
2022	22895	10.074	3676.937	2193.661	1272.5879	210.6885
2023	23581	10.376	3787.1086	2259.389	1310.7183	217.0013
2024	24290	10.688	3900.974	2327.321	1350.1271	223.5258
2025	25018	11.008	4017.8908	2397.074	1390.5920	230.2251
2026	25767	11.337	4138.1802	2468.838	1432.2242	237.1177
2027	26541	11.678	4262.4846	2542.998	1475.2459	244.2404
2028	27335	12.027	4390.001	2619.075	1519.3793	251.5471
2029	28158	12.390	4522.1748	2697.929	1565.1247	259.1206
2030	29001	12.760	4657.5606	2778.701	1611.9817	266.8782
2031	29872	13.144	4797.4432	2862.155	1660.3951	274.8935
2032	30767	13.537	4941.1802	2947.908	1710.1425	283.1296
2033	31692	13.944	5089.7352	3036.536	1761.5574	291.6418
2034	32641	14.362	5242.1446	3127.463	1814.3062	300.3749
2035	33620	14.793	5399.372	3221.265	1868.7226	309.3840
2036	34631	15.238	5561.7386	3318.133	1924.9177	318.6876
2037	35669	15.694	5728.4414	3417.588	1982.6136	328.2397
2038	36738	16.165	5900.1228	3520.013	2042.0325	338.0770
					<b>32422.7826</b>	

Proyección anual de la generación de residuos y desechos sólidos en un periodo de diez años, en el municipio de San Lucas Tolimán Sololá.

**Cuadro No. 14.** Proyección anual de metros cúbicos necesarios para la construcción del relleno sanitario

<b>Año</b>	<b>Total de habitantes</b>	<b>Inorgánico no recuperable toneladas</b>	<b>Metros cúbicos necesarios</b>
2018	20342	1130.683	8024.72
2019	20950	1164.478	8264.57
2020	21580	1199.495	8513.10
2021	22227	1235.458	8768.33
2022	22895	1272.588	9031.85
2023	23581	1310.718	9302.47
2024	24290	1350.127	9582.17
2025	25018	1390.592	9869.35
2026	25767	1432.224	10164.83
2027	26541	1475.246	10470.16
2028	27335	1519.379	10783.39
2029	28158	1565.125	11108.05
2030	29001	1611.982	11440.61
2031	29872	1660.395	11784.21
2032	30767	1710.142	12137.28
2033	31692	1761.557	12502.18
2034	32641	1814.306	12876.55
2035	33620	1868.723	13262.76
2036	34631	1924.918	13661.59
2037	35669	1982.614	14071.07
2038	36738	2042.033	14492.78
			<b>230112.01</b>

Para la construcción de un relleno sanitario para el tratamiento de los desechos sólidos del municipio de San Lucas Tolimán Sololá, según la proyección realizada para 20 años se necesitan 230,112.01 metros cúbicos.

**Cuadro No. 15.** Proyección anual de metros cúbicos producidos de abono compost.

<b>Año</b>	<b>Total de habitantes</b>	<b>Total de Orgánico toneladas/día</b>	<b>Producción orgánico en 90 días</b>	<b>Metros cúbicos necesarios</b>
2018	20342	5.3399	480.5871	3519.95
2019	20950	5.4995	494.9513	
2020	21580	5.6648	509.8353	
2021	22227	5.8347	525.1209	
2022	22895	6.0100	540.9026	
2023	23581	6.1901	557.1096	
2024	24290	6.3762	573.8600	
2025	25018	6.5673	591.0593	
2026	25767	6.7639	608.7547	
2027	26541	6.9671	627.0407	
2028	27335	7.1755	645.7992	
2029	28158	7.3916	665.2429	
2030	29001	7.6129	685.1591	
2031	29872	7.8415	705.7368	
2032	30767	8.0765	726.8815	
2033	31692	8.3193	748.7349	
2034	32641	8.5684	771.1554	
2035	33620	8.8254	794.2846	
2036	34631	9.0908	818.1698	
2037	35669	9.3633	842.6930	
2038	36738	9.6439	867.9485	

Nota: ver Anexo No. 5, pág. 56

**10.5. Anexo No. 5.** Diseño de plan de manejo de residuos y desechos sólidos



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE**  
**INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**  
**Ejercicio Profesional Supervisado – EPS –**



