



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN PARA GESTIONAR LOS RESIDUOS SÓLIDOS,  
QUE PERMITA PROLONGAR LA VIDA ÚTIL DEL ÁREA DE DISPOSICIÓN FINAL EN EL  
ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ**

**Evelio Nicolás Mendoza Juarez**

Asesorado por la Msc. Ing. Carlos Adrián Barrios de León

Guatemala, abril de 2022



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN PARA GESTIONAR LOS RESIDUOS SÓLIDOS,  
QUE PERMITA PROLONGAR LA VIDA ÚTIL DEL ÁREA DE DISPOSICIÓN FINAL EN EL  
ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**EVELIO NICOLÁS MENDOZA JUAREZ**

ASESORADO POR LA MSC. ING. CARLOS ADRIÁN BARRIOS DE LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, ABRIL DE 2022



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Federico Mijangos Martínez
EXAMINADORA	Inga. Nora Leonor García Tobar
EXAMINADORA	Inga. María Martha Wolford Estrada
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN PARA GESTIONAR LOS RESIDUOS SÓLIDOS,  
QUE PERMITA PROLONGAR LA VIDA ÚTIL DEL ÁREA DE DISPOSICIÓN FINAL EN EL  
ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 27 de febrero de 2021.

**Evelio Nicolás Mendoza Juarez**







EEPFI-PP-0091-2022

Guatemala, 12 de enero de 2022

Director  
César Ernesto Urquizú Rodas  
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial  
Presente.

Estimado Ing. Urquizú

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN PARA GESTIONAR LOS RESIDUOS SÓLIDOS QUE PERMITA PROLONGAR LA VIDA ÚTIL DEL ÁREA DE DISPOSICIÓN FINAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ.**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Servicios públicos municipales - Propuesta de mejoramiento de los servicios públicos municipales**, presentado por el estudiante **Evelio Nicolas Mendoza Juarez** carné número **200818867**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Ingeniería Para El Desarrollo Municipal.

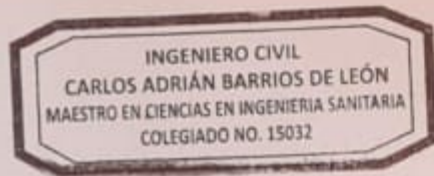
Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

Mtro. Carlos Adrián Barrios De León  
Asesor(a)

Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque  
Coordinador(a) de Maestría



Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería







EEP-EIMI-0091-2022

El Director de la Escuela Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN PARA GESTIONAR LOS RESIDUOS SÓLIDOS QUE PERMITA PROLONGAR LA VIDA ÚTIL DEL ÁREA DE DISPOSICIÓN FINAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ.**, presentado por el estudiante universitario **Evelio Nicolas Mendoza Juarez**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
Director  
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, enero de 2022



LNG.DECANATO.OI.287.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN PARA GESTIONAR LOS RESIDUOS SÓLIDOS, QUE PERMITA PROLONGAR LA VIDA ÚTIL DEL ÁREA DE DISPOSICIÓN FINAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ**, presentado por: **Evelio Nicolás Mendoza Juarez**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada ★

Decana

Guatemala, abril de 2022

AACE/gaoc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por darme la vida, la sabiduría y permitirme realizar una más de mis metas.
<b>Mis padres</b>	Eliseo Mendoza y Micaela Juárez, por haberme traído al mundo y guiado a través de él, mi eterno agradecimiento por su apoyo para hacer realidad este sueño.
<b>Mis hermanos</b>	Bernardino y Eliseo Mendoza, por su apoyo y compañía durante mi vida.
<b>Mi esposa e hijo</b>	Sorayda y Elian Mendoza, por su apoyo y comprensión. Son mi motivación de vida.
<b>Mis abuelos</b>	Nicolás Juárez, Juana Morales, Bernardino Mendoza (q. d. e. p.) y María Cholotío (q. d. e. p.), por sus sabias enseñanzas y consejos durante toda mi vida.
<b>Familia y amigos</b>	Por su apoyo, compañía y afecto.





## AGRADECIMIENTOS A:

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser la <i>alma mater</i> que me permitió nutrirme de conocimientos.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por proporcionarme los conocimientos que me han permitido realizar este trabajo de graduación.
<b>Municipalidad de San Juan La Laguna</b>	Por brindarme la información necesaria para realizar este diseño de investigación.
<b>Mis amigos</b>	Por acompañarme durante la carrera.
<b>Mi asesor</b>	Msc. Ing. Carlos Adrián Barrios de León, por guiarme durante el trabajo de graduación.
<b>Asesor de seminarios</b>	Msc. Ing. Marvin Eduardo Mérida Cano quien bondadosamente me ayudó a lo largo de la investigación.
<b>Familia y amigos en general</b>	Por su apoyo, compañía y afecto.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XVII
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	5
2.1. Investigaciones anteriores .....	7
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
4. JUSTIFICACIÓN .....	19
5. OBJETIVOS.....	23
5.1. General.....	23
5.2. Específicos .....	23
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN .....	25
7. MARCO TEÓRICO.....	27
7.1. Residuos .....	27
7.1.1. Residuos sólidos urbanos .....	27
7.1.2. Características de los residuos sólidos urbanos.....	28

