

**Universidad de San Carlos de Guatemala  
Centro Universitario de Suroccidente  
Ingeniería en Gestión Ambiental Local**



## **TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**Evaluación del manejo de los residuos y desechos sólidos  
del casco urbano del municipio de San Lorenzo Suchitepéquez**

**Jaky Melissa Santay Rivera  
Carné: 201540929**

**Mazatenango, Suchitepéquez; marzo 2,021**



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

**AUTORIDADES**

Dr. Gustavo Enrique Taracena Gil

Rector

Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

Secretario General

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

Lic. Luis Carlos Muñoz López

Director

**REPRESENTANTE DE PROFESORES**

Dr. Reynaldo Humberto Alarcón Noguera

Secretario

**REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC**

Lic. Vilser Josvin Ramírez Robles

Vocal

**REPRESENTANTES ESTUDIANTILES**

T.P.A. Angélica Magaly Domínguez Curiel

Vocal

PEM Y TAE. Rony Roderico Alonzo Solís

Vocal

## **COORDINACIÓN ACADÉMICA**

### **Coordinador Académico**

Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales

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

Dr. Edy Rodolfo Maldonado Rivera

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

Lic. Edín Aníbal Ortíz Lara

### **Coordinador Carreras de Pedagogía**

M.Sc. José Noberto Thomas Villatoro

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

M.Sc. Victor Manuel Nájera Toledo

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

Ing. Agr. Luis Alfredo Tobar Piril

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

M.Sc. José David Barillas Chang

### **Coordinador Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local**

M.Sc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes

### **Coordinador Área Social Humanista**

Lic. José Felipe Martínez Domínguez

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

### **Coordinadora Carreras de Pedagogía**

M.Sc. Tania Elvira Marroquín Vásquez

### **Coordinadora Carrera de Periodista Profesional y Licenciatura en Ciencias de la Comunicación**

Lic. Heinrich Herman León

## DEDICATORIA

- A Dios:** Por ser quien en mi vida me encomendado para no desmayar en mis acciones, forjando mi carácter ante las pruebas. Por ser dador de luz incondicional; guiando mi camino a través de sabiduría, fe, perseverancia y fuerza para culminar uno de los anhelos más deseados.
- A mis padres:** Domingo Santay y Ruth Rivera de Santay, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy una meta más. Gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades y por sus oraciones.
- A mis hermanas:** Thalia Danissa y Pamela Denisse por su cariño y apoyo incondicional, por estar conmigo en todo momento.
- A mis sobrinas:** Aslhey Aimar y Allison Jimena por la alegría y esperanza que dan a mi vida, para ser ejemplo de esfuerzo y estímulo profesional.
- A mis abuelos:** Celia Reyes, Joel Rivera (+); Domingo Santay (+), Felipa Méndez (+), por estar siempre en los momentos importantes de mi vida, por ser el ejemplo para salir adelante y por los consejos que han sido de gran ayuda para mi vida.
- A mi alma mater:** Universidad de San Carlos de Guatemala, considerada como mi amada fuente de conocimiento. En especial al Centro Universitario de Suroccidente en la que he aprendido a jamás desmayar y luchar por mis ideales.

## **AGRADECIMIENTO**

**A:** La carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, por brindar los conocimientos necesarios para mi formación profesional.

**A:** Ejercicio Profesional Supervisado Multidisciplinario –EPSUM–, por brindar la oportunidad de desarrollarme a través del programa y a mis compañeros de EPS, Yadira Luna, Orquídea Quino, Gindy Obregón y Juan Carlos Navarro; por el apoyo mostrado.

**A:** Profesional Elder Arnoldo López Albino encargado de la Unidad de Gestión Ambiental Municipal de San Lorenzo Suchitepéquez por su carisma, voluntad y apoyo durante el proceso del Ejercicio Profesional Supervisado.

**A:** La Unidad de Gestión Ambiental Municipal –UGAM- de San Lorenzo Suchitepéquez, por las facilidades y atenciones brindadas en el desarrollo de las actividades para la presente investigación.

**A:** Mi asesor Ing. Allan Castro Czech, por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento, así también por dedicar su tiempo y paciencia durante el proceso del Ejercicio Profesional Supervisado.

**A:** Mi revisora Inga. Sharon Quiñónez Melgar, por el tiempo dedicado a la asesoría de esta investigación, las adecuadas sugerencias, así como el análisis e interpretación de los resultados y el cariño brindado en los años de estudio.

**A:** Myrna Galindo, Glendy Reynoso, Rossy Contreras, Diana Sandoval, Sharon Najarro, Rocio Urias, Nayelli Mirón, Celeste Pacheco, Sofía Fonseca, Mike Granados y Alejandra Maldonado; porque a través de la motivación, amistad, comprensión y apoyo moral, han ayudado fundamentalmente para culminar mi carrera profesional.

## Índice General

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
Resumen .....	viii
Abstract.....	x
I. Introducción .....	1
II. Revisión de literatura .....	3
2.1 Información general del área de estudio .....	3
2.1.1 Antecedentes históricos.....	3
2.1.2 Casco urbano.....	3
2.1.3 Vías de acceso.....	4
2.1.4 Mercados.....	5
2.2 Marco conceptual .....	5
2.2.1 Desechos sólidos.....	5
2.2.2 Residuos sólidos.....	5
2.2.3 Clasificación de desechos sólidos.....	5
2.2.3.1 Por su origen .....	6
2.2.3.2 Por su composición .....	7
2.2.4 Clasificación por tipo de manejo.....	8
2.2.5 Caracterización de desechos sólidos.....	9
2.2.5.1 Muestra.....	10
2.2.5.2 Tamaño de la población .....	10
2.2.5.3 Margen de error (intervalo de confianza) .....	10
2.2.5.4 Nivel de confianza .....	11
2.2.5.5 Desviación estándar .....	12
2.2.5.6 Selección de la muestra .....	12
2.2.6 Metodología para el proceso de recolección.....	13
2.2.7 Metodología para la medición del peso de las muestras.....	14
2.2.8 Indicadores ambientales de desechos sólidos.....	15
2.2.8.1 Producción per cápita por día (PPC) .....	16
2.2.8.2 Prueba de composición física.....	16
2.2.8.3 Prueba de densidad.....	17

2.2.9 Evaluación y categorización de los botaderos.....	18
2.2.9.1 Caracterización de botadero.....	18
2.2.9.2 Evaluacion de un botadero.....	18
2.2.9.3 Metodología para la categorización de un botadero.....	19
2.2.10 Gestion Integral de Residuos (GIR).....	22
2.2.11 Fases de la Gestion Integral de Residuos.....	22
2.2.12 Plan de manejo de residuos sólidos.....	24
III. Objetivos.....	26
3.1 Objetivo general.....	26
3.2 Objetivos específicos.....	26
IV. Materiales y métodos.....	27
4.1 Materiales.....	27
4.2 Métodos.....	28
4.2.1 Cuantificación de los residuos y desechos sólidos generados en el casco urbano del municipio.....	28
4.2.1.1 Domiciliar.....	28
4.2.1.2 Servicio barrido municipal.....	29
4.2.1.3 Cálculo de los indicadores ambientales de desechos sólidos generados en el casco urbano.....	30
4.2.2 Determinación de las condiciones actuales del servicio de recolección y transporte de los residuos sólidos generados en el casco urbano del municipio.....	32
4.2.3 Diagnóstico de la disposición final de los residuos y desechos sólidos del casco urbano.....	34
4.2.4 Diseño de plan de Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos generados en el casco urbano del municipio.....	36
V. Resultados y discusión.....	37
5.1 Cuantificación de los residuos y desechos sólidos generados en el casco urbano del municipio.....	37
5.1.1 Viviendas.....	37
5.1.2 Servicio barrido municipal de calles.....	39

5.1.3 Cálculo de indicadores de desechos solidos.....	39
5.2 Determinación de las condiciones de recolección y transporte .....	43
5.2.1 Tren de aseo municipal y privado.....	43
5.2.2 Servicio de barrido de calles.....	48
5.3 Evaluación de la disposición final.....	51
5.4 Plan de Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos para el casco urbano del municipio. ....	58
VI. Conclusiones .....	60
VII. Recomendaciones .....	62
VIII. Referencias bibliográficas.....	63
IX. Anexos .....	69

## Índice de tablas

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
Tabla 1. Margen de error.....	11
Tabla 2. Valor crítico del nivel de confianza .....	12
Tabla 3. Materiales utilizados en la investigación.....	27
Tabla 4. Categorización de un botadero .....	35
Tabla 5. Viviendas seleccionadas dentro de la muestra .....	38
Tabla 6. Resultados de la evaluación del barrido municipal.....	39
Tabla 7. Elementos de la muestra.....	40
Tabla 8. Peso de los residuos sólidos durante dos semanas.....	40
Tabla 9. Densidad de los residuos y desechos sólidos generados .....	41
Tabla 10. Composición física por tipo de residuo generado.....	42
Tabla 11. Resultados del servicio de tren de aseo privado .....	44
Tabla 12. Resultado de eficiencia del tren de aseo .....	46
Tabla 13. Características de los puntos de almacenamiento .....	51
Tabla 14. Resultado de caracterización de un botadero según la clausura .....	52
Tabla 15. Resultados de caracterización de un botadero según impactos.....	56
Tabla 16. Proyección mensual y anual de residuos generados .....	77
Tabla 17. Proyección anual de desechos sólidos orgánicos .....	78
Tabla 18. Proyección anual de desechos sólidos inorgánico recuperable .....	79
Tabla 19. Proyección anual de desechos inorgánico no recuperable .....	80
Tabla 20. Proyección anual de desechos sólidos inertes.....	81
Tabla 21. Proyección anual de los desechos bioinfecciosos.....	82
Tabla 22. Proyección del peso volumétrico anual de desechos sólidos.....	83
Tabla 23. Proyección de peso volumétrico anual inorgánico recuperable.....	84
Tabla 24. Proyección de peso volumétrico anual inorgánico no recuperable.....	85
Tabla 25. Proyección de peso volumétrico anual inerte .....	86
Tabla 26. Proyección de peso volumétrico anual bioinfeccioso .....	87

## Índice de Figuras

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
Figura 1. Mapa del casco urbano de San Lorenzo Suchitepéquez .....	4
Figura 2. Clasificación de los desechos sólidos .....	6
Figura 3. Categorización de un botadero municipal .....	20
Figura 4. Diagrama del transporte directo del tren de aseo municipal .....	47
Figura 5. Rutas del tren de aseo privado.....	73
Figura 6. Mapa de viviendas del casco urbano .....	74
Figura 7. Mapa de sectores del casco urbano.....	76
Figura 8. Distribución de barrido municipal .....	88
Figura 9. Puntos de distribución .....	89
Figura 10. Cobertura del servicio de barrido municipal .....	90
Figura 11. Recorrido del tren de aseo municipal .....	94
Figura 12. Transporte y recolección de los desechos .....	95
Figura 13. Caracterización de residuos en el botadero municipal .....	96

## Índice de Anexos

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
Anexo 1 Encuesta dirigida a los habitantes del casco urbano.....	69
Anexo 2 Guía de entrevista dirigida al personal municipal del tren de aseo .....	71
Anexo 3 Guía de entrevista al personal del tren de aseo .....	72
Anexo 4 Recorrido del tren de aseo privado del casco urbano .....	73
Anexo 5 Mapa de viviendas del casco urbano .....	74
Anexo 6 Viviendas seleccionadas dentro de la muestra .....	75
Anexo 7 Clasificación de cuadras por método estratificado .....	76
Anexo 8 Proyecciones de desechos sólidos del casco urbano .....	77
Anexo 9 Proyección anual de desechos orgánicos .....	78
Anexo 10 Proyección anual de desechos sólidos inorgánicos recuperables.....	79
Anexo 11 Proyección de desechos sólidos inorgánicos no recuperables .....	80
Anexo 12 Proyección de desechos sólidos inertes anualmente.....	81
Anexo 13 Proyección de desechos sólidos bioinfecciosos.....	82
Anexo 14 Proyección del peso volumétrico de los desechos sólidos.....	83
Anexo 15 Proyección volumétricas de los desechos inorgánicos recuperables....	84
Anexo 16 Proyección volumétricas inorgánicos no recuperables.....	85
Anexo 17 Proyección volumétricas de inertes anualmente .....	86
Anexo 18 Proyección volumétrico de sólidos bioinfecciosos anualmente .....	87
Anexo 19 Mapa de modalidad del servicio de barrido municipal.....	88
Anexo 20 Centros de acopio del barrido municipal de calles .....	89
Anexo 21 Mapa de cobertura del barrido municipal de calles .....	90
Anexo 22 Ficha de evaluación del botadero municipal .....	91
Anexo 23 Mapa del recorrido del tren de aseo municipal del casco urbano.....	93
Anexo 24 Fotografías de la recolección de desechos sólidos .....	94
Anexo 25 Fotografías durante la caracterización de desechos sólidos.....	95
Anexo 26 Diseño de Planta de tratamiento de desechos sólidos.....	96
Anexo 27 Propuesta de Plan de Gestión Integral de Desechos Sólidos .....	97

## Resumen

La investigación tuvo como objetivo evaluar el manejo de los residuos y desechos sólidos generados en el casco urbano del municipio de San Lorenzo Suchitepéquez. Se identificó el sistema actual del manejo de los residuos y desechos sólidos por medio de tres fases: generación, manejo y disposición final.

Actualmente el municipio cuenta con dos sistemas de recolección: el tren de aseo privado, encargado de los desechos y residuos sólidos domiciliarios. Y el segundo sistema está conformado por el tren de aseo municipal, encargado de los desechos sólidos del barrido de calles, recolectando toda la basura que en ellas se encuentra.

Con base a lo expuesto anteriormente el casco urbano del municipio posee dos fuentes de generación: viviendas y barrido de calles. En la generación de los residuos y desechos sólidos domiciliar se realizó un muestreo de 222 viviendas; la generación de los residuos y desechos sólidos del barrido de calles se cuantificó a través de todas las calles del casco urbano.

Se realiza una caracterización de desechos sólidos determinando el promedio por semana un total de 2,686.03 kilogramos de residuos y desechos sólidos con una producción de 0.315 kilogramos por habitante al día (kgs/hab/día). La mayor generación es orgánica con un 37.85%, el 36.62% son inorgánicos no recuperables, el 22.10% son inorgánicos recuperables, el 2.53% son inertes y el 0.90 son bioinfecciosos.

En la fase de manejo se evaluó el sistema del servicio de tren de aseo privado por medio de una encuesta con base a los domicilios muestreados. Encontrando que el 60% hace uso del tren de aseo privado y el otro 40% de las personas no utilizan ningún tren de aseo, realizando actividades no adecuadas para el manejo de los desechos sólidos. La separación de los desechos sólidos "*in situ*" es realizada solo por el 20% de las viviendas que utilizan el servicio de tren de aseo privado. Cuenta

con transporte directo de la recolección hasta la disposición final y actualmente en el casco urbano solo funciona el servicio de tren de aseo privado.

El sistema de barrido de calles centraliza lo recolectado en la Escuela Oficial Urbana Mixta “Lic. Mario Méndez Montenegro” para posteriormente ser recogido por un vehículo que traslada lo recolectado al botadero del municipio, sin ninguna clasificación de lo recolectado. Este sistema se evaluó a través de la ejecución de indicadores técnicos del servicio, con una cobertura de 79% en el casco urbano. En la evaluación del desempeño del personal se obtuvo un rendimiento del barrido de 0.1 kilómetros por persona al día (km/persona/día), encontrándose en el rango normal recomendado para ejecutar la actividad de barrido.

La fase de disposición final se ejecuta en el botadero del municipio que se encuentra localizado en aldea Valle de Candelaria San Lorenzo Suchitepéquez, en el que se disponen los residuos y desechos sólidos de todo el municipio. Para la ejecución de actividades como: clasificación, separación, manejo y disposición de los residuos y desechos sólidos dentro del botadero, están a cargo tres colaboradores.

La evaluación de la disposición final se realizó a través de una caracterización del botadero utilizando una ficha de evaluación que está conformada por dos modelos de caracterización: según la clausura de un botadero y según impactos de salud y socioeconómicos de un botadero. Según el resultado de la clausura de un botadero, con un valor de 50.5% el botadero representa un rango moderado de riesgo para los habitantes cercanos al área. Según el modelo de impactos de un botadero, con un valor de 36% representa un bajo riesgo en la salud de los habitantes y con un valor de 25% representa un bajo riesgo en la influencia de las actividades socioeconómicas de los habitantes.

## Abstract

The objective of the research was to evaluate the management of waste and solid waste generated in the urban area of the municipality of San Lorenzo Suchitepéquez. The current system of waste and solid waste management was identified through three phases: generation, management and final disposal.

Currently the municipality has two collection systems: the private cleaning train, in charge of household waste and solid waste. And the second system is made up of the municipal cleaning train, in charge of solid waste from street sweeping, collecting all the garbage that is found there.

Based on the above, the urban area of the municipality has two sources of generation: homes and street sweeping. In the generation of household solid waste and waste, a sample of 222 homes was carried out; the generation of residues and solid waste from street sweeping was quantified through all the streets of the urban area.

A characterization of solid waste is carried out determining the average per total week of 2,686.03 kilograms of waste and solid waste with a production of 0.315 kilograms per inhabitant per day (kgs / inhab / day). The largest generation is organic with 37.85%, 36.62% are non-recoverable inorganic, 22.10% are recoverable inorganic, 2.53% are inert and 0.90 are bioinfectious.

In the management phase, the private toilet train service system was evaluated by means of a survey based on the sampled homes. Finding that 60% make use of the private toilet train and the other 40% of the people do not use any toilet train, carrying out activities that are not adequate for the management of solid waste. The separation of solid waste "in situ" is carried out by only 20% of the homes that use the private cleaning train service. It has direct transportation from collection to final disposal and currently only the private toilet train service operates in the urban area.

The street sweeping system centralizes what is collected in the Mixed Urban Official School “Lic. Mario Méndez Montenegro” to later be picked up by a vehicle that transfers what was collected to the municipal dump, without any classification of what was collected. This system was evaluated through the execution of technical indicators of the service, with a coverage of 79% in the urban area. In the evaluation of the performance of the personnel, a sweep performance of 0.1 kilometers per person per day (km / person / day) was obtained, being in the normal range recommended to execute the sweeping activity.

The final disposal phase is carried out in the municipal dump, which is located in the Valle de Candelaria San Lorenzo Suchitepéquez village, where waste and solid waste from the entire municipality are disposed of. For the execution of activities such as: classification, separation, management and disposal of waste and solid waste within the dump, three collaborators are in charge.

The evaluation of the final disposal was carried out through a characterization of the dump using an evaluation form that is made up of two characterization models: according to the closure of a dump and according to the health and socioeconomic impacts of a dump. According to the result of the closure of a dump, with a value of 50.5% the dump represents a moderate range of risk for the inhabitants near the area. According to the model of impacts of a dump, with a value of 36% it represents a low risk in the health of the inhabitants and with a value of 25% it represents a low risk in the influence of the socioeconomic activities of the inhabitants.

## I. Introducción

El municipio de San Lorenzo se encuentra localizado en el departamento de Suchitepéquez, a una distancia de 167 kilómetros de la ciudad capital, su extensión territorial es de 60 kilómetros cuadrados (km<sup>2</sup>), con una población de 1,819 habitantes en el casco urbano; cuenta con seis ríos: Seco, Xelecá, Bosá, Chitá, Icán y Sis. Su temperatura mínima es de 19°C y una máxima de 34°C; con una precipitación pluvial de 2,066 milímetros por años (mm/año).

Para la evaluación del manejo de los residuos y desechos sólidos del casco urbano la investigación fue dividida en tres fases: la generación, el manejo y la disposición final de los residuos y desechos sólidos. La metodología utilizada para la evaluación fue a través de una caracterización de las dos fuentes principales de generación de desechos sólidos, que incluye: viviendas y barrido de calles del casco urbano del municipio. En la fase de manejo, se evaluó el sistema del servicio de tren de aseo privado y el sistema de barrido municipal por medio de una encuesta e indicadores técnicos del servicio. En la fase de disposición final, se efectuó una ficha de evaluación con dos modelos de categorización los cuales son: según clausura de un botadero y según impactos (de salud y socioeconómicos).

El casco urbano del municipio de San Lorenzo Suchitepéquez obtuvo una producción promedio semanal de: 2,686.03 kilogramos de residuos y desechos sólidos y una producción per cápita de 0.315 kilogramos por habitante al día (kg/hab/día). La mayor generación es orgánica con un 37.85%, el 36.62% son inorgánicos no recuperables, el 22.10% son inorgánicos recuperables, el 2.53% son inertes y el 0.90 son bioinfecciosos.

El tren de aseo privado presta el servicio al área urbana, representando el 60% de los habitantes del casco urbano. El otro 40% representa a personas que no utilizan el servicio y realizan un manejo inadecuado de los residuos y desechos sólidos. La recolección se realiza tres veces a la semana, sin previa clasificación de los desechos sólidos.

El sistema de barrido de calles se efectúa con una cobertura del 79% del casco urbano. El rendimiento del barrido es 0.1 km/persona/día, con una recolección por medio de vehículo; recolectando residuos generales, sin previa clasificación.

Existe un botadero municipal localizado en aldea Valle de Candelaria San Lorenzo Suchitepéquez, para la ejecución de actividades como: clasificación, separación, manejo y disposición de los residuos y desechos sólidos dentro del botadero, están a cargo tres colaboradores. De acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación del botadero, se puede decir que actualmente no representa riesgo para la salud de los habitantes, al igual que implica bajo riesgo en la influencia de las actividades socioeconómicas.

La investigación realizada resalta la necesidad de la implementación de un plan de Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos que permita la ejecución de propuestas viables que regulen el manejo de los residuos y desechos sólidos, a través de la participación ciudadana y municipal.

## II. Revisión de literatura

### 2.1 Información general del área de estudio

#### 2.1.1 Antecedentes históricos

De acuerdo a SEGEPLAN (2010, pág. 20), el municipio de San Lorenzo fue fundado por los españoles durante los primeros años de la conquista, dando el nombre de San Lorenzo El Real. Al momento de la conquista Xochiltepeq (pueblo de San Lorenzo) hubo una lucha entre invasores e indígenas en el que venció Don Gonzalo de Alvarado quien sentó sus cédulas reales en dicho lugar; los indígenas le llamaban A-Rén y los españoles San Lorenzo Real, por haber sido en los primeros años de la colonia un asiento real y porque la imagen traída de España fue de San Lorenzo el Real. Además, reporta que, el 4 de octubre de 1921, se autorizó a la municipalidad entregar a los vecinos los títulos de propiedad de los sitios urbanos que poseían legítimamente.

Herrera & Antonio (2007, pág. 5), señalan que San Lorenzo está situado en el departamento de Suchitepéquez; al sur de Mazatenango, es cabecera departamental. La extensión territorial es de 60 kilómetros cuadrados ocupan un 2.93% del área total del departamento de Suchitepéquez, con una distancia de 7 kilómetros de la cabecera departamental y 167 kilómetros de la ciudad capital.

#### 2.1.2 Casco urbano

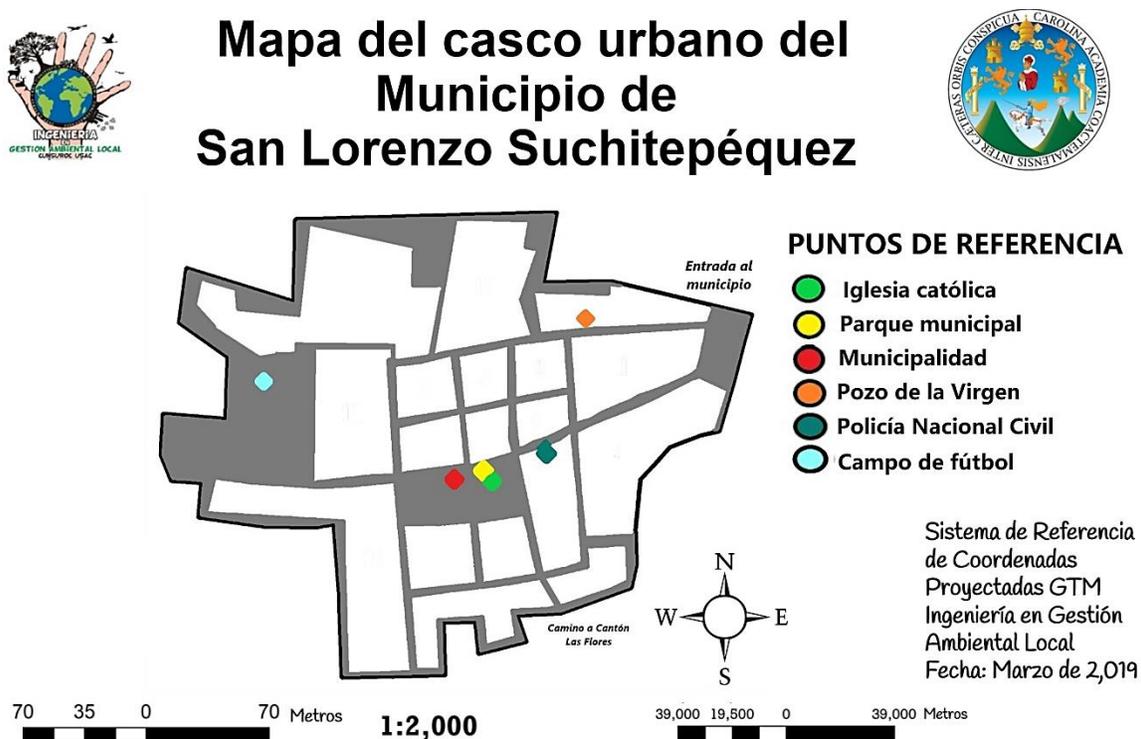
Según el Instituto Nacional de Estadística (INE) (2018, pág. 28) “el municipio tiene una población de 13,282 habitantes según el Censo poblacional del año 2018”. Gutiérrez (2019, pág.28) agrega que “en el año 2019 el casco urbano cuenta con un total de 524 viviendas y una población de 2,384 habitantes”.