**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE  
RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS**

**SAN LUCAS TOLIMÁN SOLOLÁ.**

## INDICE

I.	Introducción.....	1
II.	Plan de manejo integral de residuos y desechos sólidos del municipio de San Lucas Tolimán, Sololá.....	2
	2.1. Objetivos.....	2
	2.2. Líneas de acción.....	3
	2.2.1. Línea de Acción no. 1: promoción de educación y sensibilización ambiental.....	3
	2.2.2. Línea de acción no. 2: fortalecimiento de la gestión municipal para la adecuada ejecución integral del sistema de tratamiento.....	5
	2.2.3. Línea de acción no. 3: fortalecimiento legal y administrativo.....	10



## I. INTRODUCCIÓN

Como resultado de las distintas actividades que se realizan dentro del municipio de San Lucas Tolimán, Sololá, se generan residuos y desechos sólidos de diferentes características como los pueden ser orgánicos e inorgánicos. El incremento de estos es directamente proporcional al aumento de la población, por lo que año tras año es mayor la cantidad de desechos, que sin un manejo adecuado se convierten en una problemática tanto ambiental como de salud para la población del municipio.

La municipalidad de San Lucas Tolimán, cuenta con un sistema de tratamiento el cual es utilizado por un 88% de la población del municipio, en condiciones aceptables según los usuarios. Sin embargo, mediante una evaluación se identificaron sectores que pueden ser fortalecidos para el mejoramiento del mismo.

El manejo adecuado de los residuos y desechos sólidos abarca desde la recolección transporte, tratamiento y disposición final, por lo que se deben establecer lineamientos necesarios para cumplir con cada fase, logrando con ello que los residuos y desechos tengan un tratamiento adecuado para reducir los impactos negativos que generan al ambiente.

El plan de manejo integral, se divide en tres líneas de acción las cuales presentan las actividades y procedimientos para mejorar las condiciones del sistema de tratamiento y alcanzar la sostenibilidad.

## **I. PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ.**

El plan de manejo de residuos sólidos es un instrumento de gestión que surge de la necesidad de proporcionar elementos claves a la municipalidad, para mejorar los procesos de generación hasta la disposición final de los desechos generados por la población, mitigando los impactos ambientales y riesgos de salud provocados por el manejo inadecuado, buscando una mejora en la calidad de vida de los pobladores.

### **2.1. OBJETIVOS**

#### **General**

- Mejorar la gestión de los aspectos técnicos-operativos y administrativos del sistema de tratamiento de desechos y residuos sólidos del municipio de San Lucas Tolimán.

#### **Específicos**

- Establecer actividades y procedimientos para el manejo adecuado de los residuos y desechos generados en el municipio.
- Promover la participación ciudadana, gobernanza y sensibilización ambiental en la gestión integral de los residuos y desechos.
- Optimizar el proceso de manejo de los residuos y desechos mediante la remodelación de la planta de tratamiento y la implementación de un relleno sanitario.

## **2.2. LÍNEAS DE ACCIÓN**

Las alternativas o líneas de acción son las diferentes opciones que se tienen para lograr los objetivos planteados, las cuales se encuentran basadas en el estudio previo realizado.

El siguiente listado presenta las líneas de acción propuestas para el plan de manejo de residuos y desechos sólidos del municipio de San Lucas Tolimán:

- Línea de acción N° 1: promoción de educación y sensibilización ambiental.
- Línea de acción N° 2: fortalecimiento de la gestión municipal para la adecuada prestación integral del sistema de tratamiento.
- Línea de acción N° 3: fortalecimiento legal y administrativo.

### **2.2.1. LÍNEA DE ACCIÓN N° 1: Promoción de educación y sensibilización ambiental**

La educación y sensibilización ambiental busca el involucramiento y participación de los diferentes sectores sociales del municipio, para que se pueda facilitar la gobernanza, que por ende influya en la continuidad de los diferentes procesos del manejo integral de los residuos y desechos sólidos.

#### **Objetivos:**

- Implementar programas para la población sobre temas y principios ambientales, partiendo de la problemática del manejo inadecuado de los desechos y residuos sólidos.
- Fortalecer la clasificación de residuos y desechos sólidos en el origen.
- Promover la educación cultural mediante la aplicación de prácticas ancestrales.

**Actividades:**

- No. 1: organizar y establecer los grupos a capacitar, según los sectores sociales.

Dentro de la organización se establecerán grupos por medio de edad, escolaridad o género, para implementar las técnicas adecuadas de capacitación y que la información sea captada por el mayor porcentaje de la población.