#### a. Ubicación Geográfica

Las coordenadas geográficas de la cabecera municipal son 14°29'00" latitud Norte y 91°31'00" longitud Oeste, con una altura de 210 metros sobre el nivel del mar.

Colinda al norte con el municipio de San Gabriel, al este con el municipio de Santo Domingo Suchitepéquez, al sur con Mazatenango y al oeste con los municipios de San José la Máquina y Cuyotenango (Constitución Política de Guatemala 1985, págs.15-18), el siguiente mapa del casco urbano de San Lorenzo Suchitepequez presenta puntos de referencias como: iglesia católica (verde), parque municipal (amarillo), municipalidad (rojo), Lugar turístico Pozo de la Virgen (anaranjado), Policía Nacional Civil (azul) y campo de fútbol (celeste).

**Figura 1.** Mapa del casco urbano de San Lorenzo Suchitepéquez.



**Figura 1.** Mapa del casco urbano de San Lorenzo Suchitepéquez

**Fuente:** Con base en información espacial MAGA (2,006)

### 2.1.3 Vías de acceso

Monzón-Despang (1996, pág. 18) menciona que “al municipio se puede llegar por las vías de acceso de Mazatenango Suchitepéquez cabecera departamental, por una carretera adoquinada. También por el municipio de Santo Domingo y San José La Máquina”.

#### **2.1.4 Mercados**

Cantón L., Martínez R., García K., Villagran E., Pérez C., Zuñiga M. (2018, pág. 121) indican que el municipio actualmente no cuenta con un mercado. Por consiguiente, los comerciantes improvisan de diversas maneras el comercio de sus productos, entre ellos: ventas de frutas, verduras, insumos básicos, en las calles principales, locales, carretas. Los días de plaza son jueves y domingos, pero mayoría de la población opta por ir al mercado de la cabecera de Mazatenango y San José La Máquina.

### **2.2 Marco conceptual**

#### **2.2.1 Desechos sólidos**

Para Pérez (2013, párr. 2) son sustancias, productos o subproductos que se encuentran en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente.

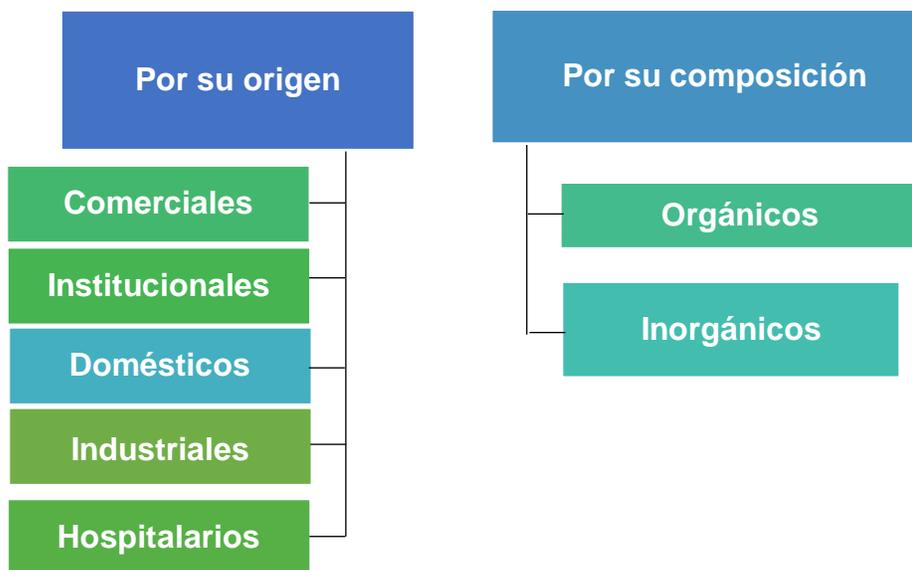
#### **2.2.2 Residuos sólidos**

Según Argumedo (2018, párr. 1), son desechados tras su vida útil, y carecen de valor económico. Se componen principalmente de desechos procedentes de materiales utilizados en la fabricación, transformación o utilización de bienes de consumo. Todos estos residuos sólidos, en su mayoría son susceptibles de reaprovecharse o transformarse con un correcto reciclado.

Según Argumedo (2018, párr.3) los principales productores de residuos sólidos somos los ciudadanos de las grandes ciudades, con un porcentaje muy elevado, en especial por la poca conciencia del reciclaje que existe en la actualidad.

#### **2.2.3 Clasificación de desechos sólidos**

Indica MARN, (2018) que la clasificación de los residuos desde el punto de vista físico-químico, no es práctica para su valoración debido a que en ocasiones se ve comprometida la integridad del material. El estudio de composición y caracterización de residuos sólidos debe ser realizado con base a una metodología confiable que identifique los tipos de residuos sólidos más generados y valorizables, permitiendo determinar el tipo de clasificación a considerar.



**Figura 2.** Clasificación de los residuos y desechos sólidos.

**Fuente:** Arizabal, P. (2016).

La clasificación de los residuos y desechos sólidos se dividen en:

### 2.2.3.1 Por su origen

Indica Arizabal (2016, párr. 3), que el origen de los desechos sólidos lo determina el tipo de actividades que las personas realizan. Por ejemplo, es evidente que los desechos que se producen en las casas son diferentes a los que resultan del trabajo en las fábricas. El autor menciona los siguientes tipos de desechos:

**a. Desechos ordinarios**

Señala que los desechos ordinarios “son aquellos que no requieren un tratamiento especial antes de ser dispuestos, entre los que tenemos los desechos domésticos”. Arizábal (2016, párr. 7)

**b. Desechos especiales**

Indica que “son aquellos que necesitan un manejo especial y vigilancia desde su generación hasta su disposición final debido a sus características tóxicas, explosivas, corrosivas o radiactivas, como lo serían algunos desechos industriales y los hospitalarios”. Arizábal (2016, párr. 8)

**2.2.3.2 Por su composición**

Arizábal (2016), indica que los desechos sólidos se componen de sustancias orgánicas e inorgánicas y de acuerdo con el tiempo que tardan en desaparecer, y los clasifica en biodegradables o no biodegradables. Arizábal (2016, párr. 4)

**a. Desechos inorgánicos o no biodegradables**

Son aquellos desechos de origen no biológico, de origen industrial o de algún otro proceso no natural, expuestos a las condiciones ambientales, tardan mucho tiempo en degradarse y no vuelven a integrarse a la tierra, sino tras un largo período de tiempo. En otras palabras, no son biodegradables. Arteaga (2016, párr. 2).

**b. Desechos orgánicos o biodegradables**

Está compuesta principalmente por restos de comida y jardín que se producen diariamente en el hogar y en establecimientos comerciales, como, por ejemplo, peladuras de frutas y verduras, sobras de comida, desperdicios de pescado, huesos y restos de carne, servilletas o manteles de papel con restos de materia orgánica, restos de café, huesos de animales, restos de poda pequeña, tapones de corcho natural, palillos, cáscaras o bolsitas de infusiones, entre otros. Arrellanos (2018, párr. 2).

Además, Arizábal (2016, párr. 6) menciona que en condiciones óptimas de descomposición (presencia de oxígeno, luz solar y humedad), los desechos orgánicos e inorgánicos pueden tardar, por ejemplo:

- ✓ Cáscaras de frutas y verduras: de 3 semanas a 1 mes.
- ✓ Un cuaderno: de 1 a 2 meses.
- ✓ Un zapato de cuero natural: de 3 a 5 años.
- ✓ Una lata de aluminio: de 350 a 500 años.
- ✓ Una botella de vidrio: no se descompone.
- ✓ Una bolsa de plástico: alrededor de 500 años.
- ✓ Un empaque tetrabrick: indefinido.

#### 2.2.4 Clasificación por tipo de manejo

Arrellanos (2018), los clasifica en no peligrosos y peligrosos, como se indica a continuación:

##### a. Residuos no peligrosos

Son aquellos producidos en cualquier lugar y en desarrollo de su actividad, que no presentan riesgo para la salud humana o el medio ambiente. Arrellanos (2018, párr. 7) Se dividen en:

- ✓ **Biodegradables:** son aquellos restos químicos o naturales que tienen la capacidad para descomponerse fácilmente en el ambiente. En estos restos se encuentran los vegetales, residuos alimenticios no infectados, papel higiénico, papeles no aptos para reciclaje, jabones y detergentes biodegradables, madera y otros que puedan ser transformados fácilmente en materia orgánica. Arrellanos (2018, párr. 8)
- ✓ **Reciclables:** son aquellos que no se descomponen fácilmente y pueden volver a ser utilizados en procesos productivos como materia prima. Entre estos residuos se encuentran: algunos papeles y plásticos, chatarra, vidrio, telas, entre otros. Arrellanos (2018, párr. 9)

- ✓ **Inertes:** son aquellos que no se descomponen ni se transforman en materia prima y su degradación natural requiere grandes períodos de tiempo. Entre estos se encuentran: algunos tipos de papel como el papel carbón y algunos plásticos. Arrellanos (2018, párr. 10)
  
- ✓ **Ordinarios o comunes:** son aquellos generados en el desempeño normal de las actividades. Estos residuos se generan en oficinas, pasillos, áreas comunes, cafeterías, salas de espera, auditorios y en general en todos los sitios del establecimiento del generador. Arrellanos (2018, párr. 11)

### **b. Residuos peligrosos**

Son aquellos que, en función de sus características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, volátil y patogenicidad –CRETIVP-, puede presentar riesgo a la salud pública o causar efectos adversos al medio ambiente. Así mismo, se consideran residuos peligrosos los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con residuos o materiales considerados como peligrosos, cuando dichos materiales, aunque no sean residuos, exhiban una o varias de las características o propiedades que confieren la calidad de peligroso. Toledo (2018, párr. 12)

#### **2.2.5 Caracterización de desechos sólidos**

Señala Bermúdez (2018, párr. 1), que es la actividad que consiste en determinar la composición de un residuo en diferentes fracciones. Mediante éstas, se pueden conocer con detalle qué desecho se está depositando en los contenedores de recogida selectiva y en función de ello, tomar las medidas correctoras que en cada caso sean más adecuadas.

A continuación, se presentan los pasos para la obtención de muestra probabilística para una caracterización:

### 2.2.5.1 Muestra

Según Juárez (2016, párr. 1) menciona que “es una porción de la totalidad de un fenómeno, producto o actividad que se considera representativa del total también llamada una muestra representativa”.

Pickers (2018, párr. 7) La fórmula para calcular el tamaño de muestra cuando se conoce el tamaño de la población es la siguiente:

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N-1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

En donde,

N = tamaño de la población

Z = nivel de confianza,

P = probabilidad de éxito, o proporción esperada

Q = probabilidad de fracaso

D = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción).

### 2.2.5.2 Tamaño de la población

Indica que una población es una colección bien definida de objetos o individuos que tienen características similares. Hablamos de dos tipos: población objetivo, que suele tener diversas características y también es conocida como la población teórica. La población accesible es la población sobre la que los investigadores aplicarán sus conclusiones. (Juárez, 2016, párr. 8)

### 2.2.5.3 Margen de error (intervalo de confianza)

Valencia (2018, párr. 1), El margen de error, también denominado intervalo de confianza indica en qué medida pueden esperarse los resultados de una encuesta reflejando las opiniones de la población general.

Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Márgen de error: } z \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$n$  = tamaño de la muestra

$\sigma$  = desviación estándar de la población

$z$  = puntuación  $z$

1. Toma en consideración la desviación estándar de la población ( $\sigma$ ) y el tamaño de la muestra ( $n$ ).
2. Calcula la raíz cuadrada del tamaño de la muestra y divide ese número entre la desviación estándar de la población.
3. Multiplica el resultado por la puntuación  $z$  según el intervalo de confianza que quieras aplicar de acuerdo con la siguiente tabla:

**Tabla 1.** Margen de error.

Intervalo de confianza deseado	Puntuación $z$
<b>80 %</b>	1.28
<b>85 %</b>	1.44
<b>90 %</b>	1.65
<b>95 %</b>	1.96
<b>99 %</b>	2.58

**Fuente:** Palacio M. (2018).

#### 2.2.5.4 Nivel de confianza

Monterroso (2018, párr. 5) define que un nivel de confianza, son intervalos aleatorios que se usan para acotar un valor con una determinada probabilidad alta.

Según Flores (2013) define que es la probabilidad del parámetro a estimar, que se encuentre en el intervalo de confianza. El nivel de confianza ( $p$ ) se designa mediante  $1 - \alpha$ , y se suele tomar en tanto por ciento. Los niveles de confianza más usuales son: 90%; 95% y 99%. El nivel de significación se designa mediante  $\alpha$ . Se presenta la siguiente tabla para el valor crítico ( $k$ ) como  $z_{\alpha/2}$ :

**Tabla 2.** Valor crítico.

<b>1 - <math>\alpha</math></b>	<b><math>\alpha/2</math></b>	<b><math>Z_{\alpha/2}</math></b>
<b>0.90</b>	0.05	1.645
<b>0.95</b>	0.025	1.96
<b>0.99</b>	0.005	2.575

**Fuente:** Flores, J. (2013).

### 2.2.5.5 Desviación estándar

Pickers (2018, párr.6) indica que “la desviación estándar, es un índice numérico de la dispersión de un conjunto de datos (o población). Mientras mayor es la desviación estándar, mayor es la dispersión de la población”.

Pickers (2018, párr. 10) muestra la ecuación para el cálculo de la muestra cuando se conoce el tamaño de la población:

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

En dónde:

n = tamaño de la población

Z = nivel de confianza

p = probabilidad de éxito, o proporción esperada

q = probabilidad de fracaso

d = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción).

### 2.2.5.6 Selección de la muestra

Según Style (2018, párr. 13), la selección de la muestra se basa en el principio de equipo probabilidad, esto quiere decir que todos los individuos de la muestra

seleccionada tendrán las mismas probabilidades de ser elegidos. Lo anterior nos asegura que la muestra extraída contará con representatividad.

#### **a. Error muestral**

Según Style (2018, párr. 4), el error muestral es la parte de la diferencia entre un valor poblacional y el estimado, derivado de una muestra probabilística, que es debido al hecho de que sólo se observa una muestra de los valores, tan diferentes como una selección imperfecta, sesgos en las respuestas o su estimación, errores de observación y registro, etc.

#### **b. Al azar simple**

Según Style (2018, párr. 5):

- ✓ Por medio de croquis
- ✓ Por pedio de papelito
- ✓ No hay discreción del investigador
- ✓ Los elementos se seleccionan por reglas mecánicas
- ✓ Hay error muestral
- ✓ Se conoce la probabilidad de inclusión.

#### **c. Por estratificación**

Según Style (2018, párr. 6):

- ✓ Se divide a la población
- ✓ Se realiza por subgrupos (cantón, cuadra, sector)
- ✓ Luego selecciona aleatoriamente a la población
- ✓ En forma proporcional.

### **2.2.6 Metodología para el proceso de recolección**

Señala MARN (2018, pág. 12) Después de obtener el número de viviendas a muestreas que a cada una se le indica las instrucciones para apoyar en el estudio de caracterización, siendo principalmente las siguientes:

-Se identifica con un código las viviendas en la parte frontal con una calcomanía.

- Se recolecta durante 8 días consecutivos los desechos y residuos.
- Se entrega a las viviendas una bolsa plástica negra cada día para disponer de los desechos y residuos sólidos.
- Se solicita a los habitantes de la vivienda que entreguen la bolsa con los residuos a las personas asignadas del programa para su recolección, quienes tocarán la puerta.
- Se solicitará que coloquen en la bolsa solo residuos domiciliarios generados en la vivienda y no proveniente de otros lados.
- En el caso de no poder atender a la hora de la recolección, se les solicita dejar la bolsa colgada en el balcón de la ventana o puerta de ser posible, para evitar que animales rompan las muestras.
- Se les explica que es un estudio que durará 8 días y que posteriormente se debe continuar con el servicio de recolección normal.

### **2.2.7 Metodología para la medición del peso de las muestras**

Según MARN (2018, pág. 14) Cuando se inicia un proceso de cuantificación, se debe registrar el peso de cada bolsa a través de la identificación del código de cada vivienda sobre la bolsa al momento de recibirla; esto permite tabular los datos del peso durante los días de pesaje. Las bolsas no pueden ser pesadas directamente sobre las pesas de pie, debido que por su consistencia el contenido se esparce fuera de la pesa y no registra el peso real.

Para el peso de las muestras en las diferentes etapas del análisis se debe considerar el siguiente sistema:

- La pesa debe estar calibrada en cero.
- Se debe colocar el recipiente vacío donde será colocada la bolsa o los residuos y obtener el peso del mismo.
- Posteriormente se colocará la bolsa dentro del recipiente. Al dato obtenido se le restará el peso del recipiente, dando como resultado el peso real de los residuos.

Es importante mencionar que el recipiente debe descansar completamente sobre la pesa y no debe tocar la superficie del piso, ya que altera el dato. En la mayoría de las ocasiones es necesario tarar la pesa; este proceso consiste en colocar el recipiente sobre la pesa y poner la calibración de la pesa en cero o, en caso de las pesas digitales, programarlas para que no reconozca el peso del recipiente. Se debe conocer muy bien una pesa para poder tararla y evitar que los datos sean incorrectos.

### **2.2.8 Indicadores ambientales de desechos sólidos**

OCDE (2003, párr. 1) define un indicador ambiental como “una medida directa o indirecta de la calidad ambiental que se puede usar para evaluar el estado y las tendencias en la capacidad del medio ambiente para apoyar la salud humana y ecológica”.

Según la OCDE (1998) las dos funciones principales de los indicadores ambientales son:

1. Reducir el número de medidas y parámetros que normalmente se requieren para ofrecer una presentación lo más cercana posible a la realidad de una situación.
2. Simplificar los procesos de comunicación.

Estas funciones básicas convierten a los indicadores en el instrumento mediante el cual se proporciona información concisa y sustentada científicamente a diversos usuarios, tomadores de decisiones y al público en general de manera que pueda ser entendida y usada fácilmente.

Los indicadores ambientales se han utilizado a nivel internacional, nacional, regional, estatal y local para diversos fines, entre los que destacan: servir como herramientas para informar sobre el estado del medio ambiente, evaluar el desempeño de políticas ambientales y comunicar los progresos en la búsqueda del desarrollo sustentable.

### 2.2.8.1 Producción per cápita por día (ppc)

Según SCAE (2012, párr. 1) indica que es un indicador relacionado con los patrones de los procesos de producción, consumo y la población de un país. Es decir, es una razón entre la evolución del balance de residuos, visto desde la perspectiva de la oferta frente a la evolución demográfica de todo el territorio nacional dada en un periodo definido.

El propósito para la medición es determinar el comportamiento que presentan las personas como unidad social, frente a la generación de residuos sólidos involucrando los procesos de producción y consumo necesarios dentro de la dinámica socioeconómica (CSA, 2011, párr. 5).

Indica Sakurai (2018, párr. 24), que “se mide el peso de la muestra usando una balanza de y se calcula la PPC con la siguiente formula:”.

$$\text{ppc (gr/ha/día)} = \frac{\left(\frac{1}{7}\right) * \left(\frac{A1}{B1}\right) * P1 + \left(\frac{A2}{B2}\right) * P2 + \left(\frac{A3}{B3}\right) * P3 + \left(\frac{A4}{B4}\right)}{P1 + P2 + P3 + P4}$$

Además, indica que dónde:

- P1, P2, P3 y P4 = Número de habitantes en las zonas comercial, residencial (ingreso alto), residencial (ingreso medio) y residencial (ingreso bajo), respectivamente. Sakurai (2018, párr. 12)
- A1, A2, A3 y A4 = Peso de la muestra de una semana completa tomada de cada una de las zonas arriba mencionada (gr/semana). Sakurai (2018, párr. 12)
- B1, B2, B3 y B4 = Número de habitantes correspondientes a la muestra tomada de cada zona arriba mencionada. Sakurai (2018, párr. 25)

### 2.2.8.2 Prueba de composición física

Según Monterroso (2018, párr. 30), la determinación de la composición física de los desechos se realiza de la siguiente manera:

- ✓ Se toma la muestra de alrededor de 1m<sup>3</sup> llevándola a un lugar pavimentado de preferencia en donde se vierte formando un montón.
- ✓ Se rompen bolsas y se cortan cartones y maderas contenidas en la basura hasta conseguir un tamaño de 15 cm por 15 cm o menos.
- ✓ Se homogeniza la muestra mezclándola toda.
- ✓ El montículo se divide en cuatro partes y se escoge dos opuestas para formar otra muestra representativa más pequeña. La muestra menor se vuelve a mezclar y se divide en cuatro partes, luego se escoge dos opuestas y se forma otra muestra más pequeña. Esta operación se repite hasta obtener una muestra de 50 Kg de basura o menos.
- ✓ Se separan los componentes del cúmulo último y se clasifican de acuerdo con las siguientes características: papel y cartón, trapos, madera y follaje, restos de alimentos, plástico, caucho y cuero, metales, vidrios, suelo y otros.
- ✓ Los componentes se van clasificando en cilindros pequeños que pueden ser de 50 litros.
- ✓ Se debe pesar los cilindros antes de empezar la clasificación usando la balanza de pie.
- ✓ Una vez terminada la clasificación se pesan los cilindros con los diferentes componentes y por diferencia se saca el peso de los componentes.
- ✓ Se saca un porcentaje (%) de los componentes teniendo los datos del peso total y el peso de cada clase. Monterroso (2018, párr. 31 – 38)

Monterroso (2018, párr. 31 – 39) indica que cuando se trata de utilizar los datos de composición física así obtenidos, se necesita tener en cuenta la eficiencia de separación, es decir, el porcentaje del producto que se consigue separar mediante el proceso de reciclaje. Dichos porcentajes varían en función del proceso adoptado de separación.

### **2.2.8.3 Prueba de densidad**

Monterroso (2018, párr. 30), indica que “la densidad servir para garantizar la homogeneidad. Si una pieza fabricada no es homogénea, podría verse afectados

atributos de rendimiento clave como la fuerza y la resistencia al agrietamiento”. Se realiza a través de la siguiente forma:

$$\text{Densidad de la basura } D \text{ (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso de basura en Kg}}{\text{Volumen del tambor en m}^3}$$

- ✓ Se prepara un tambor de alrededor de 100 litros que servirá para el muestreo y una balanza de pie.
- ✓ Se pesa el tambor y se mide su volumen
- ✓ Se pone la basura en el tambor sin hacer presión y se remece de manera que se llenen los espacios vacíos en el mismo.
- ✓ Se pesa una vez lleno y por diferencia se obtiene el peso de la basura
- ✓ Se obtiene la densidad de la basura al dividir su peso en kilogramos entre el volumen del tambor en metros cúbicos.

## **2.2.9 Evaluación y categorización de los botaderos**

### **2.2.9.1 Caracterización de botadero**

Según Organización Panamericana de Salud (OPS, 2004, pág. 21) indica que una caracterización del botadero es una evaluación general del botadero y su área de influencia bajo criterios técnicos, ambientales y sociales. Esta evaluación tendrá como resultados dos alternativas: cierre definitivo o la conversión del botadero o relleno sanitario.

### **2.2.9.2 Evaluación de un botadero**

Según Organización Panamericana de Salud (OPS, 2004, pág. 21) una evaluación de un botadero requiere el conocimiento de las condiciones y características en que se encuentran y el impacto o riesgo que está ocasionando a su entorno (ambiente natural y construido, a la salud y a las actividades humanas).

Además, los criterios que se deben considerar para la evaluación de un botadero son los siguientes (OPS, 2004, pág. 21):

- a) Características generales del sitio
- b) Características geofísicas del sitio
- c) Impactos ambientales que ocasiona
- d) Aspectos socioeconómicos y de salud asociados.

La evaluación de un botadero deberá ser realizada por un equipo multidisciplinario conformado por especialistas en ambiente, geología, hidrología, ingeniería civil, y refrendada por un ingeniero sanitario o especialista responsable de la evaluación del botadero.

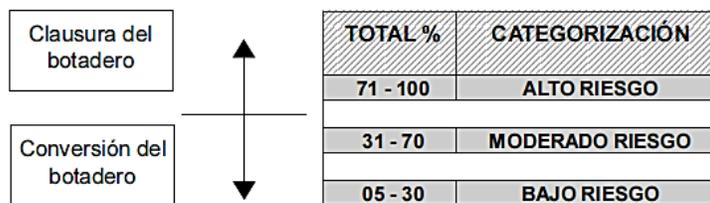
### **2.2.9.3 Metodología para la categorización de un botadero**

Para una caracterización de botaderos hay dos tipos de modelos:

#### **a. Modelo 1: Según la prioridad de la clausura**

Según la OPS (2004, pág. 32), para categorizar un botadero se siguen los siguientes pasos:

1. Se procederá a evaluar las características y los impactos más importantes que ocasiona al ambiente y al ser humano, según criterios generales como cantidad de residuos que contiene y área que ocupa, tipo de residuos (presencia de residuos peligrosos), tiempo de actividad del botadero, cercanía a viviendas o poblados, características geofísicas del sitio, aspectos socioeconómicos y riesgos a la salud que ocasiona. Se les asignará la puntuación establecida, cuyo total máximo alcanzará el valor de 100.
2. Se totalizará el puntaje obtenido; la máxima puntuación es 100.
3. La calificación o categorización del botadero considerará los siguientes valores:



**Figura 3.** Categorización de un botadero municipal.

**Fuente:** OPS (2004, pág.33).

4. Un botadero es de alto riesgo si:

- a) Existe riesgo de contaminación de cuerpos de agua, principalmente las que son utilizadas para consumo o recreación humana (manantiales, ríos, pozos de agua, canales de irrigación u obras hidráulicas, mar, cursos de agua subterránea, etc.).
- b) Si se encuentra a menos de 1,5 km de actividades agrícolas, granjas de crianza de animales, camales y mataderos.
- c) Si se encuentra en áreas inundables (sea por crecimiento o desborde de ríos, afloramiento de aguas subterráneas o inundación marina) o bien en zonas con nivel freático poco profundo (menos de 10 m).
- d) Si se encuentra en áreas con suelos inestables y alta permeabilidad (mayor de 10-6 m/s).
- e) Si está ubicado sobre o cerca de áreas geológicas vulnerables como zonas cársticas, de fallas, de minas en uso o desuso, altamente sísmicas, de agrietamientos, desprendimientos o desplazamiento.
- f) Si está en áreas expuestas a procesos de dinámica hidromorfológica, es decir, huaycos, derrumbes, avalanchas y aluviones.
- g) Si se encuentra en sitios de patrimonio histórico, religioso, turístico o cultural o cerca de éstos.
- h) Si se encuentra en reservas naturales o cerca de éstas.
- i) Si hay presencia arraigada de recicladores debido a la antigüedad del botadero, lo que podría dificultar la conversión o clausura del mismo. En ese caso, se deberá tener una adecuada política de comunicación y de trabajo social.

## **b. Modelo 2: Según los impactos**

Según la OPS (2004, pág. 34), para categorizar un botadero según los impactos se realiza lo siguiente:

1. Se procede a evaluar los impactos más importantes que el botadero ocasiona al ambiente (impactos ambientales) y al ser humano (aspectos socioeconómicos y de salud) y se les cuantifica según la puntuación establecida para cierta condición dada. Ambos aspectos son de igual importancia, por lo que se les asigna 50% del total de la puntuación promedio a cada uno de estos grandes componentes (ambiental y socioeconómico y de salud).
2. Se totaliza el puntaje obtenido; la máxima puntuación es un valor de 30 en este caso. El resultado final se dará en porcentaje.
3. La calificación o categorización del botadero se realiza considerando los valores de la tabla antes presentada (inciso “a”, fig. 3, pág. 18).
4. Se considera que un botadero es de alto riesgo si:
  - a) Existe riesgo de contaminación de cuerpos de agua, principalmente las que son utilizadas para consumo o recreación humana (manantiales, ríos, pozos de agua, canales de irrigación u obras hidráulicas, mar, cursos de agua subterránea, etc.).
  - b) Si se encuentra a menos de 1,5 km de actividades agrícolas, granjas de crianza de animales, camales y mataderos.
  - c) Si se encuentra en áreas inundables (sea por crecimiento o desborde de ríos, afloramiento de aguas subterráneas o inundación marina) o bien en zonas con nivel freático poco profundo (menos de 10 m).
  - d) Si se encuentra en áreas con suelos inestables y alta permeabilidad (mayor de 10<sup>-6</sup> m/s).
  - e) Si está ubicado sobre o cerca de áreas geológicas vulnerables como zonas cársticas, de fallas, de minas en uso o desuso, altamente sísmicas, de agrietamientos, desprendimientos o desplazamiento.
  - f) Si está en áreas expuestas a procesos de dinámica hidromorfológica, es decir, huaycos, derrumbes, avalanchas y aluviones.

g) Si se encuentra en sitios de patrimonio histórico, religioso, turístico o cultural o cerca de éstos.

h) Si se encuentra en reservas naturales o cerca de éstas.

### **2.2.10 Gestion Integral de Residuos (GIR)**

Parson (2014, párr. 10) indica que es el conjunto articulado e interrelacionado de acciones regulatorias, operativas, financieras, administrativas, educativas, de planificación, monitoreo y evaluación para el manejo de los residuos, desde su generación hasta la disposición final.

Abarca sustancias sólidas, líquidas o gaseosas con diferentes métodos para cada una, por lo que no se puede hablar solamente de residuos sólidos para el caso de los residuos urbanos o residuos municipales, por ejemplo, los residuos llamados sólidos se van transformando en el transcurso de las etapas, desde su generación hasta la disposición final liberando gases y dándose los lixiviados. Parson (2014, párr. 12)

Se entiende por gestión integral de residuos a los aspectos relacionados con la generación, separación y tratamiento en la fuente de origen de los residuos, así como su recolección, transferencia y transporte, tratamiento, reciclaje y disposición final de los residuos. Parson (2014, párr. 13)

### **2.2.11 Fases de la Gestion Integral de Residuos**

Según Molina (2013) determina seis fases para el manejo integral de residuos sólidos:

#### **a. Diagnóstico**

Según Molina (2013, párr. 1), lo que se busca en esta primera etapa es identificar el estado inicial del municipio en cuanto a la gestión integral de sus residuos sólidos en el cual se desea implementar el GIRS. Para esto se deben considerar los siguientes aspectos:

- Información técnica
- Información de la infraestructura existente
- Revisión del grado de educación ambiental de la comunidad.

#### **b. Separación en la fuente**

Según Molina (2013, párr. 2), la segregación en la fuente es la base fundamental de la adecuada gestión de residuos y consiste en la separación selectiva inicial de los residuos procedentes de cada una de las fuentes determinadas, dándose inicio a una cadena de actividades y procesos cuya eficacia depende de la adecuada clasificación de los residuos.

Redes (2018, párr. 1, pág. 13) menciona que para realizar una correcta separación en la fuente se debe disponer de recipientes adecuados, que en términos generales deben ser de un material resistente que no se deteriore con facilidad y cuyo diseño y capacidad optimicen el proceso de almacenamiento.

Redes (2018, pág. 13) El diagnóstico permite definir el tipo y cantidad de recipientes que se requieren para la adecuada separación de los residuos, en todas las áreas de la organización. Algunos recipientes son desechables y otros reutilizables, todos deben estar ubicados estratégicamente, visibles, perfectamente identificados y marcados.

#### **c. Recolección y transporte**

Molina (2013, párr. 4) menciona que, la recolección debe hacerse de una forma selectiva, esto es, definir horarios para recolectar de manera separada los residuos reciclables, no reciclables y orgánicos que son producidos en el municipio y que serán llevadas al sitio de disposición final.

#### **d. Tratamiento**

Molina (2013, párr. 5) esta actividad consiste en obtener nuevos materiales o materia prima para otros productos a partir de los residuos separados, las

transformaciones pueden ser físicas o químicas. Las físicas consisten en cambios o modificaciones de la forma y el tamaño mientras las químicas consisten en modificaciones de sus componentes y estructuras químicas.

#### **f. Comercialización**

Molina (2013, párr. 6) los materiales una vez sean adecuadamente separados y/o transformados podrán ser comercializados por el municipio. Para garantizar el éxito de esta etapa es necesario calcular la cantidad de residuos generados, de éstos cuántos son reciclables y/o aprovechables.

#### **g. Disposición final**

Molina (2013, párr. 7), es el proceso de aislar y confinar los residuos sólidos en especial los no aprovechables, en forma definitiva, en lugares especialmente seleccionados y diseñados para evitar la contaminación, y los daños o riesgos a la salud humana y al medio ambiente.

Para la Gestión Integral de los Residuos se debe contar con un plan de manejo de residuos sólidos para ser aplicado en una institución, municipalidad o entidad privada. A continuación, se presentan los pasos para elaborar un plan:

#### **2.2.12 Plan de manejo de residuos sólidos**

Arteaga (2016, pág. 10), indica que el plan de manejo de residuos sólidos es un instrumento de gestión que surge de un proceso coordinado y concertado entre autoridades y funcionarios municipales, representantes de instituciones locales, públicas y privadas, promoviendo una adecuada gestión y manejo de los residuos sólidos, asegurando eficacia, eficiencia y sostenibilidad, desde su generación hasta su disposición final, incluyendo procesos de minimización, reducción, reutilización y reciclaje en donde se incluya a recicladores formalizados.

Según Redes (2018, pág. 11) para la elaboración de un Plan de manejo de residuos sólidos se necesitan los siguientes componentes:

**a. Identificación.** Hay que conocer qué tipos de residuos producimos y la cantidad. Así podemos saber qué medidas hay que aplicar, dependiendo de si hay que realizar una gestión de residuos general o hay que incluir una gestión de residuos peligrosos. Es conveniente que tras esa identificación se realice un Estudio de Impacto Ambiental. Redes (2018, párr. 1).

**b. Fijación de objetivos.** Hay que realizar una fijación de los objetivos para reducir la producción de residuos, así como los impactos negativos que la actividad de la empresa puede producir en el medio ambiente y en la salud de los trabajadores. Redes (2018, párr. 2)

**c. Medidas para minimizar los residuos que se puedan generar.** Detallando, no solo cuáles son sino también los recursos financieros y de personal que se van a asignar. También deben incluir las medidas de control y los flujos de comunicación. Entre estas medidas deben contemplarse las acciones a seguir para la valorización, reciclado o reutilización de esos residuos y los planes de consumo eficiente de energía, agua, materias primas y otros recursos. También deben estar presentes las medidas para prevenir accidentes graves y para evitar el riesgo de contaminación. Redes (2018, párr. 3)

**d. Almacenamiento.** Debe existir un punto limpio donde almacenar los residuos hasta su recogida por una empresa de gestión de residuos. En el plan hay que explicar las características de ese espacio y cómo se van a depositar y almacenar los residuos, haciendo hincapié en las medidas para la separación de residuos en origen. Redes (2018, párr. 4)

**e. Verificación.** Son las actuaciones que se van realizando para comprobar que se está implantando correctamente el plan de gestión de residuos. Además, se tiene que incluir un sistema de evaluación y control de consecución de objetivos. Redes (2018, párr.5-8)

### **III. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo General**

Evaluar el manejo de los residuos y desechos sólidos generados en el casco urbano del municipio de San Lorenzo Suchitepéquez.

#### **3.2 Objetivo Específicos**

- 3.2.1 Cuantificar los residuos y desechos sólidos generados en el casco urbano del municipio.
- 3.2.2 Determinar las condiciones actuales de recolección y transporte de los residuos sólidos del casco urbano del municipio.
- 3.2.3 Diagnosticar la disposición final de los residuos y desechos sólidos del casco urbano.
- 3.2.4 Diseñar un plan de Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos generados en el casco urbano del municipio.

#### IV. Materiales y métodos

##### 4.1 Materiales

**Tabla 3.** Materiales utilizados en la investigación.

<b>Cantidad</b>	<b>Material</b>	<b>Unidad</b>	<b>Total</b>
<b>1</b>	Balanza romana	Q 25.00	Q25.00
<b>12</b>	Nylon	Q 2.00	Q24.00
<b>10</b>	Toneles de plástico	Q20.00	Q200.00
<b>1</b>	Computadora	Q3,500.00	Q3,500.00
<b>1</b>	Impresora	Q1,500.00	Q1,500.00
<b>3</b>	Tinta	Q75.00	Q225.00
<b>5</b>	Par de guantes	Q3.00	Q15.00
<b>5</b>	Mascarillas	Q2.00	Q10.00
<b>5</b>	Botas de hule	Q 60.00	Q300.00
<b>222</b>	Sticker de censado	Q0.67	Q150.00
<b>5</b>	Mano de obra	Q375.00	Q1,875.00
<b>5 personas</b>	Viáticos	Q11.00	Q330.00
<b>5 personas</b>	Comida	Q15.00	Q450.00
<b>444</b>	Costales	Q1.00	Q444.00
<b>1</b>	Cuaderno de apuntes	Q5.00	Q5.00
<b>6 días</b>	Fletero	Q50.00	Q300.00
<b>TOTAL:</b>			<b>Q 9,353.00</b>

**Fuente:** Con base en cotización realizada en almacenes de Mazatenango, Suchitepéquez (2019).

## 4.2 Métodos

La metodología aplicada en la investigación fue la siguiente:

### 4.2.1 Cuantificación de los residuos y desechos sólidos generados en el casco urbano del municipio.

Se identificaron en el casco del municipio de San Lorenzo Suchitepéquez dos fuentes generación de residuos y desechos sólidos: viviendas y barrido municipal. Para cumplir con este objetivo se realizó una caracterización de residuos y desechos sólidos, en las dos fuentes mencionadas.

#### 4.2.1.1 Domiciliar

##### a. Croquis de localización

Se realizó un recorrido por el casco urbano para el conteo respectivo de viviendas y creación del croquis con la ubicación exacta de las viviendas en el área de estudio por medio del software SIG (Ver anexo 5 en la página 74).

##### b. Cálculo de la muestra

Para cálculo de la muestra de viviendas se utilizó la siguiente ecuación propuesta por Pickers (2018) ver aplicación de la ecuación en:

$$n = \frac{Z^2 (N * p * q)}{(e^2 (N - 1) + Z^2 * p * q)}$$

Dónde:

n= número de la muestra

N= población total

p= probabilidad de éxito (0.50)

q= probabilidad de fracaso (0.50)

Z= confiabilidad estadística (1.96)

e=error máximo admisible (0.05)

La muestra ha evaluar en el casco urbano del municipio de San Lorenzo Suchitepéquez fue de 222 viviendas.

### **c. Selección de la muestra**

Para la selección de la muestra se utilizó la técnica de tómbola, citada por Palacios (2015) que consiste en: enumerar cada vivienda (n), por medio de una tómbola; los números seleccionados al azar conformaron la muestra (Ver anexo 6 en la página 75).

Para facilitar la recolección del pesaje se distribuyeron las viviendas por método estratificado, se realizó de acuerdo al número total de viviendas que tiene cada cuadra, se calculó el porcentaje que pertenece a cada una. Seguidamente del porcentaje se asigna el número correspondiente de viviendas a muestrear. Obteniendo en total 17 cuadras en estudio (Ver anexo 7 en la página 76).

### **d. Recolección y pesaje de los residuos y desechos**

Se pesaron los desechos generados en la muestra por un período de dos semanas, la recolección se realizó tres veces por semana (lunes, miércoles y viernes) consecutivos.

## **4.2.1.2 Servicio barrido municipal**

### **a. Realización de croquis de distribución del barrido de calles**

Por medio del software SIG se realizó un croquis para la distribución de calles donde se ejecuta el barrido municipal, presentando la longitud lineal total que se genera en la actividad.

### **b. Recolección y pesaje de los residuos y desechos**

El procedimiento utilizado fue el siguiente:

1. La recolección de los residuos y desechos sólidos del barrido de calle municipal se efectúa principalmente en las vías públicas pavimentadas por medio de escobas, sacabasuras y bolsas plásticas.

2. Después son transportados por medio de carretas de mano al punto de almacenamiento ubicado en el municipio y depositados en toneles.
3. Para cuantificar los residuos y desechos sólidos se clasificaron por estratos, utilizando una pesa romana.
4. Durante dos semanas consecutivas se realizaron los seis pesajes; 3 veces por semana; los siguientes días: lunes, miércoles y viernes, con lo que se obtuvo el peso de los desechos sólidos generados.

#### **4.2.1.3 Cálculo de los indicadores ambientales de desechos sólidos generados en el casco urbano**

Los indicadores ambientales de desechos sólidos generados en el casco urbano son tres: producción per cápita, densidad o peso volumétrico y composición física.

##### **a. Producción per cápita (PPC)**

Se calculó utilizando la fórmula propuesta por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala (MARN), 2005:

$$PPC = \frac{1}{7} * \frac{(A_1/B_1)P + (A_2/B_2)P}{P}$$

Dónde:

A<sub>1</sub>= Peso de los desechos domiciliarios de la muestra por semana

B<sub>1</sub>= Número de habitantes dentro de la muestra

A<sub>2</sub>= Desechos del barrido de calles generado durante una semana

B<sub>2</sub>= Número de habitantes del casco urbano

P= Número total de habitantes

Este cálculo es representado en kilogramo / persona /día

##### **b. Cálculo de la densidad o peso volumétrico**

El procedimiento utilizado fue el siguiente:

1. Se clasificaron los desechos en: orgánico, inorgánico recuperable, inorgánico no recuperable, inertes y bioinfeccioso.
2. Para el cálculo del volumen se utilizó un tonel plástico de 1.20 metros de alto y 0.50 metros de diámetro.
3. Se introdujeron los desechos en el tonel por medio de presión; se levantó y se dejó caer, repitiendo la acción tres veces, con la finalidad de homogenizar la muestra para llenar los espacios vacíos del recipiente.
4. Se midió la altura libre del recipiente y se restó la altura total, se registraron los datos.
5. Se pesaron los desechos dentro del tonel.
6. Se calculó el volumen y densidad utilizando la ecuación propuesta por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) (2005) por medio de la siguiente forma:

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

Dónde:

$$\pi = 3.14159$$

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

$h$  = altura de los desechos dentro del recipiente (m)

La ecuación que se utilizó para el cálculo de la densidad de los desechos fue la siguiente:

$$D = P (kg) / V (m^3)$$

Dónde:

$D$  = densidad

$V$  = volumen de los desechos ( $m^3$ )

$P$  = peso de los desechos dentro del recipiente (kg)

La metodología se repitió 3 veces por tipo de desecho para obtener un promedio.

### **c. Composición física de los residuos y desechos sólidos**

Durante las dos semanas de pesaje, se utilizó la siguiente metodología para obtener la composición física:

1. Se separó manualmente los desechos sólidos de la siguiente manera:

\*Orgánicos: restos y cáscaras de alimentos, hojas, ramas de árboles y arbustos.

\*Residuos inorgánicos recuperables: latas de aluminio, plástico PET, material de vidrio, material férreo (chatarra), cartón, papel seco y material de aluminio.

\*Desechos inorgánicos no recuperables: papel higiénico, pañales usados, retazos de tela, envoltorio de golosinas, pajillas, bombillas y duroport.

\*Desechos inertes: arenas, ripio, ceniza, material de construcción y piedras.

\*Desechos Bioinfecciosos: jeringa, bolsas de suero, algodones o gasas con sangre y secreciones.

2. Posteriormente se pesó, utilizando una pesa romana, por cada tipo de residuo.

3. Se calculó el porcentaje de la siguiente manera:

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

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

PT = Peso total

#### **4.2.2 Determinación de las condiciones actuales del servicio de recolección y transporte de los residuos sólidos generados en el casco urbano del municipio.**

El casco urbano del municipio de San Lorenzo Suchitepéquez cuenta con dos servicios de recolección y transporte de residuos y desechos sólidos, uno es privado

y el otro municipal. A continuación, se detalla la metodología utilizada para el cumplimiento de este objetivo.

#### **a. Tren de aseo privado**

1. Se redactó y aplicó una encuesta dirigida a las viviendas dentro de la muestra con el objetivo de evaluar el servicio (Ver guía de encuesta en anexo 1 en la página 62).
2. Se redactó una guía de entrevista dirigida al personal del tren de aseo privado, con la finalidad de obtener mayor información acerca de las actividades que se ejecutan desde la recolección hasta la disposición final de los desechos. (Ver guía de boleta de entrevista en anexo 3 en la página 65).
3. Acompañamiento a recorridos para creación de mapa con el software SIG indicando las rutas que trabaja el tren de aseo privado y los puntos de recolección de las bolsas de basura para trasladarlos al botadero municipal.
4. Medición de las áreas para almacenamiento de los residuos desechos sólidos.
5. Evaluación del transporte que lleva los residuos del área de recolección hasta la disposición final se efectúa a través de las características del vehículo utilizado y el mantenimiento.
6. El sistema de recolección se determinó eficiencia y eficacia del servicio del tren de aseo municipal. Clasificándose de la siguiente manera: frecuencia, conociendo horarios, días y lugares que transitan; turno, presentando la rentabilidad de horario y personal laboral.
7. Evaluación de las condiciones actuales del vertedero municipal a través del personal y población cerca.

## **b. Servicio de barrido municipal**

Para la evaluación del servicio se utilizaron indicadores técnicos, por medio de las siguientes fórmulas propuestas por la Organización Panamericana de Salud (2004):

### **1. Cobertura de recolección del barrido de calle manual:**

$$Cbman = \frac{(Ltvpb)}{(Ltv)} * 100 = \%$$

$$Cbman = (Ltvpb/Ltv) \cdot 100\%$$

Cbman: cobertura de barrido manual (%)

Ltvpb: longitud de vías pavimentadas barridas, expresadas en km

Ltv: longitud total de vías pavimentadas (km)

### **2. Rendimiento del barrido de calle:**

$$\frac{\text{Longitud de calles barridas al mes (km)}}{(\text{Cant. de recolectores al mes})(\text{días de actividad al mes})} = \text{ton/pion/día}$$

El indicador presentó la longitud lineal de las calles barridas para cada recolector de desechos por día para optimizar el sistema de barrido.

### **4.2.3 Diagnóstico de la disposición final de los residuos y desechos sólidos del casco urbano.**

Para este fin se realizó lo siguiente:

**a.** Visita al botadero municipal que es utilizado actualmente y a las áreas cercanas pobladas.

**b.** Seguimiento de la evaluación al botadero municipal utilizando una ficha de evaluación (Ver ficha de evaluación en anexo 22 en la página 91), propuesta por OPS (2004).

Incluyendo características generales del sitio, geofísicas, ambientales, socioeconómicos y de salud.

**c.** A través de la ficha de evaluación se verifico el impacto en la población, a través de una entrevista a los habitantes de la comunidad Valle de Candelaria y al encargado del área.

**d.** Para la caracterización de un botadero se utilizó la metodología establecida por la OPS (2004, pág. 50) que consisten en una tabla de puntaje por intensidad del impacto o riesgo presentado.

**e.** A través de dos modelos de evaluación, que son: Caracterización de un botadero según la clausura (Ver modelo en la tabla 14 en la página 52) y Caracterización de un botadero según los impactos (Ver modelo en la tabla 15 en la página 56).

**f.** Presentando puntajes diferentes, al obtener los resultados, este se compara con la tabla de intensidad llamada categorización de un botadero, que es la siguiente:

**Tabla 4.** Categorización de un botadero.

		<b>TOTAL %</b>	<b>CATEGORIZACIÓN</b>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">Clausura de botadero</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-top: 10px;">Conversión del botadero</div>		71 – 100	Alto riesgo
		31 - 70	Moderado riesgo
		05 - 30	Bajo riesgo

**Fuente:** OPS, 2004, pág. 33

**g.** Indicando el riesgo o impacto que está generando el botadero en los alrededores; a través de dos alternativas, la primera es la clausura definitiva, o la conversión del mismo como instrumento para cualquier supervisión o auditoría en un futuro. Al finalizar la evaluación se calcularon porcentajes de cada modelo.

#### **4.2.4 Diseño de plan de Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos generados en el casco urbano del municipio.**

Obtenidos los resultados de la caracterización de residuos y desechos sólidos del casco urbano del municipio de San Lorenzo, Suchitepéquez, se analizaron para la elaboración de una propuesta de manejo integral.

El diseño de un plan de gestión integral de residuos y desechos sólidos se basó en las proyecciones realizadas con base en la caracterización del residuos y desechos sólidos generados en el casco urbano del municipio. Como primer aspecto se determinaron las cuatro fases del manejo integral, generando propuestas para que sean implementadas en las viviendas, comercios y barrido municipal de calles, siendo las principales fuentes generadoras de desechos sólidos. Para el diseño de la planta de tratamiento de desechos sólidos se utilizaron las tablas de proyecciones a 20 años para obtener las dimensiones de las áreas establecidas.

## V. Resultados y discusión

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la investigación realizada en el casco urbano del municipio de San Lorenzo Suchitepéquez, en donde se identificaron dos fuentes de generación de residuos y desechos sólidos; estos son viviendas y barrido de calle.

### 5.1 Cuantificación de los residuos y desechos sólidos generados en el casco urbano del municipio.

Se identificaron en el casco del municipio de San Lorenzo Suchitepéquez dos fuentes generación de residuos y desechos sólidos: viviendas y barrido municipal.

#### 5.1.1 Viviendas

Para la cuantificación de los desechos generados en el área de viviendas, se realizó una caracterización de residuos y desechos sólidos, para el cálculo de la muestra se utilizó la ecuación según Pickers (2018) que se muestra a continuación:

$$n = \frac{(1.96)^2 [(524)(0.50)(0.50)]}{[(0.05)^2 (524 - 1) + (1.96)^2 (0.50)(0.5)]} = 222 \text{ viviendas}$$

Sustituyendo los datos de la ecuación:

$$N= 524$$

$$p= 0.50$$

$$q= 0.50$$

$$z= 95 \% = 1.96$$

$$e= 0.05$$

Con un total de 524 viviendas presentes en el casco urbano del municipio (Ver mapa en anexo 5 en la página 74), se determinó que la muestra asciende a 222 viviendas. El área de estudio se distribuyó en cuadradas para facilitar la selección de la muestra, obteniendo un total de 17 cuadradas. Se realizó por medio de método estratificado tal como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 5.** viviendas seleccionadas dentro de la muestra.

<b>No. De cuadra</b>	<b>Número de viviendas</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	<b>No. De viviendas muestra</b>
<b>1</b>	47	9	20
<b>2</b>	30	6	13
<b>3</b>	8	2	4
<b>4</b>	22	4	9
<b>5</b>	22	4	9
<b>6</b>	9	2	4
<b>7</b>	14	3	7
<b>8</b>	20	4	9
<b>9</b>	14	3	7
<b>10</b>	24	4	9
<b>11</b>	47	9	20
<b>12</b>	106	20	45
<b>13</b>	44	8	18
<b>14</b>	50	10	22
<b>15</b>	24	4	9
<b>16</b>	24	4	9
<b>17</b>	19	4	8
<b>TOTAL</b>		<b>100</b>	<b>222</b>

**Fuente:** Con base a la clasificación ejecutada en la investigación del casco urbano del municipio de San Lorenzo Suchitepéquez, (2019).