- No. 2: selección de métodos de difusión de temas y principios ambientales

Como parte de la selección de métodos se establecerán según los sectores previamente definidos, utilizando programas de educación ambiental en centros educativos públicos/privados, spots radiales/televisivos, medios sociales, talleres participativos y charlas a líderes comunitarios hombres/mujeres.

- No. 3: elaborar talleres de capacitación sobre clasificación en el origen

La planificación de estos talleres tiene como finalidad mejorar la clasificación de residuos y desechos sólidos producidos en el origen por parte de la población del municipio, facilitando el procedimiento de recolección y tratamiento de los mismos.

- No. 4: organizar capacitaciones con personajes ancestrales culturales

Mediante la identificación de las personas ancianas ancestrales según la cultura del municipio, se deben organizar capacitaciones en las que se presenten las costumbres e ideologías respecto al cuidado y manejo del ambiente, para que pueda permanecer en las generaciones.

### **2.2.2. LÍNEA DE ACCIÓN N° 2: fortalecimiento de la gestión municipal para la adecuada ejecución integral del sistema de tratamiento.**

Esta línea de acción se encuentra enfocada al mejoramiento de la gestión municipal, lo repercutirá directamente en la prestación del servicio de limpieza, integrando las fases de generación, recolección, clasificación y disposición final.

#### **Objetivos:**

- Desarrollar capacidades de gestión en funcionarios municipales encargados del sistema de tratamiento de residuos y desechos sólidos.
- Optimizar la fase de recolección del sistema de tratamiento.
- Implementar mejoras en la fase de manejo de los residuos y desechos.
- Desarrollar la sostenibilidad financiera/técnica del sistema de tratamiento estableciendo sistemas efectivos de cobranza.

#### **Actividades:**

- No. 1: organizar visitas y charlas en lugares destacados respecto al manejo adecuado de residuos y desechos.

Mediante un previo estudio se identifican y establecen lugares destacados respecto al tema de manejo de desechos, para la adquisición y reforzamiento de las capacidades técnicas, las cuales pueden ser aplicadas respecto a las necesidades en el municipio.

- No. 2: Restructurar las frecuencias y rutas de la fase de recolección de residuos y desechos.

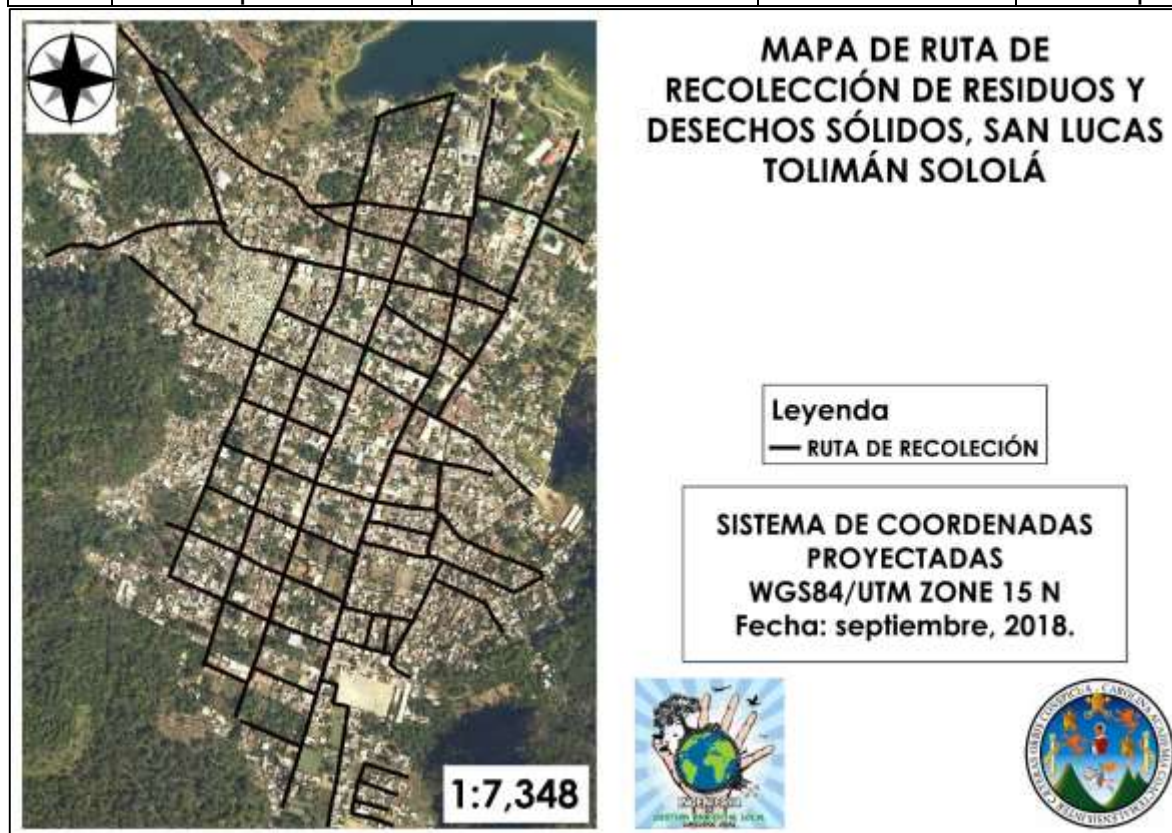
La restructuración es fundamental en la optimización de tiempos, en la cual se establecerán horarios específicos para crear hábitos en la población y con ello prestar un servicio eficiente.

Se requerirá la participación de un técnico ambiental o industrial, para realizar el trabajo de campo, análisis de información generada y elaboración de la propuesta de restructuración de la fase de recolección de residuos y desechos.

La ruta de recolección del tren de aseo se realizará con dos camiones, uno para la recolección de desechos orgánicos, y el otro para desechos inorgánicos, cada camión con una capacidad de 10 toneladas.

**Cuadro No. 1.** Días de recolección de residuos y desechos sólidos, para el municipio de San Lucas Tolimán, Sololá.

Ruta	Tipo de desecho	Días de recolección	Frecuencia	Horario
1	Orgánico	Lunes y jueves	2 veces por semana	8:00 am. a 5:00 pm.
2	Inorgánico no recuperable	Miércoles	1 vez por semana	8:00 am. a 5:00 pm.



**Figura No. 1.** Mapa de ruta de recolección de residuos y desechos sólidos, San Lucas Tolimán Sololá.

- No. 3: rediseño de la planta de tratamiento actual para la ejecución adecuada de la fase de manejo

En esta actividad mediante una remodelación se establecerán áreas destinadas para la segunda separación, la cual se realiza en mesas de selección y separación; donde se separarán los desechos inflamables y el rechazo, que posteriormente se dispondrá en el relleno sanitario.

En el nuevo diseño será implementada una guardianía, bodegas de almacenaje para abono compost/material reciclable, área para la producción de abono compost (planchas a cielo abierto y piletas) y servicios básicos para el encargado (pileta de agua potable, iluminación, duchas y servicio sanitario). Otra área necesaria para el manejo adecuado es la de compactación por lo que se comprará una compactadora, que facilitará el transporte de los desechos al relleno sanitario.