Para la selección de las viviendas dentro de la muestra se realizó un sorteo, en donde se introdujeron a una tómbola, el número de viviendas en toda el área de estudio, para este fin se enumeró cada vivienda de cada cuadra, facilitando su ubicación. Se seleccionaron al azar el número de casa por cuadra de acuerdo a la distribución realizada en la tabla anterior. (Ver distribución en anexo 6 página 75)

### 5.1.2 Servicio barrido municipal de calles

Se determinó que la longitud lineal total es de 3.09 km en calles pavimentadas del casco urbano. En el caso del servicio del barrido municipal se obtuvo 2.45 km de longitud barridos en las vías públicas pavimentada del casco urbano, con una población de casco urbano de 2,376 habitantes. Durante el proceso de barrido de calle municipal no se realiza ninguna clasificación y el 23.79% de los desechos recolectados en las calles son orgánicos como hojarasca y cáscara de frutos. Se pesaron los desechos recolectados por el personal 3 veces a la semana. Los resultados obtenidos en el proceso de pesaje de los residuos y desechos sólidos son los siguientes:

**Tabla 6.** Resultados de la evaluación del barrido municipal.

<b>Característica</b>	<b>Cantidad</b>
Cantidad de residuos recolectados por semana	958.30 kg
Cantidad de total de colaboradores	25 personas
Días de actividad	5 días (hábiles)
Cantidad de residuos orgánicos	220 kg/semana
Cantidad de residuos inorgánicos reciclables	220 kg/semana
Cantidad de residuos inorgánicos no reciclables	500 kg/semana
Longitud de calles barridas	2.45 km
Total de longitud calle pavimentadas	3.09 km

### 5.1.3 Cálculo de indicadores de desechos solidos

#### a. Producción per cápita

Para la cuantificación de residuos y desechos sólidos se realizó una caracterización de las dos fuentes generadoras de desechos sólidos; las viviendas el barrido de calles. A continuación, se presenta el número de elementos de la muestra para determinar la producción por día de los residuos y desechos sólidos del casco urbano de San Lorenzo, Suchitepéquez.

**Tabla 7.** Elementos de la muestra.

<b>NÚMERO DE ELEMENTOS DE LA MUESTRA EN LA INVESTIGACIÓN</b>	
DOMICILIAR	222 viviendas
BARRIDO DE CALLE	2.45 km de longitud lineal

Durante dos semanas del mes de mayo de 2019, se realizó el pesaje de los residuos y desechos sólidos por estrato obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 8.** Peso de los residuos sólidos durante dos semanas del mes de Mayo 2019.

<b>Promedio de kg por semana (mayo)</b>	
Estrato	Peso en kg de desechos sólidos
Domiciliar	1,727.73
Barrido de calle	958.30
<b>Total</b>	<b>2,686.03</b>

Con base en la tabla 8, se realizaron los cálculos para determinar la producción diaria de los residuos y desechos sólidos durante dos semanas.

### 1. Producción per cápita de los residuos y desechos sólidos

$$PPC = \frac{1}{7} * \frac{(1,727.73/1,010)13,282 + (958.30/1,819)13,282}{13,282} = 0.315 \frac{kgs}{hab}/día$$

Dónde:

A<sub>1</sub>= 1,727.73 kg

B<sub>1</sub>= 1,010 hab.

A<sub>2</sub>= 958.30 kg

$B_2 = 1,819$

$P = 13,282$

### b. Densidad o peso volumétrico

En la siguiente tabla se presentan los resultados de la densidad de cada tipo de residuo y desecho generado en las dos fuentes, estos fueron pesados durante dos semanas del mes de mayo de 2,019.

**Tabla 9.** Densidad de los residuos y desechos sólidos generados en el casco urbano.

Tipo de residuo o desecho	Característica	Vivienda Kgs/m <sup>3</sup>	Barrido de calle Kgs/m <sup>3</sup>
<b>Orgánico</b>	-restos de alimentos -cáscaras de frutas y verduras -hojarasca -servilletas	338.90	201.30
<b>Recuperable</b>	- plástico PET - vidrio -cartón -papel	137.84	189.90
<b>No recuperable</b>	-bolsas de plástico -pañales -toallas sanitarias -baterías -envolturas de golosinas -duroport	157.44	266.91
<b>Inerte</b>	-aserrín -tierra -rocas	471.53	No se encontró
<b>Bioinfeccioso</b>	-jeringas -bolsas de suero -gasas -curas o vendas adhesivas	581.39	No se encontró

La densidad de los residuos y desechos sólidos muestra el espacio que ocupa cierta cantidad de kilogramos de residuos por lo que los resultados anteriores permiten el cálculo de área las dimensiones de las diferentes unidades de tratamiento para la implementación de sistemas de manejo integral y disposición final, formulados por medio de diseños como: plantas de tratamiento, cámaras de compostaje, centro de

transferencia, puntos verde, capacidad para el relleno sanitario, capacidad para el vehículo apropiado, entre otros.

### c. Composición física

La siguiente tabla muestra la composición general en porcentaje y peso de los residuos y desechos sólidos.

**Tabla 10.** Composición física por tipo de residuo y desecho generado.

Tipo de residuo o desecho	Vivienda		Barrido de calle		Integral	
	Peso (kgs)	Porcentaje %	Peso (kgs)	Porcentaje %	Integrad o (kgs)	Porcentaje %
Orgánico	788.58	46	227.9	23.79	1016.48	37.85
Recuperable	370.33	21	223.2	23.19	593.53	22.10
No recuperable	476.58	28	507.2	52.92	983.78	36.62
Inerte	67.99	4	0	0	67.99	2.53
Bioinfeccioso	24.25	1	0	0	24.25	0.90
<b>Total</b>	<b>1727.73</b>	<b>100</b>	<b>958.30</b>	<b>100</b>	<b>2,686.03</b>	<b>100</b>

Los datos anteriores muestran que el mayor porcentaje generado es de residuos orgánicos con un 37.85%, estos residuos pueden ser aprovechados para la producción de compost o abonos orgánicos. Los desechos inorgánicos recuperables representan un 22.10% y estos pueden ser utilizados como materia prima para el reciclaje; con participación ciudadana los desechos pueden ser

clasificados en centros de acopio o puntos ecológicos siendo almacenados y generando vínculos con entidades privadas; pueden ser comprados, en lugar de ser destinados al vertedero municipal.

## **5.2 Determinación de las condiciones actuales de recolección y transporte**

### **5.2.1 Tren de aseo municipal y privado**

Para determinar las condiciones actuales de recolección y transporte se evaluaron la eficiencia y eficacia del servicio de tren de aseo privado y municipal. Se presentan a continuación:

#### **a. Tren de aseo privado**

Se realizó una encuesta a un miembro de cada familia para obtener información acerca del manejo dentro de los hogares de los residuos y desechos sólidos, además de una evaluación del servicio de tren de aseo privado. La aplicación de la encuesta se llevó a cabo la primera semana de marzo de 2,019 (Ver guía de boleta de encuesta en anexos 1 en la página 69) y los resultados fueron los siguientes:

1. El 60% hace uso del tren de aseo privado con una cuota de Q.35.00 mensuales, si el cliente excede la cantidad de bolsas o agrega desechos voluminosos aumenta a Q5.00 por cada bolsa o material agregado.
2. Del 40% de las personas que no utilizan el servicio de tren de aseo privado; el 12% los quema, el 10% los deposita en ríos, el 15% los deposita en terrenos baldíos y el 3% los entierra.
3. Actualmente en el casco urbano solo funciona el servicio privado de recolección el cual funciona tres días a la semana; lunes, martes y miércoles.
4. La separación de los desechos “in situ” es realizada solo por el 20% de las viviendas que utilizan el tren de aseo privado, de la siguiente manera:

- El 6% realiza la separación de materiales inorgánicos recuperables como: cartón, papel, botellas de vidrio, latas y bolsas plásticas.
- El 14% realiza la separación de cuatro estratos de desechos sólidos, como: residuos orgánicos, materiales inorgánicos recuperables, materiales inorgánicos no recuperables y desechos bioinfecciosos, separándolos en diferentes contenedores o bolsas plásticas; ésta metodología se estableció por el tren de aseo privado.

5. El 57% de las viviendas seleccionadas cuentan con botes de basura para depositarlos.

6. El 43% acumulan los desechos sólidos en un área verde alejada o en el patio de la vivienda, para luego ser recolectas y entregados al servicio de tren de aseo privado. A continuación, se muestra una tabla con los resultados de la encuesta:

**Tabla 11.** Resultados del servicio de tren de aseo privado del casco urbano.

<b>Utilización del servicio por las viviendas</b>	Si		No		
	60%		40%		
<b>Costo del servicio</b>	<b>Q5</b>	<b>Q35</b>	<b>Q40</b>		
	5%	42%	53%		
<b>Días de servicio</b>	<b>Lunes, Miércoles, jueves</b>		<b>Jueves, viernes</b>		
	77%		23%		
<b>Horario de recolección de desechos</b>	<b>Mañana</b>		<b>Tarde</b>		
	98%		2%		
<b>Disposición final de los desechos sólidos del tren de aseo privado</b>	<b>Botadero</b>	<b>Relleno sanitario</b>	<b>Ríos</b>	<b>Otros</b>	
	84%	0%	2%	30%	
<b>Actividades que realiza la población que no usa tren de aseo privado</b>	<b>Tira al río</b>	<b>Terreno baldío</b>	<b>Quema</b>	<b>Entierra</b>	<b>Otro</b>
	10%	7%	22%	1%	60%

Utilización de depósitos de basura	<b>Calle</b>		<b>Acera</b>	<b>Ríos</b>	<b>Recipientes de la vía pública</b>	<b>Otros</b>
	13%		27%	13%	20%	27%
Conocimiento sobre reciclaje de la población	<b>Reutilizar</b>		<b>Separar</b>	<b>Convertir</b>		<b>No sabe</b>
	40%		30%	10		20%
Separación de los desechos "in situ"	<b>Si</b>			<b>No</b>		<b>A veces</b>
	14%			80%		6%
Conocimiento del beneficio del reciclaje	<b>Poco</b>			<b>Mucho</b>		<b>Nada</b>
	10%			37%		53%
Tipo de desecho que más de genera	<b>Orgánico</b>				<b>Inorgánico</b>	
	63%				37%	
Tipo de material para recolección	<b>Bote plástico</b>		<b>Bolsa plástica</b>		<b>Costal</b>	<b>Otro</b>
	16%		40%		7%	37%
Conocimiento de la cantidad que genera de desechos orgánicos	<b>Si</b>			<b>No</b>		
	3%			97%		
En ausencia del tren de aseo, actividad que se realiza como disposición final	<b>Lo almacena</b>	<b>Tira a un terreno baldío</b>	<b>Lo quema</b>	<b>Paga a persona individual</b>		<b>Otro</b>
	88%	2%	2%	8%		0%
Ejecución de compostaje	<b>Si</b>		<b>No</b>		<b>A veces</b>	
	1%		84%		14%	
¿Clasificaría los desechos sólidos que genera en su hogar?	<b>Si</b>			<b>No</b>		
	74%			26%		
¿Ha recibido capacitaciones sobre desechos sólidos?	<b>Si</b>			<b>No</b>		
	13%			87%		

El 46% de los desechos generados en las viviendas son residuos orgánicos, por motivos que las familias consumen muchas frutas y verduras, también los alrededores de las viviendas cuentan con cobertura vegetal y los alimentos que en su mayoría consumen son orgánicos.

El 40% de las viviendas que utilizan el servicio, indicaron que han tenido desacuerdo con el personal debido a los siguientes motivos: el costo por bolsa generada de desechos es elevado, no entrega de bolsas para la recolección.

**Tabla 12.** Resultado de eficiencia del tren de aseo.

<b>Cuenta con botes de basura en su hogar</b>	<b>Si</b>			<b>No</b>	
	57%			43%	
<b>Tipo de almacenamiento</b>	<b>Bote plástico</b>		<b>Bolsa plástica</b>	<b>Costal</b>	<b>Otro (N.U.)</b>
	32%		21%	7%	40%
<b>Días de recolección</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>Tren de aseo</b>	
	35%	5%	13%	47%	
<b>Es eficiente el tren de aseo</b>	<b>Si</b>			<b>No</b>	
	33%			67%	
<b>Molestias en la vida cotidiana por el aumento de desechos</b>	<b>Si</b>			<b>No</b>	
	43%			57%	
<b>Apoyaría actividades ambientales</b>	<b>Si</b>			<b>No</b>	
	72%			28%	

#### **b. Tren de aseo municipal**

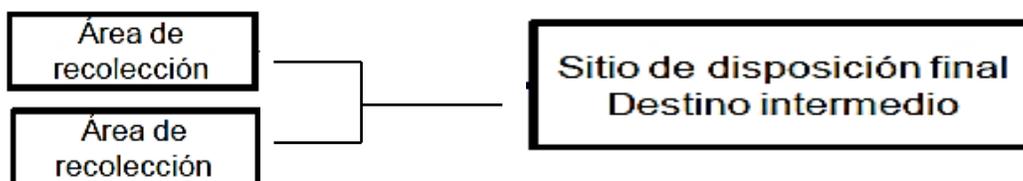
Recolecta los residuos y desechos sólidos a los dos puntos de almacenamiento localizados en el casco urbano, hasta la disposición final que es el botadero municipal ubicado aldea Valle de Candelaria. El desempeño de tren de aseo municipal es el siguiente:

##### **- Transporte directo**

El vehículo de recolección es utilizado para transportar los residuos sólidos hacia el destino definitivo existente. Con base en el diagrama, el servicio de tren de aseo municipal cuenta con dos puntos de almacenamiento de los desechos sólidos antes de ser llevado al botadero municipal. Los dos puntos son los siguientes: el primero, en la E.O.U.M. Lic. Mario Méndez Montenegro y el segundo, el parque central del municipio. Indicando que, al ser recolectados los desechos durante el barrido de calles, son llevados a estos dos puntos y luego trasladados por el tren de aseo al

botadero municipal; actualmente, no cuenta con sistema de reciclaje, cámara de compostaje, ni clasificación tipo especial y ningún área de transferencia.

**Figura 4.** Diagrama del transporte directo del tren de aseo municipal.



**Fuente:** Bermúdez (2018, pág.12).

#### - Características del vehículo

<b>Tipo de vehículo:</b> pick up con barandas
<b>Color:</b> rojo
<b>Dimensiones:</b> ancho 1.45 m, largo 1.95 m, altura 1.55 m
<b>Capacidad:</b> 1.5 ton por viaje
<b>Viaje:</b> 1/día
<b>Frecuencia:</b> lunes, miércoles y viernes
<b>Recorrido:</b> 26 km del casco urbano al botadero municipal (ida y vuelta)
<b>Cantidad de desechos transportados:</b> 958.3 kg/día – 0.95 ton/día
<b>Combustible:</b> 3 galones/ viaje

#### - Mantenimiento

El mantenimiento del vehículo se realiza en un taller mecánico del casco urbano 1 vez al mes. No tomando en cuenta las fallas mecánicas que presente durante el tiempo de ejecución en actividades.

### 5.2.2 Servicio de barrido de calles

Para el servicio de barrido de calles se evaluó el desempeño a través de indicadores técnicos del servicio: cobertura de barrido, rendimiento del personal del berrido, frecuencia.

#### 1. Indicadores técnicos del servicio de tren de aseo municipal

##### - Cobertura de barrido de calles

$$Cbman = \frac{2.45 \text{ km}}{3.09 \text{ km}} * 100 = 79 \%$$

El sistema de recolección de tren de aseo municipal abarca el 79% de la cobertura del barrido del casco urbano del municipio de San Lorenzo, aplicando únicamente el sistema a las calles pavimentadas (Ver mapa de cobertura en anexo 21 en la página 90).

##### - Rendimiento del barrido de calle:

$$\frac{50 \text{ (km)}}{(25 \text{ personas})(20 \text{ días de barrido)}} = 0.1 \text{ km/persona/día}$$

El rendimiento del barrido de calles municipal es un indicador de desempeño de cada colaborador en la ejecución del barrido, el resultado es 0.1 km/colaboradores/día, por lo que cada colaborar tiene a cargo un aproximado 100 metros lineal para realizar el barrido por día, se encuentra entre el rango normal de 2 - 4 km de rendimiento de barrido que es recomendado por OMS. A través de la determinación de este indicador se conoce la eficiencia del servicio y ayuda a la distribución de los colaboradores en las rutas de recolección de los desechos sólidos. Si la cantidad de colaboradores es menor tiende aumentar el rendimiento de cada colaborador, al igual que un aumento de la cobertura del servicio requiere de más colaboradores.

### **- Frecuencia**

El proceso de ejecución del barrido de calles se realiza una vez al día de lunes a viernes por las calles y avenidas principales, incluyendo solo cunetas; ya las veredas son responsabilidad de cada vivienda. Aunque cabe resaltar que en algunos casos los habitantes colocan sus desechos en la calle para que estos sean recolectados por el servicio. El horario en el que se realiza el sistema de recolección municipal es diurno comenzando a las 5 a.m.

### **2. Recolección de los residuos y desechos sólidos**

El día de recolección es indefinido según la disponibilidad del vehículo municipal, aunque se conoce que el día miércoles está establecido para realizar esta actividad por la cantidad de residuos. No solo se realiza la recolección del barrido municipal de calles, sino también la limpieza en el parque central, que está a cargo de un colaborador municipal.

Actualmente el tren de aseo municipal no cuenta con una ruta establecida para la recolección de los desechos sólidos por la cual se estableció un mapa del recorrido del casco urbano al botadero municipal (Ver mapa en anexo 23 en la página 94).

**a. Modo de operación:** mecánica, recolección por medio de vehículos.

**b. Forma y/o sitio de recolección:** recolección punto a punto (toneles).

**c. Tipo de residuos a recolectar:** general, recolección específica.

### **3. Almacenaje de residuos y desechos sólidos**

La fase de almacenaje o almacenamiento es el proceso donde el barrido municipal de calles incluye la actividad relacionada para guardar los residuos y desechos sólidos obtenidos al día y no son transportados directamente al botadero municipal. Los sistemas de almacenamiento temporal determinan el sistema de carga y recolección de residuos y viceversa, por lo que ambos están estrechamente relacionados.

El casco urbano cuenta con dos puntos de almacenaje para los residuos y desechos sólidos, en el proceso de recolección del barrido son trasladados a los puntos de almacenaje y al día siguiente al lugar de disposición final. A continuación, se detalla las características del mismo:

#### **- Pequeño volumen**

El área de almacenaje de los residuos y desechos sólidos del casco urbano es de menor capacidad y tiempo de almacenaje corto. Está en un rango de área de 3 a 8 metros y con un tiempo de 2 a 3 días de almacenaje.

#### **- Contenedores**

En este caso el almacenamiento se presentó en toneles plásticos y de metal. En el primer punto de almacenaje que se encuentra en un centro educativo se presentan 20 toneles divididos de la siguiente manera: 5 de metal y 15 plásticos; en el segundo punto de almacenaje, se encuentra en el parque central del municipio con un total de 15 toneles plásticos distribuidos por el área que ocupa el parque.

#### **- Puntos de recolección**

En la actualidad no se cuenta con una infraestructura específica para este tipo de almacenaje y los puntos de almacenaje encontrado en el casco urbano no cuentan con la capacidad, especificaciones y maquinaria necesaria para la recolección.

En el casco urbano están presentes dos puntos de almacenamiento: el primero localizado en la Escuela oficial urbana mixta “Lic. Mario Méndez Montenegro” representado de color amarillo en el mapa y el segundo localizado en el parque central del casco urbano del municipio representado de color azul (Ver mapa en anexo 20 en la página 89).

En la siguiente tabla se presentan las características de los puntos de almacenaje:

**Tabla 13.** Características de los puntos de almacenamiento del casco urbano.

<b>Característica</b>	<b>Punto 1</b>	<b>Punto 2</b>
<b>Tamaño</b>	3*3 m	5*5 m
<b>Clasificación de R.S.</b>	Ninguna	Ninguna
<b>Tipo de infraestructura</b>	Ninguna	Ninguna
<b>Personal encargado</b>	Ninguno	1 empleado municipal
<b>Contenedores</b>	20 metal y plásticos	15 plásticos

**Fuente:** Con base a los datos obtenido en los puntos de almacenamiento del casco urbano del municipio de San Lorenzo Suchitepéquez.

### 5.3 Evaluación de la disposición final

Actualmente la disposición final que utiliza el casco urbano y el barrido municipal de calles es el botadero municipal que se encuentra localizado en aldea Valle de Candelaria siendo este no autorizado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales –MARN-, para la evaluación del botadero se utilizó la ficha de evaluación de un botadero municipal (Ver ficha en anexo 22 en la página 91) con base a la metodología OPS (2004) a través de una evaluación de riesgos ambiental y riesgo a la salud de los habitantes.

El proceso de disposición final de los residuos y desechos sólidos se determinó que el ente privado está a cargo de un colaborador y el ente municipal tiene a su cargo 2 colaboradores.

Los resultados presentados tienen dos modelos:

- La ficha de caracterización según la clausura con cierre definitivo o la conversión.
- La ficha de caracterización según los impactos ambientales.

A continuación, se presentan las tablas del análisis de la disposición final por los dos modelos de evaluación de la metodología utiliza por la OPS (2004). Evaluando base a los dos modelos:

**Tabla 14.** Resultado de la caracterización en un botadero según la clausura.

**Modelo 1**

1. Cantidad de residuos y área que ocupa												
Calidad	Botadero pequeño		Punteo	Botadero mediano		Punteo	Botadero grande		Punteo	Botadero muy grande		Punteo
Puntaje	2			5			8			10		
Superficie que abarca	Hasta 0.99 ha	0.5	0.5	1.0 a 4.9 ha	1		5.0 - 9.9 ha	2		10,0 - 30,0 ha o más	3	
Cantidad diaria de residuos que se arrojan	Hasta 20 ton/día	0.5	0.5	20 - 50 ton/día	2		50 a 100 ton/día	3		+ de 100 ton/día	3	
Cantidad aproximada de residuos acumulados	Hasta 15,000 ton	1	1	Hasta 55,000 ton	2		Hasta 600,000 ton	3		+ de 60,000 ton	4	
1. Presencia de residuos peligrosos												
Calidad	Ninguno		Punteo	Poco		Punteo	Moderado		Punteo	abundante		Punteo
Puntaje	0			5			10			15		
Arrojo de residuos hospitalarios	nulo	0		Recolectados conjuntamente con residuos domésticos de pequeños establecimientos de salud	2.5	2.5	Recolectados conjuntamente con residuos domésticos de pequeños y medianos establecimientos	5		Recolectados, transportados y arrojados en el botadero por unidades destinadas exclusivamente a este servicio	7.5	

							os de salud					
Arrojo de residuos industriales	nulo	0	Cantidad mínima	2.5		Cantidad moderada	5	5	Cantidad considerable	7.5		
<b>2. Tiempo de actividad del botadero</b>												
<b>Calidad</b>	<b>Botadero reciente</b>		<b>Botadero medianamente reciente</b>		<b>Punteo</b>	<b>Botadero antiguo</b>		<b>Punteo</b>	<b>Botadero muy antiguo</b>		<b>Punteo</b>	
<b>Puntaje</b>	<b>2</b>		<b>5</b>			<b>8</b>			<b>10</b>			
Tiempo de actividad del botadero	Hasta años	1.9	de años	2.0 a 4.9	5	de años	5.0 a 9.9		+ de años	10.0		
<b>4. Cercanía a poblados a viviendas</b>												
<b>Calidad</b>	<b>Favorable</b>		<b>Medianamente favorable</b>		<b>Punteo</b>	<b>Poco favorable</b>		<b>Punteo</b>	<b>Desfavorable</b>		<b>Punteo</b>	
<b>puntaje</b>	<b>1</b>		<b>7</b>			<b>14</b>			<b>20</b>			
Cercanía a viviendas	Apartado más de 500 m de las viviendas más cercanas		Apartado hasta 500 m de las viviendas más cercanas			Colindante a viviendas periféricas			Dentro de la población			
<b>5. Por las características geofísicas de la zona</b>												
<b>Calidad</b>	<b>Favorable</b>		<b>Medianamente favorable</b>		<b>Punteo</b>	<b>Poco favorable</b>		<b>Punteo</b>	<b>Desfavorable</b>		<b>Punteo</b>	
<b>puntaje</b>	<b>0</b>		<b>2</b>			<b>4</b>			<b>5</b>			
Precipitación pluvial total anual	Muy seco	0	seco	1		moderado	2		Húmedo	2	2	
	menor 100 mm		100 - 500 mm			500 - 1,500 mm			+ de 1,500 mm			
	Frío	0	Moderado	1		Cálido	2		Muy cálido	1	1	

Temperatura promedio anual	0°C - 11°C		12°C-18°C			19°C - 24°C			25°C - 40°C		
condiciones geológicas e hidrogeomorfológicas	Estable y no existe curso de agua subterránea en el sitio o está a una profundidad mayor de 10 m	0	0			0			No estable y existe curso de agua subterránea en el sitio a una profundidad menor de 10 m de la superficie	2	
<b>6. Aspectos socioeconómicos y riesgos a la salud</b>											
<b>Calidad</b>	<b>Bajo riesgo</b>		<b>Moderado riesgo</b>			<b>Alto riesgo</b>			<b>Muy alto riesgo</b>		
<b>Puntaje</b>	<b>0</b>		<b>13</b>			<b>27</b>			<b>40</b>		<b>Punteo</b>
Actividad de segregación	No existe	0	Mínima	3	3	Moderada	9		Intensa	10	
Crianza de aves y ganado porcino	No existe	0	Mínima	4		Moderada	9	9	Intensa	10	
Presencia de vectores	Mínima	0	Poca	3		Abundante	9		Muy abundante	10	10
Quema de basura	No existe	0	Quema esporádica						Quema indiscriminada	10	10
	<b>Máxima puntuación</b>		<b>50.5</b>			<b>Total</b>			<b>100</b>		

La puntuación del primer modelo de evaluación según la clausura es el siguientes:

Impacto al ser humano (60%):

- 40% aspectos socioeconómicos y riesgos a la salud
- 20% cercanía a viviendas o poblados
- 40% al impacto al ambiente
  - o 15% residuos peligrosos
  - o 10% residuos y área que ocupa el botadero
  - o 10% por tiempo de actividad del botadero
  - o 5% por las características geofísicas del sitio.

Con base en la puntuación obtenida en el modelo 1 (Ver tabla 4 en la página 35) fue de (%):

**50.5 / 100:**

Representando un rango moderado de riesgo.

Resaltando los siguientes aspectos:

- a. No hay riesgo de contaminación de cuerpos de agua.
- b. Se encuentra a menos de 2 km de actividades agrícolas, granjas de crianza de animales, áreas domésticas, entre otros.
- c. No presenta áreas de inundación, aunque por la erosión que se presenta en el área esorrentía superficial a la acumulación de desechos sólidos generando cerca del perímetro proliferación de malos olores y vectores.
- d. El botadero se encuentra rodeado de terrenos no edificados, no afectando a sitios de patrimonio histórico, religioso, turístico o culturales.