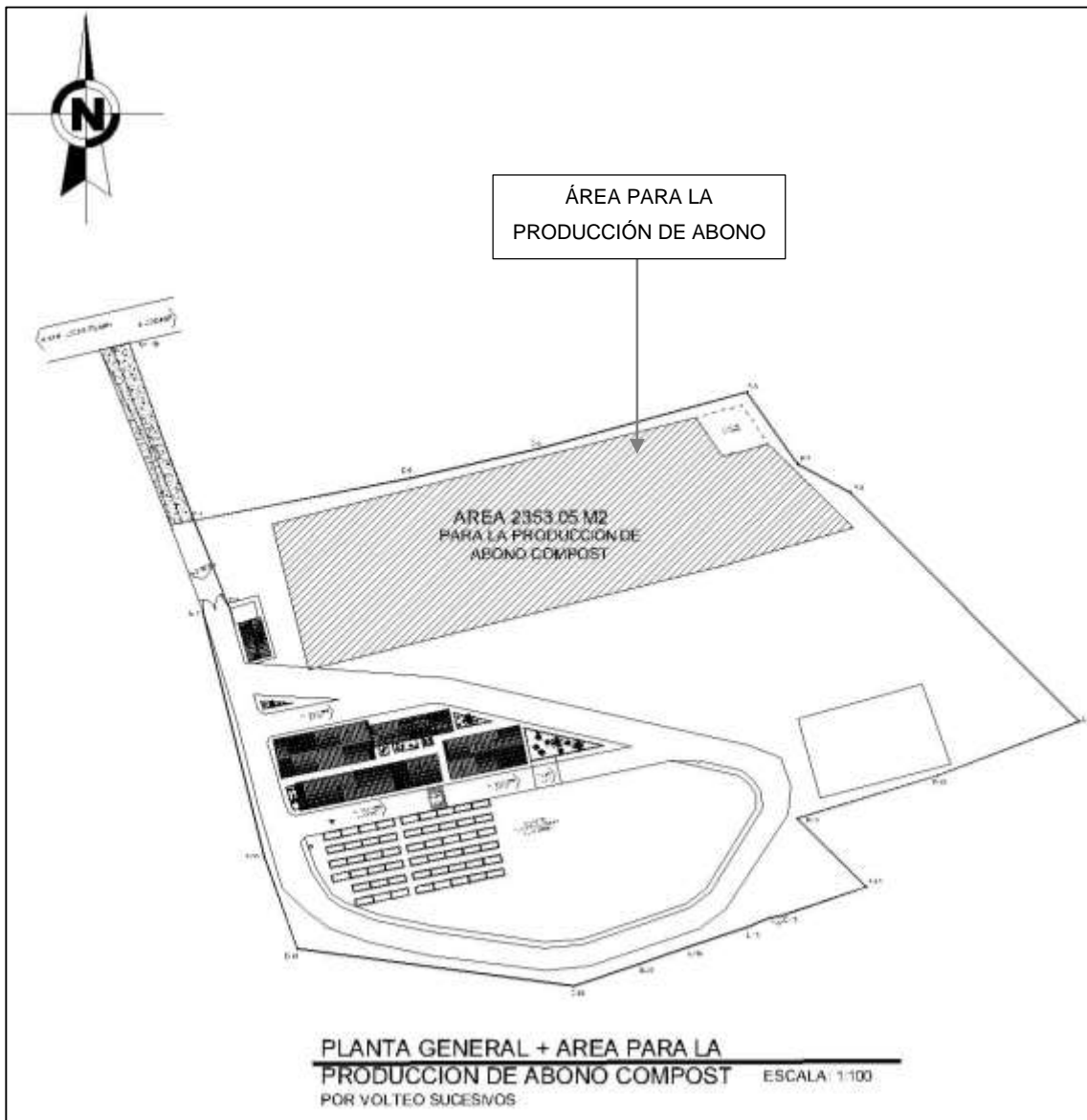
El área para la elaboración de abono compost deberá estar diseñada con dimensiones de 98.85 metros de largo por 26.50 metros de ancho, en la cual se realizarán 12 volteos sucesivos, uno por semana para lograr obtener abono compost en un tiempo aproximado de tres o cuatro meses.

Para la elaboración de abono compost por el método de volteos sucesivos se van acumulando los desechos inorgánicos en el área destinada, se mezcla y voltea periódicamente, en este caso tres veces a la semana evitando la compactación y facilitando la entrada de oxígeno al sistema, ya que se necesita descomponer toda la materia orgánica mediante un proceso de oxidación.

Según Abarataldea (2004), es importante realizar los volteos sucesivos ya que la temperatura puede elevarse hasta 70°C lo cual no es recomendable ya que a partir de los 65°C comienzan a morir gran cantidad de bacterias y microorganismos beneficiosos para el proceso.

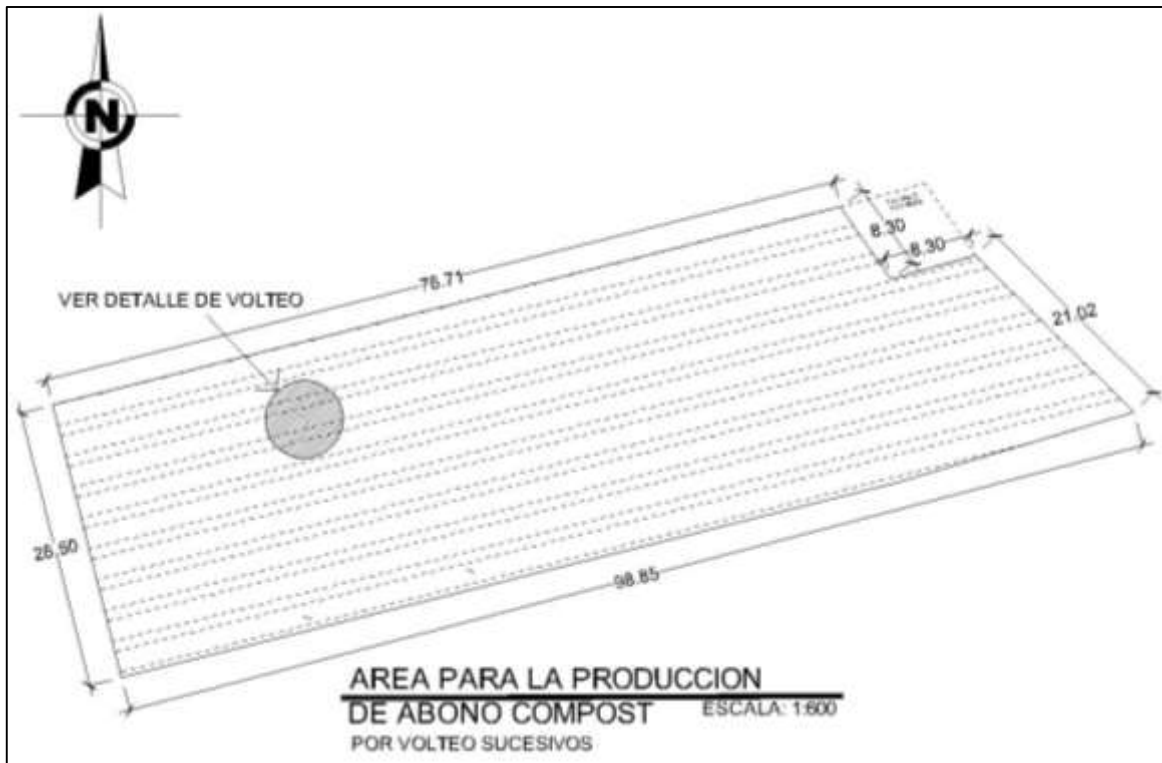
En tres o cuatro semanas se observará que es difícil distinguir lo que se fue depositando a excepción de los desperdicios más recientes y en un máximo de cuatro meses este se habrá convertido en abono.

A continuación, se presentan los esquemas de referencia del área destinada y el proceso de volteo para la elaboración de abono compost.

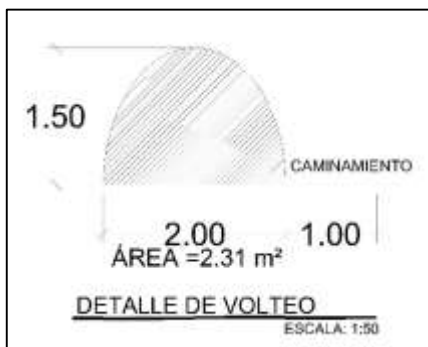


**Figura No. 2.** Planta general y área para la producción de abono compost.





**Figura No. 3.** Área para la producción de abono compost por volteos sucesivos



**Figura no. 4.** Detalle del proceso de volteo sucesivo.

- No. 4: elaborar un estudio de costos del servicio de limpieza municipal

Se requerirá la intervención de un economista para realizar un estudio de costos fijos y variables; se establecerá el costo real del servicio por persona atendida, lo cual facilitará establecer la tarifa adecuada para subsidiar los gastos y mejorar la calidad del servicio de limpieza municipal.

### **2.2.3. LÍNEA DE ACCIÓN N° 3: fortalecimiento legal y administrativo**

Esta línea de acción se encuentra orientada a respaldar legalmente las acciones municipales, en las diferentes fases de la gestión de los residuos sólidos, para respaldar los distintos procesos y mejorar las condiciones administrativas.

#### **Objetivos:**

- Aprobar el instrumento legal existente, el cual cuenta con los lineamientos para el manejo de los residuos y desechos sólidos en el municipio de San Lucas Tolimán.
- Incrementar la capacidad operativa de técnicos y supervisores responsables de las fases del sistema de tratamiento.

#### **Actividades:**

- No. 1: realizar reuniones formales de autoridades municipales competentes para aprobación del reglamento existente.

Mediante reuniones de concejo municipal se aprobará el reglamento de manejo de residuos y desechos sólidos propuesto, para que sea publicado en el Diario de Centroamérica y pueda ser aplicado en la jurisdicción del municipio; se aplicarán los recursos presupuestarios para el cumplimiento del mismo.

- No. 2: capacitar a técnicos y supervisores encargados del sistema de tratamiento

En esta actividad los técnicos y supervisores que son parte del sistema de tratamiento con temas sobre descripción y análisis de la legislación local aplicable, elementos del sistema de tratamiento dependiendo de su fase (recolección, separación, tratamiento, almacenamiento, compactación y disposición final), además del desarrollo tecnológico innovador.