**Tabla 15.** Resultados de la caracterización de un botadero según impactos.**Modelo 2**

<b>Impactos ambientales</b>			
	<b>Condición</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Calificación</b>
<b>Suelo</b>			
Área ocupada por los residuos	> 1 ha	1	0
	< 1 ha	0	
Tipo de residuo	Industrial	1	0
	Municipal	0	
Incompatibilidad de uso de suelo	Sí	1	0
	No	0	
Presencia de lixiviados	Sí	1	1
	No	0	
<b>Aire</b>			
Presencia de biogás	Sí	1	1
	No	0	
Quema de residuos	Sí	0.5	0.5
	No	0	
Presencia de olores desagradables	Sí	0.5	0.5
	No	0	
<b>Agua</b>			
Presencia de lixiviados	Sí	2	0
	No	0	
<b>Flora</b>			
Daños a la vegetación	Sí	2	2
	No	0	
<b>Fauna</b>			
Proliferación de fauna nocivo	Sí	1	0
	No	0	
Alteración de la fauna terrestre o acuática	Sí	1	0
	No	0	
<b>Patrimonio cultural y natural</b>			
Cerca o en sitios de patrimonio histórico religioso y turístico	Sí	1	0
	No	0	
Cerca o en áreas de reserva o protección natural	Sí	1	0
	No	0	

		<b>TOTAL</b>	<b>5</b>
<b>Actividad socioeconómicos y de salud</b>			
Presencia constante de grupos humanos	Sí		
	No	4	0
Riesgo a la salud de los grupos humanos que viven en la zona o en los alrededores	Sí		
	No	4	2
Riesgo de contaminación de animales de consumo humanos	Sí		
	No	4	0
Afectación de otras actividades (socioeconómicas, turísticas, etc.)	Sí		
	No	4	2
		<b>TOTAL</b>	<b>4</b>

Se realiza una regla de tres de la puntuación total obtenida en cada una, quedando los resultados de la siguiente manera:

#### **Impactos ambientales (%)**

**36 / 100:**

Representando bajo riesgo en los alrededores del mismo.

#### **Actividad socioeconómica y de salud (%)**

**25 / 100:**

Representando bajo riesgo en la influencia de las actividades cotidianas de los habitantes.

El análisis global de los resultados permite definir que el botadero municipal de San Lorenzo Suchitepéquez no representa riesgo en la zona, por lo que su actividad es aprobada bajo las condiciones en las que actualmente opera el botadero municipal, mediante estrategias y planes ambientales.

#### **5.4 Plan de gestión integral de residuos y desechos sólidos para el casco urbano del municipio.**

Para la elaboración del plan de gestión integral de residuos y desechos sólidos se utilizaron los resultados obtenidos en la caracterización de desechos sólidos, se realizaron proyecciones a 20 años (Ver proyecciones en anexo 8 – 18 en las págs. 77 – 87) para definir propuestas a través de los ejes estratégicos basados en las líneas de acción.

La propuesta de Plan de Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos contiene cuatro líneas de acción estratégicas:

Línea de acción No. 1: Participación de la población para clasificación de los residuos y desechos sólidos.

Línea de acción No. 2: Fortalecimiento en el desempeño de recolección y transporte de los desechos sólidos.

Línea de acción No. 3: Aprovechamiento y disminución de los residuos y desechos sólidos.

Línea de acción No. 4: Propuesta de ubicación para la disposición final de los desechos sólidos generados.

En la línea de acción No. 1 se propuso un programa de clasificación de desechos sólidos para las fuentes generadoras de residuos y desechos sólidos con una guía.

En la línea de acción No. 2 se propuso una reestructuración de la frecuencia y horario del tren de aseo para un desempeño eficiente el servicio.

En la línea de acción No. 3 se propuso un taller de abonos orgánicos para la reutilización de residuos orgánicos.

En la línea de acción No.4 se propuso un diseño para una Planta de Tratamientos de residuos y desechos sólidos para el casco urbano del municipio de San Lorenzo Suchitepéquez (Ver diseño en anexo 26 en la página 97).

Consultar el Plan de Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos en anexo 27 en la página 98.

## VI. Conclusiones

1. La población del casco urbano de San Lorenzo Suchitepéquez genera 831.60 kg/diarios de desechos sólidos, equivalente a una producción per cápita de 0.315 kgs/hab/día. El 38% son residuos orgánicos, los materiales inorgánicos no recuperables representa el 37%, el material inorgánico recuperable el 22% y el 3% está compuesto de materiales inertes y bioinfecciosos; materiales que son mezclados y destinados por igual al botadero municipal y no reciben tratamientos adecuado.
2. El servicio de tren de aseo privado es utilizado por el 60% de las viviendas muestreadas con una cuota de Q35.00 mensuales, de éstas el 20% separa los desechos "in situ". Del 40% de viviendas que no utilizan el servicio de tren de aseo: el 12% quema los residuos, el 10% los depositan en ríos, el 15% en terrenos baldíos y el 3% los entierra.
3. La cobertura del barrido municipal de calles del casco urbano es del 79%, con una longitud total de calles de 2.45 km lineales, la distancia desde los puntos de almacenaje hacia el botadero municipal localizado en Aldea Valle de Candelaria; es de 13 km, el vehículo tiene una capacidad de 1.5 toneladas por viaje. La forma de recolección de los desechos sólidos es punto a punto y no se realiza ningún tipo de clasificación de los residuos desechos sólidos.
4. La disposición final de los desechos sólidos generados en el casco urbano se efectúa en el botadero municipal, a cargo de tres colaboradores, el manejo de los desechos sólidos se realiza manualmente y recolectan los materiales inorgánicos recuperables del 20% de las viviendas que separan los desechos sólidos "in situ", los demás son mezclados con los desechos de todo el municipio.
5. La categorización del botadero municipal realizada por medio de dos modelos evaluados: el primer modelo indica que 50.5% según la clausura de un botadero

representa un riesgo moderado, no implicando problemas dañinos para la salud y la categorización de botadero según impactos con 36%, representa un bajo riesgo en los alrededores, no afectando a los pobladores cercanos.

6. El Plan de Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos se diseñó enfocado en generación, manejo, recolección, transporte y disposición final; con tres ejes estratégicos guiados por las líneas de acción: inclusión de la población para clasificación de residuos y desechos sólidos, modelo operativo para el sistema de tren de aseo municipal y la implementación de un sistema de tratamiento para los desechos sólidos, con base en las proyecciones obtenidas a partir de la caracterización de los residuos y desechos sólidos.

## VII. Recomendaciones

1. Implementar un programa de clasificación de residuos y desechos sólidos para el casco urbano a través de políticas, reglamentos, guías y manuales que permitan la información y conocimiento sobre el manejo adecuado de los residuos y desechos sólidos enfocado a viviendas y barrido municipal de calles.
2. Fomentar proyectos sobre educación ambiental con actividades que vayan enfocadas en ejecución de buenas prácticas y hábitos ambientales para rechazar todo tipo de material no recuperable en las actividades cotidianas y lugares públicos, sustituyéndolos por pачones y recipientes desechables reciclables.
3. Desarrollar un sistema operativo y económico para la recolección del tren de aseo municipal con un manejo adecuado de los residuos y desechos sólidos del servicio a través de la Unidad de Gestión Ambiental Municipal.
4. Ejecutar un análisis del comportamiento, aumento de la eficiencia y composición fisicoquímica de lixiviados generados en el botadero municipal, para implementar un proceso de biorremediación, tal como: los biofiltros, que permiten la remoción de contaminantes.
5. Determinar un sistema de tratamiento para los residuos y desechos sólidos que permita su tratamiento, aprovechamiento y comercialización de los materiales.
6. Implementar el Plan de Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos en el casco urbano del municipio de San Lorenzo Suchitepéquez.

## VIII. Referencias bibliográficas

1. **Argumedo, A. Septiembre de 2018.** El Reciclaje .(En línea). Obtenido de Gestión Integrada de Residuos Sólidos. Consultado en agosto de 2,019. Disponible en: <http://nuestraesfera.cl/zoom/como-se-clasifican-los-residuos/>.
2. **Arizábal, P. 12 de Octubre de 2016.** Clasificación de Los Desechos Sólidos. (En línea). Consultado en agosto de 2,019. Disponible en: <http://www.rdsanjuan.com/que-son-los-desechos-solidos/>.
3. **Arrellanos, J. P. Agosto de 2018.** Biodegradables. (Nuestra Esfera). (En línea). Consultado en agosto de 2,019. Disponible en: <http://nuestraesfera.cl/zoom/como-se-clasifican-los-residuos/>.
4. **Arteaga, A. 6 de Octubre de 2016.** Residuos Sólidos. Inforeciclaje. (En línea). Consultado en agosto de 2,019. Disponible en: <http://www.inforeciclaje.com/residuos-solidos.php>.
5. **Asamblea Nacional Constituyente, A. 1985.** Constitución Política de la República de Guatemala [Const]. (En línea). Gobierno de Guatemala. Consultado en marzo de 2,019. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/San\\_Lorenzo\\_\(Suchitepéquez\)](https://es.wikipedia.org/wiki/San_Lorenzo_(Suchitepéquez)).
6. **Bermúdez, M. 9 de Agosto de 2018.** Caracterización de Desechos Sólidos (En línea). Consultado en agosto de 2,019. Disponible en: <https://www.ecoembes.com/es/administraciones/plantas-de-seleccion/caracterizacion-y-control>.

7. **Cantón, L.; Martínez, R.; García, K.; Villagrán, E.; Pérez, C.; Zuñiga, M. 2018.** Diagnóstico Socioeconómico, potencialidades productivas y resumen de propuestas de inversión. EPS Administración de Empresas. Universidad San Carlos de Guatemala, Suchitepéquez, CUNSUROC. Mazatenango Suchitepéquez. Consultado en marzo de 2,019.
  
8. **CSA (Cuenta Satelital Ambiental), 2011.** Residuos Generados Per Cápita. (En Línea). (PDF). Dirección de Síntesis y Cuentas Nacionales. Hoja metodológica de indicadores. Consultado en octubre de 2,020. Disponible en: [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/cuentas\\_ambientales/indicadores/cuenta-ambiental-y-economica-de-flujo-de-materiales/residuos-solidos-percapita/hm-residuos-solidos-percapita.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/cuentas_ambientales/indicadores/cuenta-ambiental-y-economica-de-flujo-de-materiales/residuos-solidos-percapita/hm-residuos-solidos-percapita.pdf).
  
9. **Flores, J. 2013.** Nivel de Confianza. (En línea). Superprof. Consultado en octubre de 2,020. Disponible en: <https://www.superprof.es/diccionario/matematicas/estadistica/nivel-confianza.html#:~:text=El%20nivel%20de%20confianza%20es,significaci%C3%B3n%20se%20designa%20mediante%20%CE%B1>.
  
10. **Gutiérrez, A. 18 de febrero de 2019.** Demografía del casco urbano del municipio de San Lorenzo Suchitepéquez. (J. Santay, Entrevistador).
  
11. **Herrera, E.; Antonio, M. 2007.** Breve información de San Lorenzo Suchitepéquez. (Pbase.com., Ed.) (En línea). Consultado en marzo de 2,019. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/San\\_Lorenzo\\_\(Suchitepéquez\)](https://es.wikipedia.org/wiki/San_Lorenzo_(Suchitep%C3%A9quez)).
  
12. **INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2008.** Proyecciones de

Población 2,018. Digital.(En línea). Consultado en marzo de 2,019.  
 Disponible en:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/San\\_Lorenzo\\_\(Suchitepéquez\)](https://es.wikipedia.org/wiki/San_Lorenzo_(Suchitepéquez)).

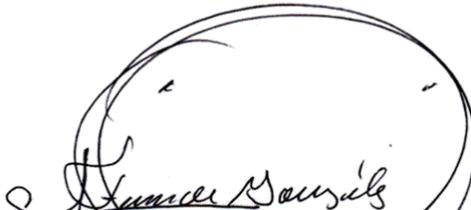
13. **Juárez, C. 1 de Septiembre 2016.** Muestra. (En línea). Significados.com. Consultado en marzo de 2,019. Disponible en: <https://www.significados.com/muestra/>.
14. **Lorenzini, Q. 12 de Octubre de 2016.** Desechos Sólidos. (En línea). Consultado en marzo de 2,019. Disponible en: <https://www.definicionabc.com/medio-ambiente/desechos-solidos.php>.
15. **MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación).** 2006. Ortofotos Suchitepéquez. (En línea). Consultado en marzo 2,019. Disponible en: <https://www.maga.gob.gt/>.
16. **MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales).** 2018. Caracterización de los residuos y desechos sólidos. (En línea). Consultado en marzo de 2,019. Disponible en: <http://www.marn.gob.gt/>.
17. **Molina, D. 2013.** Etapas de la gestión integrada de residuos sólidos. (En línea). Consultado en octubre de 2020. Disponible en: <https://sites.google.com/site/residuossolidosdc/0>.
18. **Monterroso, A. Agosto de 2018.** Prueba de Composición Física. Caracterización de Desechos Sólidos (En línea). Consultado en agosto de 2,019. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt017.html#1705>.
19. **Monzón-Despang, H. 1996.** La construcción y el uso del terreno en

Guatemala: Su vulnerabilidad sísmica. (A. G. Estructurales., Ed.). (En línea). Consultado en marzo de 2,019. Asociacion Guatemalteca de Ingenieros Estructurales. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/San\\_Lorenzo\\_\(Suchitepéquez\)](https://es.wikipedia.org/wiki/San_Lorenzo_(Suchitepéquez)).

20. **OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico), 26 de septiembre de 2003.** Indicador Ambiental. (En línea). Técnico en Gestión de Ecosistemas de agua dulce. Control y evaluación del Estado Ecológico. Consultado en octubre de 2,020. Disponible en: <http://www.comunidadism.es/blogs/%C2%BFque-es-un-indicador-ambiental>.
21. **OPS (Organización Panamericana de Salud, Perú). 2,004.** Guía técnica para la clausura y conversión de botaderos de residuos sólidos. PDF. (En línea). Ministerio de Salud DIGESA. Lima, Perú. Consultado en agosto de 2,019.
22. **Palacios, M. d.** 15 de abril de 2015. Técnica tómbola . Obtenido de Tipos y técnicas de muestreo (En línea). Consultado en marzo de 2,019: <https://es.slideshare.net/mariadelrefugiopalac/75-tipos-y-tecnicas-de-muestreo>.
23. **Parsons, F. 2014.** Gestión de residuos. (En línea). Wikipedia. Consultado en octubre de 2,020. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Gesti%C3%B3n\\_de\\_residuos#Gesti%C3%B3n\\_integral\\_de\\_residuos\\_\(GIR\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Gesti%C3%B3n_de_residuos#Gesti%C3%B3n_integral_de_residuos_(GIR)).
24. **Pérez, A. 2015.** Desechos solidos. Reduccion Desechos sólidos. (En línea). Consultado en octubre de 2,020. Disponible en: <https://sites.google.com/site/reducciondesechossolidos1/-que-son-los-desechos-solidos>.

- 25. Pickers, S. 26 de Enero de 2018.** Muestra de desechos sólidos. Caracterización de Desechos Sólidos. (En línea). Consultado en agosto de 2,019. Disponible en:  
<http://www.psyma.com/company/news/message/como-determinar-el-tamano-de-una-muestra>.
- 26. Redes, L. 29 de enero de 2018.** Pasos para elaborar un buen plan de residuos. (En línea). Consultado en marzo de 2,019. Disponible en:  
<https://www.leonardo-gr.com/es/blog/pasos-para-elaborar-un-buen-plan-de-residuos>.
- 27. Sakurai, D. K. Agosto de 2018.** Producción per cápita por día. CEPIS. (En línea). Consultado en agosto de 2,019. Disponible en:  
<http://www.bvsde.paho.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt017.html#1705>.
- 28. Salud, C. d. 2018.** Causas de Morbilidad General 2015. ( D. M. Estrada, Entrevistador).
- 29. SCAE (Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica), 2,012.** Producción per cápita. (En Línea). DANE. Indicadores CSA. Consultado en octubre 2,020. Disponible en:  
<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/ambientales/cuenta-satelite-ambiental-csa>.
- 30. SEGEPLAN. 9 de Octubre de 2010.** Plan de Desarrollo del Municipio de San Lorenzo, Suchitepéquez. (En línea). Consultado en agosto de 2,019. Disponible en:  
[http://www.educapuebloviejo.org/?post\\_staff=deworming-in-the-schools&lang=es](http://www.educapuebloviejo.org/?post_staff=deworming-in-the-schools&lang=es).

- 31. Style, H. Febrero de 2018.** Muestreo probabilístico. Caracterización de Desechos Sólidos. (En línea). Consultado en agosto de 2,019. Disponible en: <http://www.psyma.com/company/news/message/como-determinar-el-tamano-de-una-muestra>.
- 32. Toledo, R. J. Agosto de 2018.** Residuos Sólidos en la Caracterización de Desechos Sólidos. (En línea). Consultado en agosto de 2,019. Disponible en: <https://www.gestiopolis.com/caracterizacion-de-los-residuos-solidos-domiciliarios/>.
- 33. Valencia, P. 2010.** Margen de Error. Desechos sólidos. (En línea). Survey Monkey. Consultado en octubre de 2020. Disponible en: <https://es.surveymonkey.com/mp/margin-of-error-calculator/>.

---

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



## IX. Anexos

### Anexo 1. Encuesta dirigida a los habitantes del casco urbano.



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE  
INGENIERIA EN GESTION AMBIENTAL LOCAL  
MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS**

**INDICACIONES:** Marque con una x su respuesta en donde se le indique, de lo contrario responda sobre la línea.

#### Primera sección - Generación de residuos sólidos

**1. ¿Cuántas personas viven en su vivienda?**

\_\_\_\_\_

**2. ¿Utiliza el servicio de recolección de basura?**

Si ( ) No ( )

**3. ¿Cuál es el costo del servicio de recolección de basura?**

\_\_\_\_\_

**4. ¿Qué días pasa el servicio de recolección de basura?**

Lunes( ) Martes( ) Miércoles( ) Jueves( ) Viernes( ) Sábado( ) Domingo ( )

**5. ¿En qué horarios funciona el servicio de recolección de basura?**

En la mañana ( ) En la tarde ( )

**6. ¿Tiene conocimiento del manejo que le da la municipalidad a los desechos generados en el casco urbano el servicio de recolección de basura?**

Botadero ( ) Relleno sanitario ( ) Ríos ( ) Otros ( )

**7. Si no utiliza el tren de aseo ¿Qué manejo les da a los desechos que genera?**

Los tira al río ( ) Los tira a un terreno baldío ( ) Los quema ( ) Los entierra ( )

**8. ¿Cuándo está fuera de la casa, donde arroja las botellas, bolsas, comidas, etc.?**

En la calle( ) Aceras( ) Ríos( ) En los recipientes que hay en la vía pública ( )

**9. ¿Qué entiende por reciclaje?**

Reutilización ( ) Separar ( ) Convertir ( ) No sabe ( )

**10. ¿Usted práctica el reciclaje los residuos sólidos (cartón, papel, plástico, vidrio, otros)?**

Si ( ) No ( ) A veces ( )

**11. ¿Usted tiene conocimiento de los beneficios de reciclar los residuos orgánicos?**

Poco ( ) Mucho ( ) Nada ( )

**12. ¿Cuál es el residuo que más genera?**

Orgánico ( ) Inorgánico ( )

**Segunda sección – Almacenaje, recolección y manejo**

**1. ¿Tiene botes de basura en su hogar?**

Si ( ) No ( )

**2. ¿Dónde almacena los desechos sólidos, los días que no pasa el tren de aseo?**

Bote plástico ( ) Bolsa plástica ( ) Costal ( ) Otro ( )

**3. ¿Por cuántos días recolecta los desechos sólidos?**

1 día ( ) 2 días ( ) 3 días ( ) Según el tren de aseo ( ) Otros ( )

**4. ¿Está de acuerdo con el sistema de tren de aseo?**

Si ( ) No ( ) ¿Por qué? \_\_\_\_\_

**5. ¿Qué utensilio utiliza para recolectar sus desechos?**

Bote plástico ( ) Bolsa plástica ( ) Costal ( ) Otro ( )

**6. ¿Tiene conocimiento de cuántos desechos sólidos genera a la semana?**

Si ( ) No ( )

**7. Si en algún caso no pasa el tren de aseo, ¿Qué hace con sus desechos sólidos?**

Los almacena ( ) Los tira a un terreno baldío ( ) Los quema ( )  
Paga a una persona individual ( ) Otro ( )

**8. ¿Alguna vez ha practicado el compostaje?**

Si ( ) No ( ) A veces ( )

**9. Si el tren de aseo le pidiera que clasificara sus desechos sólidos, ¿Lo haría?**

Si ( ) No ( ) ¿por qué? \_\_\_\_\_

**10. ¿Ha recibido capacitaciones sobre temas ambientales?**

Si ( ) No ( )

**11. ¿Considera que la generación de desechos sólidos provoque enfermedades?**

Si ( ) No ( )

**12. ¿Ha tenido problemas por el aumento de desechos sólidos?**

Si ( ) No ( )

**13. ¿Contribuiría con actividades en beneficio al ambiente?**

Si ( ) No ( )

**Anexo 2.** Guía de Entrevista dirigida al personal municipal del tren de aseo.

## Entrevista



Dirigida a al personal a cargo del barrido municipal de calles del casco urbano del municipal de San Lorenzo Suchitepéquez.

1. ¿Cómo es el proceso de recolección de basura?
2. ¿Cuáles son los desechos sólidos que predominan en el barrido de calle?
3. ¿Separan los residuos y desechos sólidos en el proceso de barrido?
4. ¿Cómo es la distribución?
5. ¿Qué días se realiza la recolección?
6. ¿Cuántos pioneros municipales realizan la actividad?
7. ¿Qué materiales utilizan para la recolección de residuos y desechos sólidos?
8. ¿Qué desecho sólido encuentra con frecuencia en la recolección?
9. ¿Realizan algún tipo de pesaje de los residuos sólidos?
10. ¿De qué forma recolectan los desechos sólidos?

**Anexo 3.** Guía de Entrevista dirigida al personal del tren de aseo privado del casco urbano.

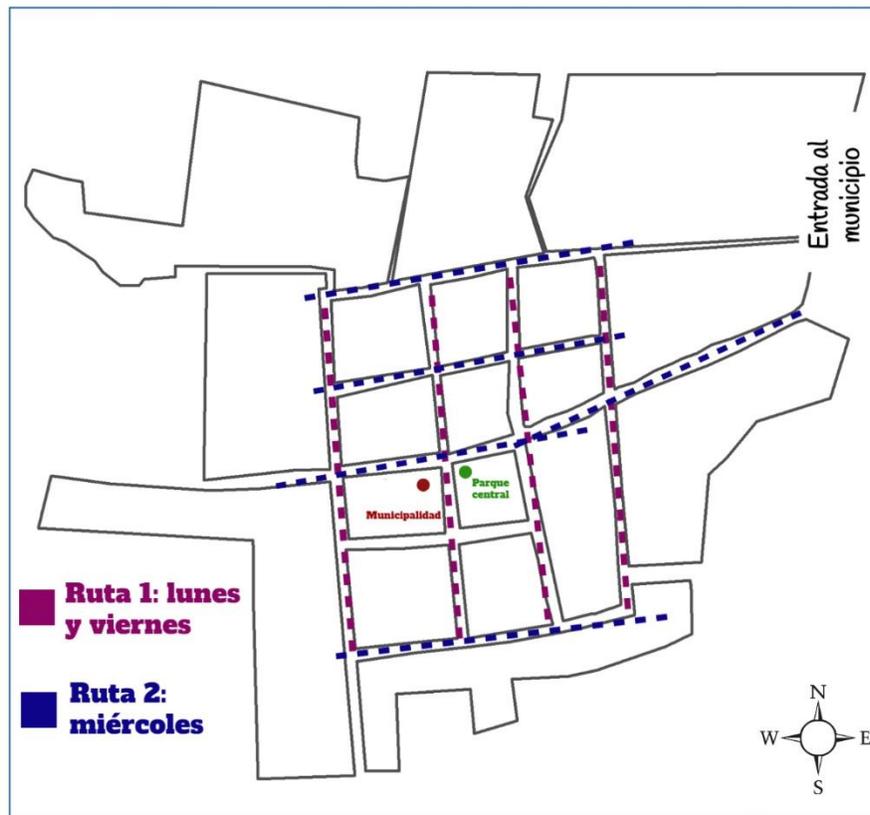
<h2>Entrevista</h2>	
	
<p><b>Dirigida a al personal a cargo del servicio de tren de aseo privado del casco urbano del Municipal de San Lorenzo Suchitepéquez.</b></p>	
1.	¿Cómo es el proceso de recolección de basura?
2.	¿Cuáles son las fases del servicio del tren de aseo?
3.	¿Qué cargos y función se ejercen en el servicio de tren de aseo?
4.	¿Cómo es la distribución?
5.	¿Qué días se realiza la recolección?
6.	¿Cuál es el precio del servicio?
7.	¿Cómo se realiza la disposición final de los desechos sólidos?
8.	¿Cómo trasladan los desechos sólidos al vertedero municipal?
9.	¿Cuánto personal laboran durante los procesos del tren de aseo?
10.	¿Clasifican los desechos sólidos en el vertedero municipal?

**Anexo 4.** Recorrido del tren de aseo privado del casco urbano.



# Rutas del tren de aseo privado

Casco urbano  
San Lorenzo Suchitepéquez



0.6 0.3 0 0.6 Kilometros

1:15,000

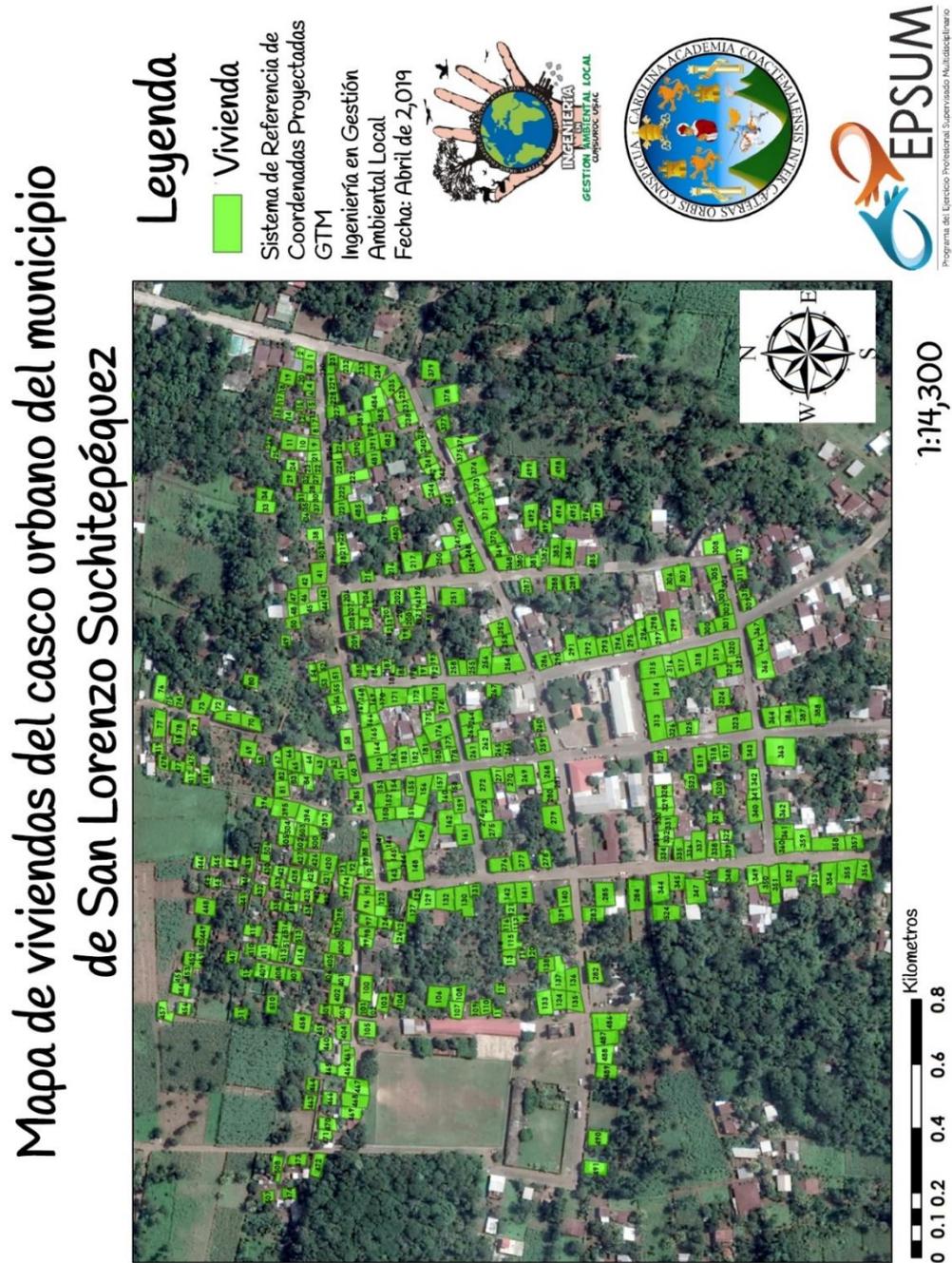


Sistema de Referencia de Coordenadas  
Proyectadas GTM  
Ingeniería en Gestión Ambiental Local  
FEcha: Marxo de 2,019

**Figura 5.** Rutas del tren de aseo privado.

**Fuente:** Con base en información espacial MAGA, (2006).

Anexo 5. Mapa de viviendas del casco urbano.



**Figura 6.** Mapa de viviendas del casco urbano de San Lorenzo Suchitepéquez.  
**Fuente:** Con base en información espacial MAGA, (2006).



Anexo 7. Clasificación de cuadras por método estratificado.

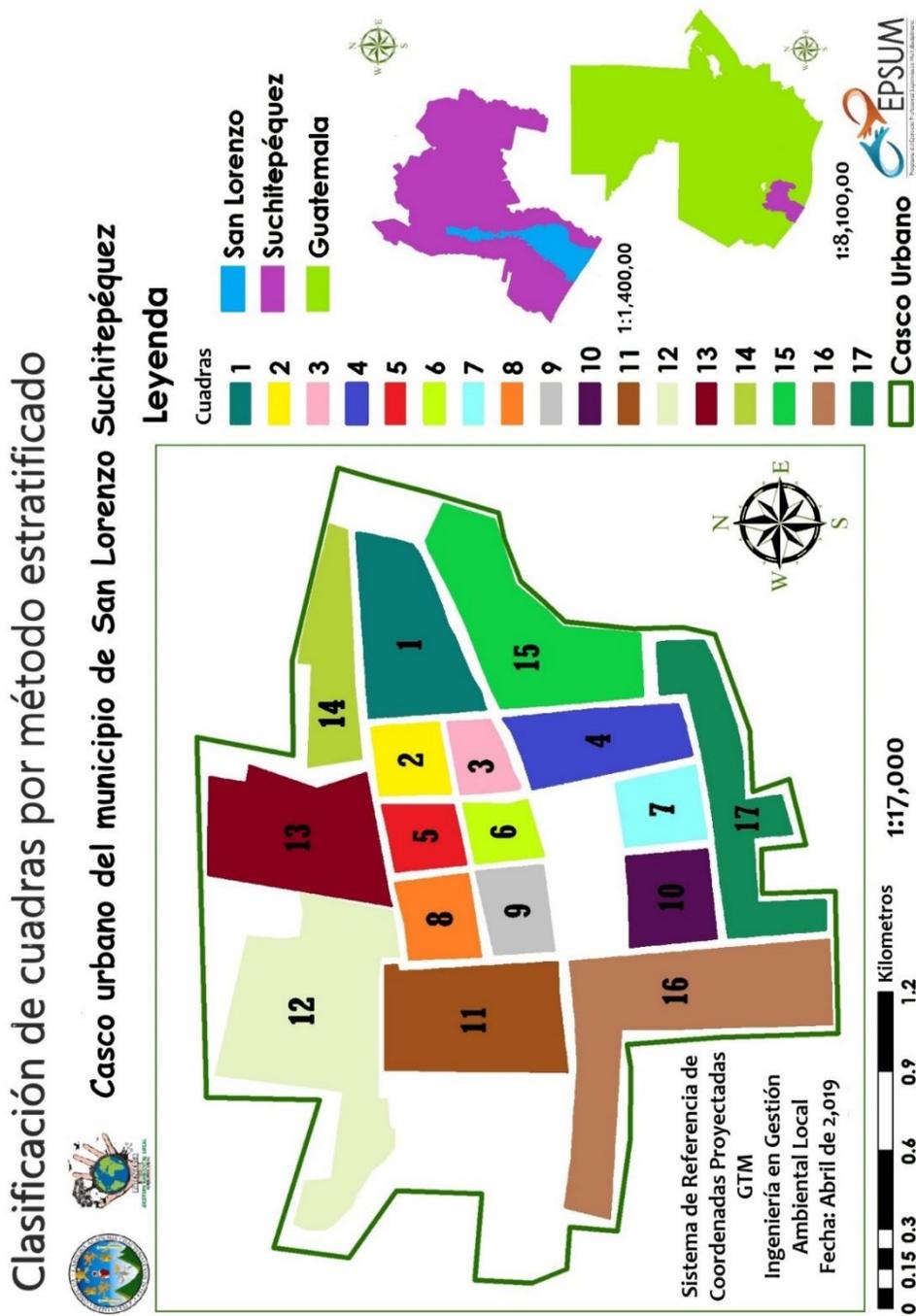


Figura 7. Mapa de sectores del casco urbano de San Lorenzo Suchitepéquez.

Fuente: Con base en información espacial MAGA, (2006).

**Anexo 8.** Proyecciones mensuales y anuales generados de desechos sólidos del casco urbano del municipio.

**Tabla 16.** Proyección mensual y anual generados de residuos y desechos sólidos del casco urbano del municipio de San Lorenzo Suchitepéquez.

Año	Total de Habitantes	Producción total kgs/día	total kgs diarios	Total de residuos y desechos sólidos (Mensual)		Total de residuos y desechos sólidos (Anual)	
				Kilogramos	Toneladas	Kilogramos	Toneladas
2019	2376	0.35	831.60	25288.96	25.29	303534.00	303.53
2020	2433	0.40	973.21	29595.30	29.60	355221.50	355.22
2021	2491	0.45	1121.14	34093.79	34.09	409215.17	409.22
2022	2551	0.50	1275.61	38791.16	38.79	465595.93	465.60
2023	2612	0.55	1436.84	43694.36	43.69	524447.26	524.45
2024	2675	0.60	1605.08	48810.57	48.81	585855.26	585.86
2025	2739	0.65	1780.57	54147.19	54.15	649908.77	649.91
2026	2805	0.70	1963.56	59711.86	59.71	716699.39	716.70
2027	2872	0.75	2154.31	65512.44	65.51	786321.62	786.32
2028	2941	0.80	2353.08	71557.05	71.56	858872.90	858.87
2029	3012	0.85	2560.15	77854.07	77.85	934453.71	934.45
2030	3084	0.90	2775.80	84412.14	84.41	1013167.69	1013.17
2031	3158	0.95	3000.33	91240.14	91.24	1095121.70	1095.12
2032	3234	1.00	3234.04	98347.27	98.35	1180425.92	1180.43
2033	3312	1.05	3477.24	105742.98	105.74	1269193.95	1269.19
2034	3391	1.10	3730.25	113437.04	113.44	1361542.92	1361.54
2035	3473	1.15	3993.41	121439.51	121.44	1457593.58	1457.59
2036	3556	1.20	4267.04	129760.76	129.76	1557470.43	1557.47
2037	3641	1.25	4551.51	138411.47	138.41	1661301.79	1661.30
2038	3729	1.30	4847.18	147402.68	147.40	1769219.96	1769.22
2039	3818	1.35	5154.41	156745.74	156.75	1881361.28	1881.36
2040	3910	1.40	5473.61	166452.37	166.45	1997866.32	1997.87

**Anexo 9.** Proyección anual de desechos sólidos orgánicos generados en el casco urbano del municipio.

**Tabla 17.** Proyección anual de desechos sólidos orgánicos del casco urbano de municipio.

Año	Total de Habitantes	total kgs diarios	Total de residuos (Anual)	Total de residuos orgánico generados anual (38%)	
			Kg	Kg	Ton
2019	2376	636.65	232377.25	88303.36	88.30
2020	2433	745.06	271947.78	103340.15	103.34
2021	2491	858.31	313283.84	119047.86	119.05
2022	2551	976.57	356447.39	135450.01	135.45
2023	2612	1100.01	401502.34	152570.89	152.57
2024	2675	1228.81	448514.61	170435.55	170.44
2025	2739	1363.16	497552.21	189069.84	189.07
2026	2805	1503.25	548685.27	208500.40	208.50
2027	2872	1649.28	601986.12	228754.73	228.75
2028	2941	1801.45	657529.38	249861.16	249.86
2029	3012	1959.98	715391.96	271848.95	271.85
2030	3084	2125.08	775653.21	294748.22	294.75
2031	3158	2296.97	838394.94	318590.08	318.59
2032	3234	2475.89	903701.49	343406.57	343.41
2033	3312	2662.08	971659.85	369230.74	369.23
2034	3391	2855.78	1042359.67	396096.67	396.10
2035	3473	3057.24	1115893.40	424039.49	424.04
2036	3556	3266.73	1192356.36	453095.42	453.10
2037	3641	3484.51	1271846.78	483301.78	483.30
2038	3729	3710.87	1354465.95	514697.06	514.70
2039	3818	3946.08	1440318.25	547320.94	547.32
2040	3910	4190.44	1529511.30	581214.29	581.21
				<b>6,642,924.15</b>	<b>6642.92</b>

**Anexo 10.** Proyección anual de desechos sólidos inorgánicos recuperables generados en el casco urbano del municipio.

**Tabla 18.** Proyección anual de desechos inorgánicos recuperables del casco urbano del municipio.

Año	Total de Habitantes	total kgs diarios	Total de residuos y desechos sólidos (Anual)	Total de residuos Inorgánicos Recuperables anual (22%)	
			Kg	Kg	Ton
2019	2376	636.65	232377.25	51123.00	51.12
2020	2433	745.06	271947.78	59828.51	59.83
2021	2491	858.31	313283.84	68922.44	68.92
2022	2551	976.57	356447.39	78418.43	78.42
2023	2612	1100.01	401502.34	88330.51	88.33
2024	2675	1228.81	448514.61	98673.21	98.67
2025	2739	1363.16	497552.21	109461.49	109.46
2026	2805	1503.25	548685.27	120710.76	120.71
2027	2872	1649.28	601986.12	132436.95	132.44
2028	2941	1801.45	657529.38	144656.46	144.66
2029	3012	1959.98	715391.96	157386.23	157.39
2030	3084	2125.08	775653.21	170643.71	170.64
2031	3158	2296.97	838394.94	184446.89	184.45
2032	3234	2475.89	903701.49	198814.33	198.81
2033	3312	2662.08	971659.85	213765.17	213.77
2034	3391	2855.78	1042359.67	229319.13	229.32
2035	3473	3057.24	1115893.40	245496.55	245.50
2036	3556	3266.73	1192356.36	262318.40	262.32
2037	3641	3484.51	1271846.78	279806.29	279.81
2038	3729	3710.87	1354465.95	297982.51	297.98
2039	3818	3946.08	1440318.25	316870.02	316.87
2040	3910	4190.44	1529511.30	336492.49	336.49
				<b>3,845,903.46</b>	<b>3845.90</b>

**Anexo 11.** Proyección de desechos inorgánicos no recuperables anualmente en el casco urbano del municipio.

**Tabla 19.** Proyección anual de desechos inorgánicos no recuperable del casco urbano del municipio.

Año	Total de Habitantes	total kgs diarios	Total de residuos y desechos sólidos (Anual)	Total de residuos Inorgánico No Recuperable anual (37%)	
			Kg	Kg	Ton
2019	2376	636.65	232377.25	85979.58	85.98
2020	2433	745.06	271947.78	100620.68	100.62
2021	2491	858.31	313283.84	115915.02	115.92
2022	2551	976.57	356447.39	131885.53	131.89
2023	2612	1100.01	401502.34	148555.87	148.56
2024	2675	1228.81	448514.61	165950.41	165.95
2025	2739	1363.16	497552.21	184094.32	184.09
2026	2805	1503.25	548685.27	203013.55	203.01
2027	2872	1649.28	601986.12	222734.87	222.73
2028	2941	1801.45	657529.38	243285.87	243.29
2029	3012	1959.98	715391.96	264695.03	264.70
2030	3084	2125.08	775653.21	286991.69	286.99
2031	3158	2296.97	838394.94	310206.13	310.21
2032	3234	2475.89	903701.49	334369.55	334.37
2033	3312	2662.08	971659.85	359514.14	359.51
2034	3391	2855.78	1042359.67	385673.08	385.67
2035	3473	3057.24	1115893.40	412880.56	412.88
2036	3556	3266.73	1192356.36	441171.85	441.17
2037	3641	3484.51	1271846.78	470583.31	470.58
2038	3729	3710.87	1354465.95	501152.40	501.15
2039	3818	3946.08	1440318.25	532917.75	532.92
2040	3910	4190.44	1529511.30	565919.18	565.92
				<b>6468110.36</b>	<b>6468.11</b>

**Anexo 12.** Proyección de desechos sólidos inertes anualmente generados en el casco urbano del municipio.

**Tabla 20.** Proyección anual de desechos inerte del casco urbano del municipio.

Año	Total de Habitantes	total kgs diarios	Total de residuos y desechos sólidos (Anual)	Total de residuos Inertes generados anual (2%)	
			Kg	Kg	Ton
2019	2376	636.65	232377.25	4647.55	4.65
2020	2433	745.06	271947.78	5438.96	5.44
2021	2491	858.31	313283.84	6265.68	6.27
2022	2551	976.57	356447.39	7128.95	7.13
2023	2612	1100.01	401502.34	8030.05	8.03
2024	2675	1228.81	448514.61	8970.29	8.97
2025	2739	1363.16	497552.21	9951.04	9.95
2026	2805	1503.25	548685.27	10973.71	10.97
2027	2872	1649.28	601986.12	12039.72	12.04
2028	2941	1801.45	657529.38	13150.59	13.15
2029	3012	1959.98	715391.96	14307.84	14.31
2030	3084	2125.08	775653.21	15513.06	15.51
2031	3158	2296.97	838394.94	16767.90	16.77
2032	3234	2475.89	903701.49	18074.03	18.07
2033	3312	2662.08	971659.85	19433.20	19.43
2034	3391	2855.78	1042359.67	20847.19	20.85
2035	3473	3057.24	1115893.40	22317.87	22.32
2036	3556	3266.73	1192356.36	23847.13	23.85
2037	3641	3484.51	1271846.78	25436.94	25.44
2038	3729	3710.87	1354465.95	27089.32	27.09
2039	3818	3946.08	1440318.25	28806.37	28.81
2040	3910	4190.44	1529511.30	30590.23	30.59
				<b>349627.59</b>	<b>349.63</b>

**Anexo 13.** Proyección de desechos bioinfecciosos anualmente generados en el casco urbano del municipio.

**Tabla 21.** Proyección anual de los desechos bioinfecciosos del casco urbano del municipio.

Año	Total de Habitantes	total kgs diarios	Total de residuos y desechos sólidos (Anual)	Total de desechos Bioinfecciosos generados anual ( 1%)	
			Kg	Kg	Ton
2019	2376	636.65	232377.25	2323.77	2.32
2020	2433	745.06	271947.78	2719.48	2.72
2021	2491	858.31	313283.84	3132.84	3.13
2022	2551	976.57	356447.39	3564.47	3.56
2023	2612	1100.01	401502.34	4015.02	4.02
2024	2675	1228.81	448514.61	4485.15	4.49
2025	2739	1363.16	497552.21	4975.52	4.98
2026	2805	1503.25	548685.27	5486.85	5.49
2027	2872	1649.28	601986.12	6019.86	6.02
2028	2941	1801.45	657529.38	6575.29	6.58
2029	3012	1959.98	715391.96	7153.92	7.15
2030	3084	2125.08	775653.21	7756.53	7.76
2031	3158	2296.97	838394.94	8383.95	8.38
2032	3234	2475.89	903701.49	9037.01	9.04
2033	3312	2662.08	971659.85	9716.60	9.72
2034	3391	2855.78	1042359.67	10423.60	10.42
2035	3473	3057.24	1115893.40	11158.93	11.16
2036	3556	3266.73	1192356.36	11923.56	11.92
2037	3641	3484.51	1271846.78	12718.47	12.72
2038	3729	3710.87	1354465.95	13544.66	13.54
2039	3818	3946.08	1440318.25	14403.18	14.40
2040	3910	4190.44	1529511.30	15295.11	15.30
				<b>174813.79</b>	<b>174.81</b>

**Anexo 14.** Proyección del peso volumétrico de los desechos sólidos orgánicos anualmente.

**Tabla 22.** Proyección del peso volumétrico anual de desechos orgánicos del casco urbano.

Año	Total de Habitantes	Total de residuos y desechos sólidos (Anual)	Orgánico (38%)	Volumen
		Kg	Kg	m3
2019	2376	232377.25	88303.36	163.46
2020	2433	271947.78	103340.15	191.30
2021	2491	313283.84	119047.86	220.38
2022	2551	356447.39	135450.01	250.74
2023	2612	401502.34	152570.89	282.43
2024	2675	448514.61	170435.55	315.50
2025	2739	497552.21	189069.84	350.00
2026	2805	548685.27	208500.40	385.97
2027	2872	601986.12	228754.73	423.46
2028	2941	657529.38	249861.16	462.53
2029	3012	715391.96	271848.95	503.24
2030	3084	775653.21	294748.22	545.63
2031	3158	838394.94	318590.08	589.76
2032	3234	903701.49	343406.57	635.70
2033	3312	971659.85	369230.74	683.51
2034	3391	1042359.67	396096.67	733.24
2035	3473	1115893.40	424039.49	784.97
2036	3556	1192356.36	453095.42	838.75
2037	3641	1271846.78	483301.78	894.67
2038	3729	1354465.95	514697.06	952.79
2039	3818	1440318.25	547320.94	1013.18
2040	3910	1529511.30	581214.29	1075.92
			<b>553455.7</b>	<b>12297.16</b>

**Anexo 15.** Proyección de peso volumétrico de los desechos sólidos inorgánicos recuperables anualmente.

**Tabla 23.** Proyección de peso volumétrico de los desechos inorgánicos recuperable anual.

Año	Total de Habitantes	Total de residuos y desechos sólidos (Anual)	Inorgánico Recuperable (22%)	Volumen
		Kg	Kg	m3
2019	2376	232377.25	51123.00	155.99
2020	2433	271947.78	59828.51	182.55
2021	2491	313283.84	68922.44	210.30
2022	2551	356447.39	78418.43	239.27
2023	2612	401502.34	88330.51	269.51
2024	2675	448514.61	98673.21	301.07
2025	2739	497552.21	109461.49	333.99
2026	2805	548685.27	120710.76	368.31
2027	2872	601986.12	132436.95	404.09
2028	2941	657529.38	144656.46	441.38
2029	3012	715391.96	157386.23	480.22
2030	3084	775653.21	170643.71	520.67
2031	3158	838394.94	184446.89	562.78
2032	3234	903701.49	198814.33	606.62
2033	3312	971659.85	213765.17	652.24
2034	3391	1042359.67	229319.13	699.70
2035	3473	1115893.40	245496.55	749.06
2036	3556	1192356.36	262318.40	800.39
2037	3641	1271846.78	279806.29	853.74
2038	3729	1354465.95	297982.51	909.20
2039	3818	1440318.25	316870.02	966.83
2040	3910	1529511.30	336492.49	1026.71
			<b>3845903.46</b>	<b>3845.90</b>

**Anexo 16.** Proyección de peso volumétrico de los desechos sólidos inorgánicos no recuperables anualmente.

**Tabla 24.** Proyección de peso volumétrico de los desechos inorgánicos no recuperables anual.

Año	Total de Habitantes	Total de residuos y desechos sólidos (Anual)	Inorgánico No Recuperable 37%	Volumen
		Kg	Kg	m3
2019	2376	232377.25	85979.58	322.13
2020	2433	271947.78	100620.68	376.98
2021	2491	313283.84	115915.02	434.29
2022	2551	356447.39	131885.53	494.12
2023	2612	401502.34	148555.87	556.58
2024	2675	448514.61	165950.41	621.75
2025	2739	497552.21	184094.32	689.72
2026	2805	548685.27	203013.55	760.61
2027	2872	601986.12	222734.87	834.49
2028	2941	657529.38	243285.87	911.49
2029	3012	715391.96	264695.03	991.70
2030	3084	775653.21	286991.69	1075.24
2031	3158	838394.94	310206.13	1162.21
2032	3234	903701.49	334369.55	1252.74
2033	3312	971659.85	359514.14	1346.95
2034	3391	1042359.67	385673.08	1444.96
2035	3473	1115893.40	412880.56	1546.89
2036	3556	1192356.36	441171.85	1652.89
2037	3641	1271846.78	470583.31	1763.08
2038	3729	1354465.95	501152.40	1877.61
2039	3818	1440318.25	532917.75	1996.62
2040	3910	1529511.30	565919.18	2120.26
			<b>6468110.36</b>	<b>6468.11</b>

**Anexo 17.** Proyección de peso volumétrico de los desechos inertes anualmente.

**Tabla 25.** Proyección de peso volumétrico de los desechos inerte anual.

Año	Total de Habitantes	Total de residuos y desechos sólidos (Anual)	Inerte 2%	Volumen
		Kg	Kg	m3
2019	2376	232377.25	4647.55	9.86
2020	2433	271947.78	5438.96	11.53
2021	2491	313283.84	6265.68	13.29
2022	2551	356447.39	7128.95	15.12
2023	2612	401502.34	8030.05	17.03
2024	2675	448514.61	8970.29	19.02
2025	2739	497552.21	9951.04	21.10
2026	2805	548685.27	10973.71	23.27
2027	2872	601986.12	12039.72	25.53
2028	2941	657529.38	13150.59	27.89
2029	3012	715391.96	14307.84	30.34
2030	3084	775653.21	15513.06	32.90
2031	3158	838394.94	16767.90	35.56
2032	3234	903701.49	18074.03	38.33
2033	3312	971659.85	19433.20	41.21
2034	3391	1042359.67	20847.19	44.21
2035	3473	1115893.40	22317.87	47.33
2036	3556	1192356.36	23847.13	50.57
2037	3641	1271846.78	25436.94	53.95
2038	3729	1354465.95	27089.32	57.45
2039	3818	1440318.25	28806.37	61.09
2040	3910	1529511.30	30590.23	64.87
			<b>349627.59</b>	<b>349.63</b>

**Anexo 18.** Proyección de peso volumétrico de los desechos sólidos bioinfecciosos anualmente.

**Tabla 26.** Proyección de peso volumétrico de desechos bioinfecciosos anual.

Año	Total de Habitantes	Total de residuos y desechos sólidos (Anual)	Bioinfeccioso 1%	Volumen
		Kg	Kg	m3
2019	2376	232377.25	2323.77	4.00
2020	2433	271947.78	2719.48	4.68
2021	2491	313283.84	3132.84	5.39
2022	2551	356447.39	3564.47	6.13
2023	2612	401502.34	4015.02	6.91
2024	2675	448514.61	4485.15	7.71
2025	2739	497552.21	4975.52	8.56
2026	2805	548685.27	5486.85	9.44
2027	2872	601986.12	6019.86	10.35
2028	2941	657529.38	6575.29	11.31
2029	3012	715391.96	7153.92	12.30
2030	3084	775653.21	7756.53	13.34
2031	3158	838394.94	8383.95	14.42
2032	3234	903701.49	9037.01	15.54
2033	3312	971659.85	9716.60	16.71
2034	3391	1042359.67	10423.60	17.93
2035	3473	1115893.40	11158.93	19.19
2036	3556	1192356.36	11923.56	20.51
2037	3641	1271846.78	12718.47	21.88
2038	3729	1354465.95	13544.66	23.30
2039	3818	1440318.25	14403.18	24.77
2040	3910	1529511.30	15295.11	26.31
			<b>174813.79</b>	<b>174.81</b>

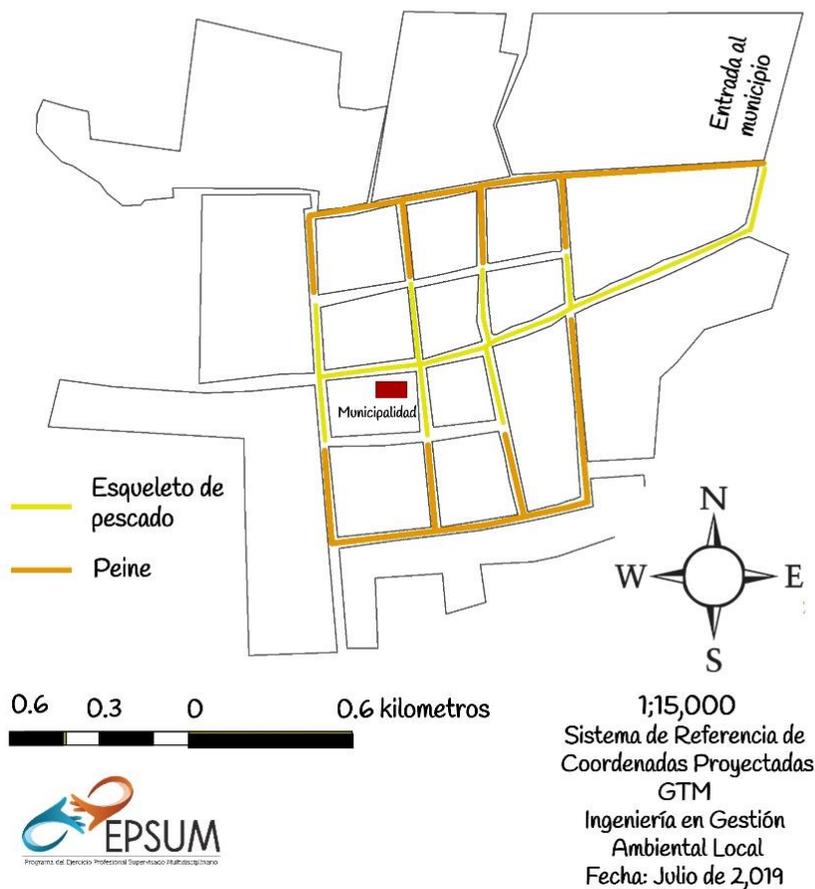
**Anexo 19.** Mapa de modalidad del servicio de barrido municipal de calles del casco urbano del municipio.



## Modalidad del servicio de barrido municipal de calles



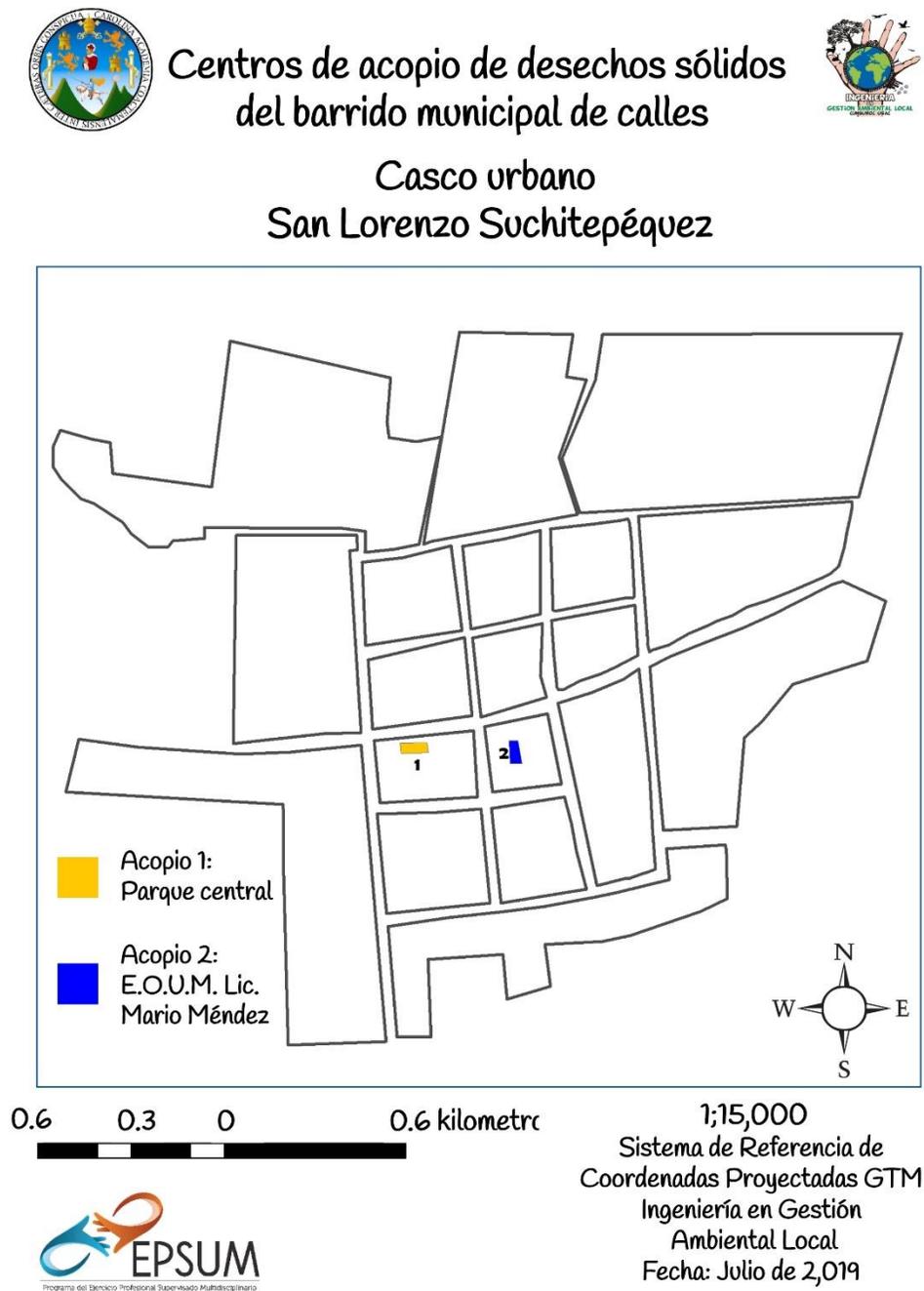
### Casco urbano San Lorenzo Suchitepéquez



**Figura 8.** Distribución de barrido municipal.

**Fuente:** Con base en información espacial MAGA, 2006.

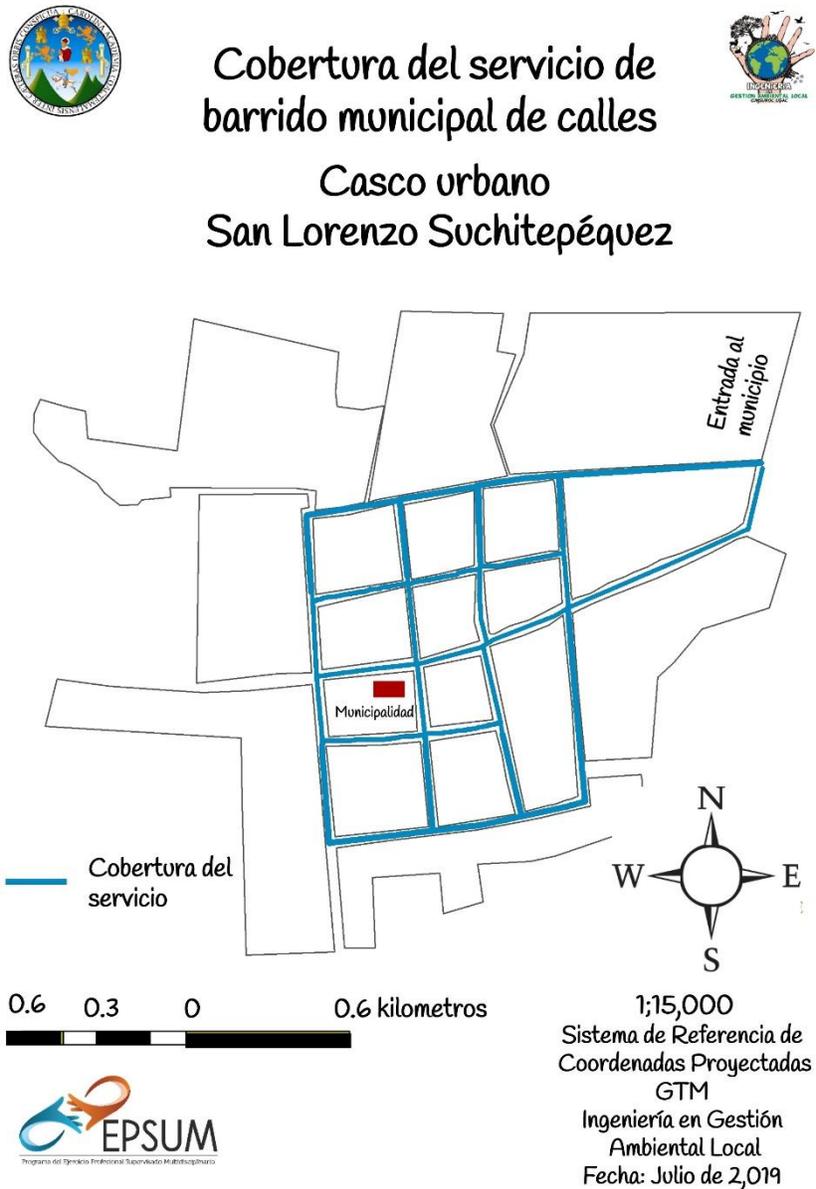
**Anexo 20.** Centros de acopio de desechos sólidos del barrio municipal de calles del casco urbano del municipio.



**Figura 9.** Puntos de distribución.

**Fuente:** Con base en información espacial MAGA, 2006.

**Anexo 21.** Mapa de cobertura del servicio de barrido municipal de calles del casco urbano del municipio.



**Figura 10.** cobertura del servicio de barrido municipal.

**Fuente:** Con base en información espacial MAGA, 2006.

## Anexo 22. Ficha de evaluación del botadero municipal de San Lorenzo Suchitepéquez.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTA  
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL



### FICHA DE EVALUACIÓN DE BOTADERO

#### 1. RESPONSABLE DE LA EVALUACIÓN

1.1 Nombre	Jaky Melissa Santay Rivera
1.2 Profesión	Bachillerato en Ciencias y Letras con Orientación en Computación
1.3 Especialidad	EPS de Ingeniería en Gestión Ambiental Local
1.4 Institución	Centro Universitario de Suroccidente -USAC-
1.5 Otros participantes	Arq. Yadira Argentina Luna Velásquez

#### 1.6 FICHA No.

1

#### 1.7 FECHA

Julio de 2,019

#### 2. INFORMACIÓN GENERAL

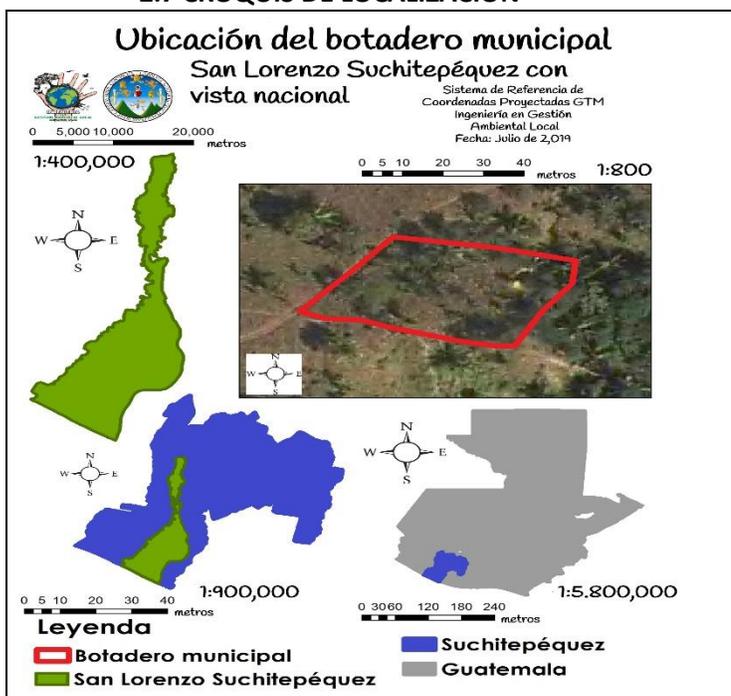
##### 2.1 DENOMINACIÓN

El botadero que actualmente utiliza el municipio no cuenta con los permisos necesarios para ejecutar dichas actividades y fue creado con la necesidad de disposición final de los residuos y desechos sólidos generados en los domicilios, barrido de calle, centros educativos, entre otros para no generar un impacto negativo. Aunque no cuenta con escrituras propias municipales, arrendan el terreno por un tiempo indefinido.

##### 2.2 UBICACIÓN

2.2.1 Ciudad	Guatemala	
2.2.2 Depart.	Suchitepéquez	
2.2.3 Muni.	San Lorenzo	
2.2.4 Aldea	Valle de Candelaria	
<b>2.3 ÁREA OCUPADA</b>		
263.15 metros cuadrados	Capacidad	1,650 m <sup>2</sup> aprox.
<b>2.4 SITUACION ACTUAL</b>		
Activo		
<b>2.5 VOLUMEN R.S.</b>	<b>Total acumulado</b>	<b>Diario (que recibe)</b>
	266.91 kg/m <sup>3</sup>	2.6 ton
<b>2.6 DIST. A ZONA DE GENERACIÓN R.S.</b>		
La mayor generación de desechos se da en el casco urbano del municipio con una distancia de 13 km como punto de referencia de la municipalidad para el botadero municipal.		

##### 2.7 CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



##### 2.8 PRINCIPALES USUARIOS

##### 2.9 ACCESIBILIDAD

1) Casco urbano del municipio	60%
2) Aldea "La Soledad"	25%
3) Valle de Candelaria	15%
4)	%
5)	%

<b>2.9.1 Vía de acceso</b>	Carretera principal
<b>2.9.2 Distancia</b>	13 km del casco urbano
<b>2.9.3 Material vial</b>	Pavimentado / terracería
<b>2.9.4 Estado</b>	accesible

## 2.10 PROPIETARIO DEL TERRENO OCUPADO

Privado

## 2.11 INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

<b>2.11.1 Red de agua</b>	No
<b>2.11.2 Red de desagüe</b>	No
<b>2.11.3 Red de energía</b>	No

## 2.12 VIDA ÚTIL Y USO POTENCIAL

<b>2.12.1 Fecha de inicio</b>	2016
<b>2.12.2 Tiempo de vida</b>	Indefinido
<b>2.12.3 Uso Potencial del área ocupada</b>	Indefinido

## 2.13 CONDICIONES DE OPERACIÓN

<b>2.13.1 Autorización:</b>	No	<b>2.13.2 Otros documentos</b>	No
<b>2.13.3 Operador:</b>	Privado	<b>2.13.4 Personal</b>	3 personas
<b>2.13.5 Operación</b>	Manual	<b>2.13.6 Cantidad de equipo</b>	No aplica
<b>2.13.7 Tipo transporte:</b>	No aplica	<b>2.13.8 No. Camiones</b>	No aplica

## 3. CARACTERÍSTICAS GEOFÍSICAS DE LA ZONA DEL BOTADERO

### 3.1 TOPOGRAFÍA

Indefinido

### 3.2 GEOLOGÍA

#### 3.2.1 Tipo de suelo y permeabilidad

Ixtan / café muy oscuro - arcilloso

### 3.3 HIDROLOGÍA

#### 3.3.1 Distancia a cuerpo(s) de agua

Río Icán

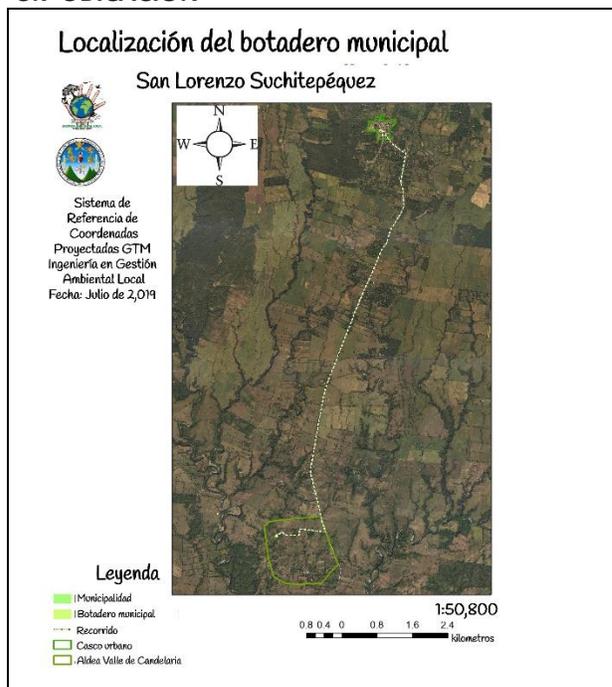
#### 3.3.2 Profundidad de la capa freática

Indefinido

#### 3.3.3 Distancia a acuífero o toma de agua

1.08 km / 1,080 m

### 3.7 UBICACIÓN



### 3.4 CLIMATOLOGÍA

Indicador	Enero/mar.	Abril/junio	Julio/sept.	Oct./nov.
-----------	------------	-------------	-------------	-----------

<b>3.4.1 T° máx.</b>	33 - 35°	30 - 33°	29 - 33°	30- 31°
<b>3.4.2 T° mín.</b>	19 - 20°	24 - 25°	23 - 25°	20- 23°
<b>3.4.3 Precipitación</b>	1367 mm	2466 mm	4,200 mm	1367 mm
<b>3.4.4 Viento predom.</b>	6.6 - 7.5 km/h	7.9 - 9.6 km/h	10.1 - 11.5 km/h	4.9 - 5.7 km/h

### 3.5 VULNERABILIDAD

<b>3.5.1 Zona sísmica, de fallas, agrietamiento</b>	Por la falta de vegetación presenta erosión
<b>3.5.2 Zona de derrumbes, avalanchas, aluviones</b>	No presenta derrumbes
<b>3.5.3 Zona inundable</b>	No presenta inundaciones

### 3.6 USO DE SUELO

<b>Norte</b>	Terreno sin edificar	<b>Este</b>	Terreno sin edificar
<b>Sur</b>	Terreno sin edificar	<b>Oeste</b>	Terreno sin edificar

### 4. IMPACTO AMBIENTAL

<b>4.1 TIPO DE PROCEDENCIA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS</b>		<b>4.2 PRESENCIA DE VECTORES</b>	
<b>4.1.1 Orgánicos</b>	38%	<b>4.2.1 Perros</b>	No se encontró
<b>4.1.2 Recuperables</b>	22%	<b>4.2.2 Roedores</b>	Ratones,
<b>4.1.3 No recuperables</b>	37%	<b>4.2.3 Aves</b>	Zopes
<b>4.1.4 Bioinfecciosos</b>	1%	<b>4.2.4 Mosquitos</b>	Aumenta la proliferación
<b>4.1.5 Inertes</b>	2%	<b>4.2.5 Otros</b>	Moscas, Cucarachas

### 4.3 CONTAMINACIÓN DEL AIRE

<b>4.3.1 Polvo</b>	La vía de acceso es de terracería
<b>4.3.2 Gases</b>	Metano y dióxido de carbono son los más comunes por las actividades generadas
<b>4.3.3 Humo</b>	Por la quema de los desechos sólidos en tiempo prolongado
<b>4.3.4 Olor</b>	Por la acumulación de desechos orgánicos se generan malos olores alrededor del botadero
<b>4.3.5 Ruido</b>	No se cuenta con ningún tipo de molestia de este inciso

### 4.4 IMPACTOS SÓLIDOS

<b>4.4.1 Fauna</b>	Alteración del ecosistema presente en el área
<b>4.4.2 Flora</b>	Alteración del ecosistema presente en el área
<b>4.4.3 Especies endémicas impactadas</b>	Alteración del ecosistema presente en el área

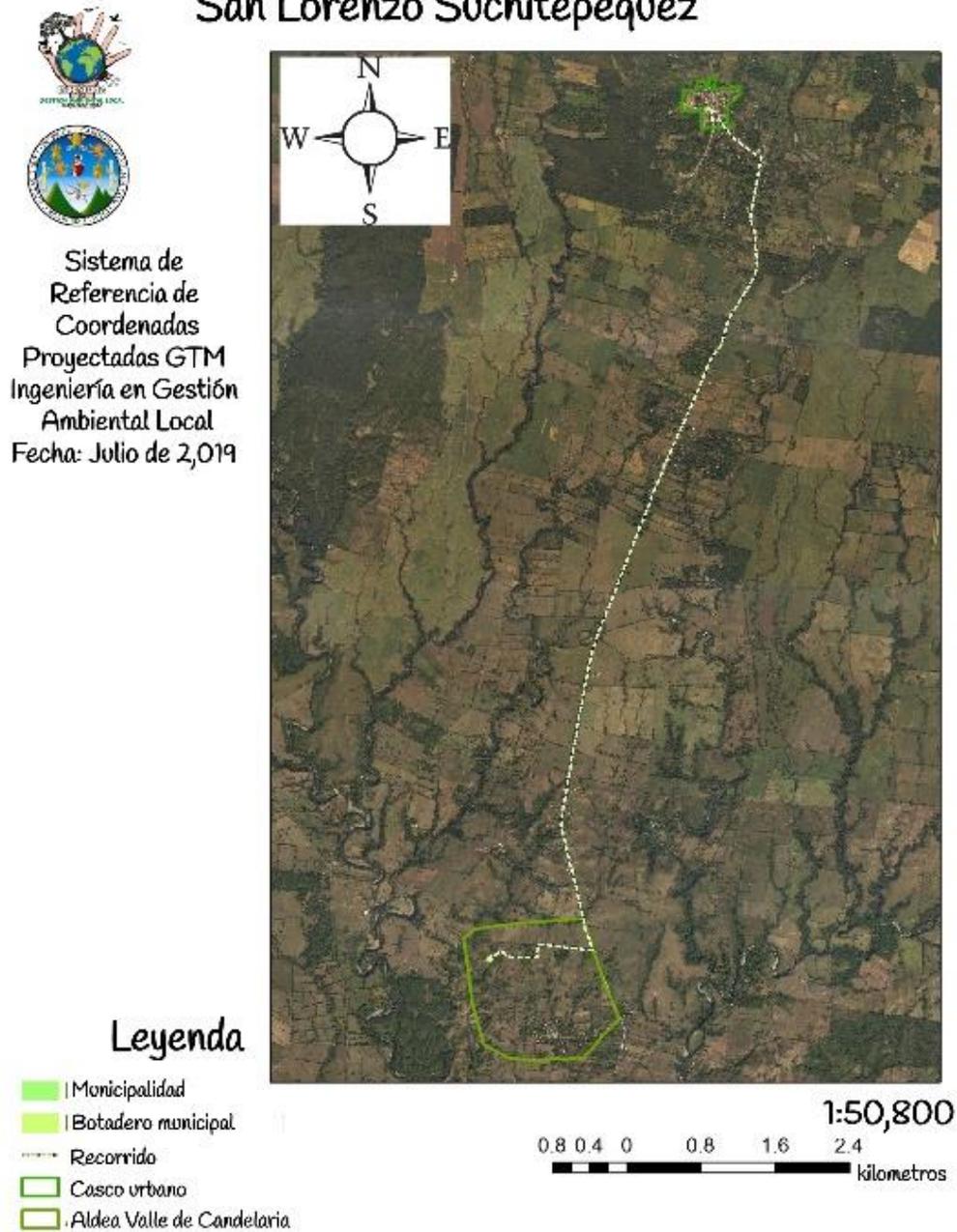
### 4.5 OTROS IMPACTOS

<b>4.5.1 Patrimonio cultural o natural</b>	No se encuentra en lugar habitado, ni en lugar cultural
<b>4.5.2 Paisaje</b>	Se encuentra ubicado genera una alteración al paisaje
<b>4.5.3 Turístico</b>	Ninguno
<b>4.5.4 Afectación de otras actividades</b>	Ninguno

**Anexo 23.** Mapa del recorrido del tren de aseo municipal del casco urbano.

# Localización del botadero municipal

## San Lorenzo Suchitepéquez



**Figura 11.** Recorrido del tren de aseo municipal.

**Fuente:** Con base a información espacial MAGA, 2006.

**Anexo 24.** Fotografías tomadas durante la recolección de los residuos y desechos sólidos en el casco urbano el municipio.



**Figura 12.** Transporte y recolección de los desechos.

**Fuente:** López Albino, E. 2019.

**Anexo 25.** Fotografías tomadas durante la caracterización de desechos sólidos en el casco urbano del municipio.



**Figura 13.** Caracterización de residuos en el botadero municipal.

**Fuente:** López Albino, E. 2019.

**Anexo 26.** Diseño de Planta de tratamiento de desechos sólidos.



<b>Escala</b>	<b>Fecha</b>	<b>Autor</b>
1/300	Agosto, 2019	Luis Solval



**Anexo 27. Propuesta de Plan de Gestión Integral de Desechos Sólidos.**

# Plan de Gestión Integral de Desechos Sólidos para el casco urbano

Municipio de San Lorenzo Suchitepéquez



---

Elaborado por:  
Jaky Melissa Santay Rivera  
Ejercicio Profesional Supervisado –EPS–  
Ingeniería en Gestión Ambiental Local  
CUNSUROC, USAC

# ÍNDICE GENERAL

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
I. Introducción	1
II. Objetivos	2
III. Plan de Gestión Integral de los Desechos Solidos	3
3.1 Líneas de acción	4
3.1.1 Línea de acción No. 1	4
3.1.2 Línea de acción No. 2	7
3.1.3 Línea de acción No. 3	15
3.1.4 Línea de acción No. 4	17
IV. Cronograma	19
V. Bibliografía	20

## I. INTRODUCCIÓN

El casco urbano del municipio de San Lorenzo Suchitepéquez a través de las actividades domésticas, laborales y escolares genera una gran cantidad de desechos sólidos. Con base en el diagnóstico realizado en el casco urbano en el 2019, el 40% de los habitantes no maneja adecuadamente los desechos que generan, disponiendo con actividades como: quemarlos, depositarlos en ríos, en terrenos baldíos y otros los entierran; causando impactos negativos en los ecosistemas, en la salud y en la calidad de vida de la población.

El presente plan tiene como propósito proponer alternativas que permitan la minimización y aprovechamiento de los residuos y desechos sólidos producidos en el casco urbano del municipio de San Lorenzo, Suchitepéquez para evitar contaminación al ambiente y deteriorar la calidad de vida de la población.

La Unidad de Gestión Ambiental Municipal –UGAM- es la responsable de la implementación, está proyectado para 20 años, implicando una adopción de estrategias dirigidas a la prevención, minimización, separación, almacenamiento, transporte, aprovechamiento, tratamiento y disposición final de residuos sólidos. La presente propuesta esta implementada para una ejecución de 2 años.

La propuesta contiene cuadro líneas de acción enfocados a la realización de proyectos y actividades ambientales, en donde la participación de la población es muy importante para mejorar y también el desempeño de todo el sistema de manejo. Está dirigido a los habitantes en general, entidades locales, líderes comunitarios, colaboradores municipales, comercios, empresas y estudiantes para una integración social.

## II. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo General

Proponer estrategias para la implementación de la gestión integrada de residuos y desechos sólidos en el casco urbano de San Lorenzo Suchitepéquez.

### 2.2 Objetivo Específico

- Establecer un programa de clasificación de residuos y desechos sólidos desde la fuente para disminuir la problemática en el casco urbano del municipio.
- Fortalecer el sistema de almacenamiento, recolección y transporte a través de la frecuencia y horario para un desempeño eficiente para el traslado de los residuos y desechos sólidos del casco urbano del municipio.
- Determinar el sistema de tratamiento ideal para aprovechamiento de los residuos y desechos sólidos generados en el casco urbano del municipio.
- Proponer la ubicación de la disposición final de los desechos sólidos generados en el casco urbano del municipio.

### **III. Plan de gestión integral de residuos y desechos sólidos del casco urbano del municipio de San Lorenzo, Suchitepéquez.**

El presente plan contiene programas y proyectos dirigidos a mejorar el manejo de los residuos sólidos en el casco urbano del municipio.

#### **3.1 Líneas de acción**

Se presentan cuadro líneas de acción propuestas para la gestión integrada de residuos y desechos sólidos del casco urbano del municipio de San Lorenzo, Suchitepéquez:

Línea de acción No. 1: Participación de la población para clasificación de los residuos y desechos sólidos.

Línea de acción No. 2: Fortalecimiento en el desempeño de recolección y transporte de los desechos sólidos.

Línea de acción No. 3: Aprovechamiento y disminución de los residuos y desechos sólidos.

Línea de acción No. 4: Propuesta de ubicación para la disposición final de los desechos sólidos generados.

A continuación, se detalla cada una:

#### **3.1.1 Línea de acción No. 1: Participación de la población para clasificación de los residuos y desechos sólidos.**

El alto porcentaje generado de residuos y desechos sólidos presentes en el casco urbano se debe a la falta de hábitos y costumbres de clasificación desde la fuente.

#### **Objetivos:**

- ✓ Ejecutar programas ambientales para el aprovechamiento de los residuos y desechos sólidos.
- ✓ Implementar actividades de clasificación de los desechos sólidos para aprovechamiento.

## Proyectos

### 1. Sensibilización ambiental

#### Actividades

- Realización de campañas informativas sobre temas ambientales como: El reciclaje, Puntos de almacenamiento, Aprovechamiento del reciclaje.
- Reforestaciones
- Capacitaciones sobre las 4'r

#### Responsables

- UGAM
- Centros educativos
- Centros religiosos
- ONG'S
- Comercios
- Habitantes en general

#### Presupuesto

Descripción	Costo por unidad	Costo Total
Expositor	Q1,000.00 / persona	Q3,000.00
Lapiceros	Q13.00 / caja	Q130.00
Folder	Q50.00 / ciento	Q50.00
Hojas	Q28.00 c/u	Q140.00
Alquiler de sillas	Q1.00 c/u	Q100.00
Alquiler de cañonera	Q200.00 /hr	Q200.00
Alquiles de tablero	Q15.00 / c	Q75.00
<b>TOTAL</b>		<b>Q 3,695.00</b>

## 2. Programa de clasificación de desechos sólidos para las fuentes generadoras de residuos y desechos sólidos

### Actividades

- Capacitación sobre la clasificación de los residuos sólidos a centro educativos
- Implementación de recipientes para clasificación en lugares públicos y centros educativos
- Capacitaciones informativa para el tren de aseo privado y municipal sobre clasificación de desechos y residuos sólidos.
- Comisiones para cada COCODE del casco urbano

### Responsable

- Servicio de tren de aseo
- UGAM
- MARN
- Centros educativos
- Habitantes en General
- ONG'S

### Presupuesto

Descripción	Costo por unidad	Costo Total
Expositor	Q1,000.00 / persona	Q1,000.00
Lapiceros	Q13.00 / caja	Q130.00
Folder	Q50.00 / ciento	Q50.00
Hojas	Q28.00 c/u	Q140.00
Alquiler de sillas	Q1.00 c/u	Q100.00
Alquiler de cañonera	Q200.00 /hr	Q200.00
Alquiles de tablero	Q15.00 / c	Q75.00
<b>TOTAL</b>		<b>Q 1,695.00</b>

### **3.1.2 Línea de acción No. 2: Fortalecimiento en el desempeño de recolección y transporte de los desechos sólidos.**

Para mejorar el desempeño del tren de aseo municipal se debe contar con el equipo y herramienta que cumpla con las condiciones necesarias para ejecutar actividades con eficiencia y evitando riesgos para no afectar la salud de los colaboradores municipales.

#### **Objetivos:**

- ✓ Establecer puntos ecológicos para el almacenamiento temporal de los residuos y desechos sólidos del casco urbano del municipio.
- ✓ Optimizar la fase de recolección del sistema de tren de aseo municipal para un mejor desempeño.
- ✓ Determinar un diseño del vehículo de tren de aseo para un servicio eficiente.

#### **Proyectos:**

##### **1. Puntos ecológicos**

###### Actividades

- Gestión para adquirir toneles para depósitos de desechos
- Localización y rotulación de las áreas de clasificación
- Capacitación para los colaboradores municipales a cargo de cada punto de recolección de desechos sólidos.
- Implementación de la reestructuración de frecuencia y horario del tren de aseo
- Ejecución de una guía para la clasificación de los residuos y desechos sólidos en los puntos ecológicos.

**Tabla No. 1** Guía de clasificación de desechos sólidos para el casco urbano del municipio de San Lorenzo, Suchitepéquez.

Residuo	Definición	Contenido del recipiente	Color del recipiente y etiqueta
Orgánico	Son biodegradables, se componen naturalmente y tiene la propiedad de poder desintegrarse o degradarse rápidamente, transformándose en otra materia orgánica.	Restos de frutas y verduras, incluidas las pieles, huesos, restos de carne, espinas y toda clase de resto de pescado, caparazones y elementos descartados de los mariscos, restos de pan, comida en mal estado, distintos tipos de palillos (de helado, de comida china), cáscara de huevos, orina de animales domésticos, hojarasca, residuos de todo tipo de frutos secos, papel de cocina utilizado, servilletas utilizadas, excrementos de animales domésticos, pañuelos utilizados, flores, incluso en estado marchito, cualquier material de corcho, hojas, incluso secas, césped y malas hierbas, bolsas de papel.	
Inorgánico recuperable	Son aquellos desechos de origen no biológico, de origen industrial o de algún otro proceso no natural, que, expuestos a las condiciones ambientales naturales, tarda mucho tiempo en degradarse, pero pueden volver a usarse en los procesos como materia prima por medio de fabricación.	Cajas de transporte, envases de alimentos, papeles, tanto impresos como no impresos, sobres de cartas comunes, aluminios, envases de transporte de la industria alimenticia, vasos, platos y cubiertos desechables, macetas, botellas de bebidas alcohólicas, metales ferrosos, envases provenientes de comida y bebida, botes de cosmética, facturas, formularios, carpetas, envases de cartón, envases de perfumes y cosmética, telas de algodón, telas de lino, tejidos de origen 100 % natural, latas y envases de refrescos, hojas arrancadas de cuadernos, periódicos, revistas, sillas de plástico (así como más elementos de mobiliario de este material).	

<b>Inorgánico no recuperable</b>	Son aquellos desechos de origen no biológico, de origen industrial o de algún otro proceso no natural, que, expuestos a las condiciones ambientales naturales, tarda mucho tiempo en degradarse, es decir, no vuelven a integrarse a la tierra, sino tras un largo periodo de tiempo. En otras palabras, no son biodegradables.	Envolturas de celofán, bolsas de plástico, ropa de fibras sintéticas, botellas de PVC, envases de Tetra pack, pilas y baterías, lamparitas rotas, microprocesadores que ya no funcionan, latas de conserva, bolsas de nylon, cartuchos de impresora, neumáticos deteriorados, chatarra de fundiciones, cables rotos, baterías de automóviles.	
<b>Inerte</b>	Son aquellos residuos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas de gran importancia, tampoco son solubles ni tienen peligro de combustión, no reaccionan ni físicamente, no son biodegradables, no afectan a los materiales con los que entran en contacto, tienen una emisión reducida de lixiviados, son poco tóxicos, y no suponen ningún riesgo para las aguas superficiales o subterráneas.	Escombros, tierras y áridos, restos de hormigón, restos de pavimentos asfálticos, materiales refractarios, ladrillos, yesos, madera, metal, persianas, entre otros	
<b>Bioinfeccioso</b>	Desechos contaminados con sangre u otros fluidos corporales (por ejemplo, a partir de muestras de diagnóstico desechadas), cultivos o cepas de agentes infecciosos procedentes de actividades de laboratorio	Gasas, curas, jeringas, algodones, sueros, agujas, hisopos con secreciones.	

**Fuente:** Javier Sánchez, biólogo. (2018). Con base al artículo de Ecología verde. Recuperado de <https://www.ecologiaverde.com/que-son-los-residuos-solidos-y-como-se-clasifican-1537.html>.

### Responsable

- Colaboradores municipales
- UGAM

- Municipalidad de San Lorenzo Suchitepéquez
- Servicio de tren de aseo privado
- Habitantes en general

### Presupuesto

Descripción	Costo por unidad	Costo Total
Base metálica	Q800.00 / c	Q2,400.00
Botes	Q20.00 / c	Q400.00
Rotulación	Q250/ c manta vinílica	Q1,000.00
Promoción	Q200 / semana	Q800.00
<b>TOTAL</b>		<b>Q 4,600.00</b>

## **2. Reestructuración de la frecuencia y horario del servicio de recolección de residuos y desechos sólidos del tren de aseo municipal**

### Actividades

- Optimización de frecuencias y horarios para el servicio de tren de aseo municipal
- Debido a que la velocidad de reproducción de las moscas y la descomposición de los desechos provocada por las condiciones atmosféricas, la frecuencia de la recolección en los puntos ecológicos para el casco urbano del municipio, conviene realizarlos al menos de 3 veces/semana por cada tipo de desechos. A continuación, se presenta la frecuencia por sectores:

**Tabla No. 2 Frecuencia del servicio de tren de aseo municipal**

Tipo de desecho		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Orgánica						
Inorgánica	Recuperable					
	No recuperable					
Inerte						
Bioinfeccioso						

**Fuente:** Con base a recorrido del tren de aseo municipal del casco urbano de San Lorenzo Suchitepéquez (2019)

En el casco urbano del municipio no cuenta con tráfico vehicular; por ello, es más fácil la movilización, proponiendo la siguiente jornada de recolección:

**Tabla No. 3 Horario del servicio de tren de aseo municipal**

Tipo de desecho		Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes	
		Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin
Orgánica		6:00 a.m.	8:00 a.m.			6:00 a.m.	8:00 a.m.			6:00 a.m.	8:00 a.m.
Inorgánica	Recuperable			6:00 a.m.	8:00 a.m.			6:00 a.m.	8:00 a.m.		
	No recuperable	6:00 a.m.	8:00 a.m.			6:00 a.m.	8:00 a.m.			6:00 a.m.	8:00 a.m.
Inerte				8:00 a.m.	10:00 a.m.			8:00 a.m.	10:00 a.m.		
Bioinfeccioso				8:00 a.m.	10:00 a.m.			8:00 a.m.	10:00 a.m.		

**Fuente:** Con base a recorrido del tren de aseo municipal del casco urbano de San Lorenzo Suchitepéquez (2019)

#### Responsable

- UGAM
- Tren de aseo municipal
- Colaboradores municipales

#### Presupuesto

Descripción	Costo por unidad	Costo Total
Gasolina	Q50.00 / galón	Q1,000.00/ mes
Servicio al vehículo	Q250 / servicio	Q750.00
Costales	Q2 / c	Q888.00
Colaborador municipal	Q3,500 / mes	Q10,500.00
Vehículo	Q775,274.00	Q775,274.00
Equipo de protección	Q600.00 c/u	Q1,800.00
<b>TOTAL</b>		<b>Q790,212.00</b>

### 3. Diseño del vehículo para el tren de aseo municipal

#### Actividades

- Se debe determinar la capacidad que el vehículo de tren de aseo

A través de una fórmula se conoce la capacidad que debe tener el tren de aseo municipal, por medio del volumen de la caja del vehículo utilizado actualmente en ( $m^3$ ) y el peso volumétrico de los desechos sólidos en el vehículo ( $kg/m^3$ ) datos obtenidos en el pesaje. A continuación, se define la fórmula:

$$C = V * Pv$$

C = Capacidad del vehículo en kg

V = volumen de la caja del vehículo  $m^3$

Pv = peso volumétrico de los residuos sólidos en el vehículo en  $kg/m^3$

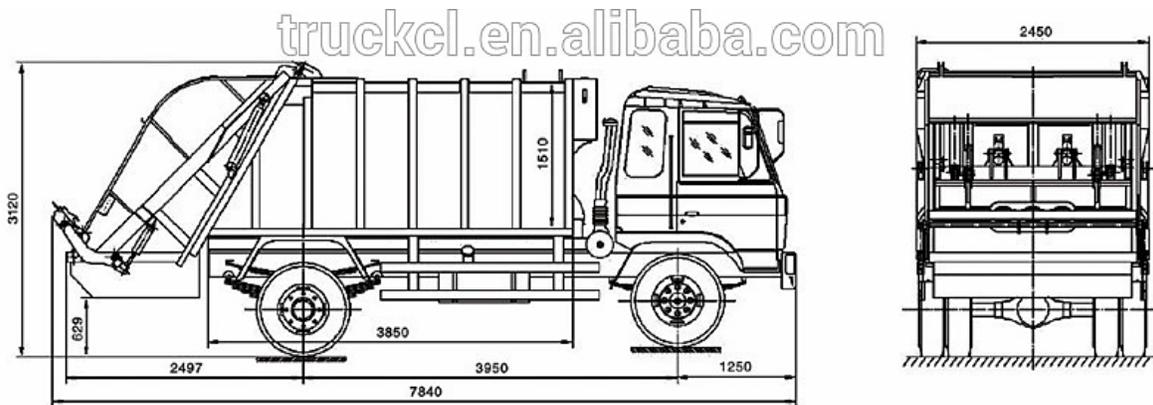
$$C = 4.38 m^3 * 212.12 kg/m^3$$

$$C = 929 kg$$

El vehículo tiene una capacidad de 929 kg por cada viaje que realiza, actualmente, para el barrido de calle se desarrolla solo un viaje por día.

- Diseño del tren de aseo que cumpla con las condiciones

La propuesta de un vehículo que cumpla con las condiciones necesaria para el traslado de los residuos y desechos sólidos es para brindar un mejor servicio de tren de aseo municipal, en la minimización de viaje, eficiencia en el recorrido, mayor capacidad de traslado.



**Nota:** Con base a ISUZU Guatemala

<b>Modelo</b>	Camión para basura FAW/compactador FAW/camión para basura comprimido FAW	
	Capacidad (Largo x ancho x alto)	6150*2494*2800 mm = 42 m <sup>3</sup>
<b>Vehículo principales</b>	<b>dimensiones</b>	
	Base de rueda (mm)	3800
	Pista de rueda (delantera/trasera) (mm)	1500/2665
	Enfoque/ángulo de salida (°)	16/10
	Peso en kg	5150
<b>Velocidad máxima de conducción (km/h)</b>		80
	Marca	Xichai
	Modelo	CA4DK1-18E3
<b>Motor</b>	Tipo de	Inyección directa de 4 tiempos, 6 cilindros en línea con refrigeración por agua, turbo carga e inter refrigeración

Potencia de caballo	180 (HP)
La norma de emisión	Euro III
Desplazamiento	4.78L
Máxima potencia de salida	132kw

### **3.1.3 Línea de acción No. 3: Aprovechamiento y disminución de los residuos y desechos sólidos.**

La propuesta para el aprovechamiento y disminución de los residuos sólidos, se presenta como alternativa proyectos que permitan el reciclaje, reutilización y comercialización de los residuos desechos sólidos.

#### **Objetivos:**

- ✓ Utilizar los residuos orgánicos del casco urbano del municipio para la creación de abono orgánicos.
- ✓ Almacenar los desechos inorgánicos recuperables para previa comercialización con empresas de reciclaje.
- ✓ Implementar programas sobre reutilización de desechos inorgánicos recuperables.

#### **Proyectos:**

##### **1. Taller para la creación de abonos orgánicos.**

#### Actividades:

- Capacitación sobre creación de abonos orgánicos
- Informar a la población sobre las actividades a realizar
- Programar y agendar las actividades
- Gestionar para las actividades
- Ejecución de los abonos orgánicos

#### Responsables:

- UGAM
- Municipalidad de San Lorenzo
- Habitantes en general

Presupuesto:

Descripción	Costo por unidad	Costo Total
Botes plásticos	Q30.00 / bote	Q450.00
Expositor	Q1,000.00 / personal	Q3,000.00
Lapiceros	Q13.00 / caja	Q130.00
Alquiler de sillar	Q1.00 c/u	Q100.00
Alquiler de cañonera	Q200.00	Q200.00
<b>TOTAL</b>		<b>Q3,880.00</b>

**3.1.4 Línea de acción No. 4: Diseño de la planta de tratamiento de desechos sólidos y relleno sanitario para el casco urbano del municipio.**

**Objetivos:**

- ✓ Diseñar el estilo de una planta de tratamiento de desechos sólidos para la orientación de un perfil de estudio.
- ✓ Determinar las fases que deben integrar una planta de tratamientos de desechos sólidos.

Actividades:

**1. Localización**

Se propone la ubicación de la planta de tratamiento de los desechos sólidos y relleno sanitario entre las coordenadas 14°26'53.08" Norte y 91°31'16.94" Oeste, ubicado en Aldea La Soledad del municipio de San Lorenzo Suchitepéquez a 4 kilómetros al sur del casco urbano. Se encuentra a 164 metros sobre el nivel del mar. Está limitado al norte con el Cantón Naranjales, al sur con la Finca Panorama,

al este con la Finca la Gloria y Santo Domingo Suchitepéquez y al oeste con la Finca Monte Carmelo.

## 2. Diseño de la planta de tratamiento

**Figura 1**

*DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS.*



## 3. Fases que contiene la planta de desechos solidos

### 3.1 Bodega de almacenamiento de material recuperable

Las dimensiones de la bodega fueron calculadas con base en la densidad del material inorgánico recuperable ( $137.84 \text{ kg/m}^3$ ) y la proyección mensual del último año (volumen) mensual siendo de: 28,034.89 kilogramos/mes.

### **3.2 Cámaras de compostaje 1 y 2**

Para establecer las dimensiones de las cámaras de compostaje se utilizó el dato de proyección mensual del último año del material orgánico (volumen), siendo de 51,457.37 kilogramos/año y la densidad de los desechos orgánicos de 339.90 kg/m<sup>3</sup>. Se va requerir un total de 8 cámaras para procesar un promedio de 80 toneladas/año de desechos orgánicos, durante el período de vida. Ubicando 4 cámaras en la fase 1 y 4 cámaras en la fase 2.

### **3.3 Patio de maduración**

Las medidas para el patio de maduración, se calcularon en base a la producción de compost para el año 2039 siendo de 185,246.54 kilogramos, y la densidad de los desechos orgánicos de 338.90 kg/m<sup>3</sup>. Esta área tendrá el mismo nivel de las cámaras y estará situada a un costado de la segunda fase, con techo y sin paredes en los costados.

### **3.4 Relleno Sanitario**

Determinando un área total de 3,974 m<sup>2</sup>, por lo que se establecieron las unidades de medidas de 63 metros de largo por 63 metros de ancho y 10 metros de profundidad.

Para la presente propuesta en la etapa de ejecución de una planta de desechos sólidos se requerirá un perfil de estudio y un proyecto de prefactibilidad, que incluya el estudio técnico, financiero y de mercado. En la fase de construcción se requerirá un ingeniero civil para los planos con las dimensiones y medidas a implantar.



## V. BIBLIOGRAFIA

- **Sánchez, Javier (2018).** Residuos sólidos y su clasificación. Obtenido de Ecología verde. Consultado en agosto 2,019. Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/que-son-los-residuos-solidos-y-como-se-clasifican-1537.html>.
- **González Cristhian (2016).** Diseño de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos para la finca agrícola Hamburgo, San Felipe, Retalhuleu. (Trabajo de Graduación). Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario del Sur Occidente, Consultado el 15 de septiembre de 2019. Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6155/1/22%20Tg%28729%29IGAL%20%20%20CRISTIAN%20GONZ%C3%81LEZ%20ESPINOZA.pdf>.



Mazatenango 17 de febrero de 2021

Lic. Luis Carlos Muñoz López  
Director  
Centro Universitario del Suroccidente

Respetable Señor Director:

De la manera más atenta, me dirijo a usted para referirle el Informe Final de Trabajo de Graduación titulado **“Evaluación del manejo de los residuos y desechos sólidos del casco urbano del municipio de San Lorenzo Suchitepéquez”**, de la estudiante **Jaky Melissa Santay Rivera** con carné número **201540929**, de la Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

Con base en el dictamen favorable emitido y suscrito por el revisor del informe, el cual fue corregido de acuerdo a las recomendaciones indicadas.

Por lo tanto, en mi calidad de Coordinadora de la Carrera, me permito solicitarle el **IMPRIMASE** respectivo para que el estudiante continúe con el proceso de mérito y pueda presentarlo en el Acto Público de Graduación.

Sin otro particular

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes  
Coordinadora de Carrera  
Ingeniería en Gestión Ambiental Local  
CUNSUROC





Mazatenango, Suchitepéquez, 12 de octubre de 2020.

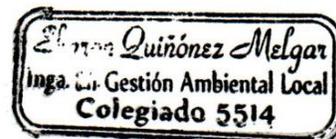
MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes  
Coordinadora de carrera  
Ingeniería en Gestión Ambiental Local  
CUNSUROC

Apreciable MSc. Pérez:

Muy respetuosamente me dirijo a usted, para informarle que de acuerdo al artículo 9 del Normativo de Trabajo de Graduación de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, he realizado la revisión y observaciones de la Investigación titulada: "Evaluación del manejo de los residuos y desechos sólidos del casco urbano del municipio de San Lorenzo Suchitepéquez" presentada por la estudiante: Jaky Melissa Santay Rivera, quien se identifica con CUI 3386 09350 1001 y número de carné 201540929.

Por lo tanto, en mi calidad de revisora le informo que después de realizar el proceso que se me fue asignado y verificar la incorporación de las observaciones por parte de la estudiante a la investigación, procedo a dar visto bueno al documento para que se continúe con el proceso de mérito.

Respetuosamente, se despide de usted, atentamente,



---

MSc. Sharon Ivelisse Frisselene Quiñónez Melgar  
Revisora de Trabajo de Graduación  
IGAL-CUNSUROC



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Centro Universitario del Suroccidente  
Ingeniería en Gestión Ambiental Local



Mazatenango, Suchitepéquez; 25 de noviembre de 2019

Coordinadora de carrera  
Ingeniería en Gestión Ambiental Local  
CUNSUROC-USAC  
Presente

Respetable Licenciada:

Respetuosamente me dirijo a usted para presentarle el informe final de investigación inferencial titulado **“EVALUACIÓN DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN LORENZO SUCHITEPÉQUEZ”**, presentado por la estudiante **Jaky Melissa Santay Rivera, carné 201540929**. Desarrollado en el Ejercicio Profesional Supervisado de la Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, EPSIGAL durante el período del 15 de febrero al 15 de agosto de 2,019.

El motivo de la presente es para solicitar que a través de su persona se considere la asignación de un revisor final y sea llevado a cabo el proceso correspondiente para ser considerado como trabajo de graduación.

Se suscribe de usted, atentamente,

Ing. Allan Castro Czech  
Asesor de EPSIGAL  
Ingeniería en Gestión Ambiental Local  
CUNSUROC



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE  
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ  
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

**CUNSUROC/USAC-I-09-2021**

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,  
Mazatenango, Suchitepéquez, el quince de marzo dos mil veintiuno\_\_\_\_\_

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del Asesor y Revisor, se autoriza la impresión del Trabajo de Graduación Titulado: **“EVALUACIÓN DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN LORENZO SUCHITEPÉQUEZ”**, de la estudiante: Jaky Melissa Santay Rivera. Carné **201540929** CUI: 3386 09350 1001 de la Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

Lic. Luis Carlos Muñoz López  
Director



**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**Centro Universitario del Suroccidente**  
**Ingeniería en Gestión Ambiental Local**



Mazatenango, Suchitepéquez; 25 de noviembre de 2019