7.1.3.	Clasificación de residuos sólidos urbanos por su composición .....	28
7.1.3.1.	Residuos orgánicos .....	29
7.1.3.2.	Residuos inorgánicos .....	29
7.1.3.3.	Residuos inorgánicos no reciclables ...	29
7.2.	Plan de gestión de residuos sólidos urbanos .....	30
7.2.1.	Generación .....	30
7.2.2.	Almacenamiento .....	30
7.2.3.	Recolección y transporte .....	31
7.2.4.	Tratamiento de los residuos sólidos urbanos .....	32
7.2.4.1.	Tratamiento físico .....	32
7.2.4.1.1.	Separación manual .....	32
7.2.4.1.2.	Separación mecánica ..	33
7.2.4.2.	Tratamiento biológico .....	33
7.2.4.2.1.	Digestión aeróbica .....	34
7.2.4.2.2.	Digestión anaeróbica ...	34
7.2.4.3.	Tratamiento térmico .....	34
7.2.4.3.1.	Incineración .....	34
7.2.5.	Disposición final de los residuos sólidos urbanos ...	35
7.2.5.1.	Botadero o vertedero .....	35
7.2.5.2.	Empresas recicladoras .....	35
7.2.5.3.	Relleno sanitario .....	36
7.3.	Caracterización de los residuos sólidos urbanos .....	36
7.3.1.	Método de cuarteo .....	37
7.3.2.	La muestra y su cálculo .....	39
7.3.3.	Producción per cápita .....	41
7.3.4.	Densidad .....	42
7.4.	Modelo económico para reducir la generación de los residuos sólidos urbanos .....	44

7.4.1.	Las Tres “R” .....	44
7.4.1.1.	Reducir.....	45
7.4.1.2.	Reutilizar .....	46
7.4.1.3.	Reciclar .....	47
7.4.2.	La economía circular.....	47
7.4.2.1.	Importancia .....	48
7.4.2.2.	Beneficios .....	52
7.5.	Publicidad efectiva.....	54
7.5.1.	¿Qué es publicidad? .....	54
7.5.2.	Aspectos importantes para hacer publicidad.....	54
7.5.3.	Canales de divulgación .....	55
7.5.3.1.	Publicidad online .....	55
7.5.3.2.	Publicidad offline .....	56
7.5.4.	Medios de representación visual y audiovisual .....	56
7.5.4.1.	Qué es una infografía.....	57
7.5.4.2.	Qué es un cortometraje.....	58
7.6.	Diagrama de flujo del proceso .....	60
7.6.1.	Simbología.....	60
7.6.2.	Procedimiento de realización del diagrama.....	61
7.7.	Legislación guatemalteca relacionado a residuos sólidos urbanos .....	63
7.8.	Situación de los residuos sólidos urbanos en San Juan La Laguna .....	64
7.9.	Propuestas de manejo de residuos sólidos en área de disposición final .....	65
7.9.1.	Participación ciudadana.....	65
7.9.2.	Reciclaje desde la fuente de generación.....	66
7.9.3.	Área de compostaje .....	68

7.9.4.	Planta de selección y clasificación de residuos sólidos no peligrosos .....	69
7.9.5.	Legislación municipal .....	71
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	73
9.	METODOLOGÍA .....	77
9.1.	Tipo de estudio.....	77
9.2.	Fases del estudio .....	77
9.3.	Fase 1. Exploración bibliográfica.....	78
9.4.	Fase 2. Métodos y técnicas de recolección de datos .....	78
9.4.1.	Diagnóstico de las circunstancias de operación del área de disposición final de los residuos sólidos ....	78
9.4.1.1.	Recopilación de la información técnica del área de disposición final de residuos sólidos .....	79
9.4.1.2.	Entrevistas a colaboradores del área de disposición final .....	80
9.4.1.3.	Entrevista a personal administrativo de la oficina municipal encargada del área de disposición final .....	80
9.4.1.4.	Visita de las instalaciones del área de disposición final .....	81
9.4.1.5.	Creación del diagrama de operaciones del proceso actual.....	82
9.4.1.6.	Análisis del proceso diagramado y retroalimentación de los colaboradores	82
9.4.2.	Caracterización de los residuos sólidos.....	83
9.4.2.1.	Conformación de equipos de trabajo ..	83

9.4.2.2.	Determinar equipo y herramientas e instalaciones .....	83
9.4.2.3.	Cálculo de la muestra.....	83
9.4.2.4.	Selección e identificación de la muestra e identificación.....	83
9.4.2.5.	Recolección de las muestras.....	84
9.4.2.6.	Análisis de las muestras.....	86
9.4.2.7.	Prueba de composición.....	88
9.4.2.8.	Prueba de densidad .....	92
9.4.3.	Diseño de campañas y actividades de divulgación de buenas prácticas de manejo de los residuos sólidos .....	93
9.4.3.1.	Contenido de la campaña audiovisual .	93
9.4.3.2.	Diseño de material visual (infografía o pancartas) .....	94
9.4.3.3.	Reclutar voluntarios para la personificar el material audiovisual.....	94
9.4.3.4.	Contratar empresa productora y diseño gráfico .....	94
9.4.3.5.	Grabación de las campañas audiovisuales .....	95
9.4.3.6.	Impresión y exhibición de las pancartas .....	95
9.4.4.	Procesos y técnicas para perfeccionar la manipulación de los residuos sólidos .....	95
9.4.4.1.	Recopilación de la información técnica de áreas de disposición final de residuos sólidos de otros municipios del departamento (por definir) .....	96

9.4.4.2.	Visitar las instalaciones del área de disposición final de los municipios seleccionados (por definir) del departamento de Sololá.....	96
9.4.4.3.	Análisis de información recabada .....	96
9.4.4.4.	Determinar procesos y maquinaria utilizada en otros municipios de Guatemala y en otros países .....	97
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS.....	99
11.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....	101
11.1.	Recurso humano.....	101
11.2.	Recurso tecnológico.....	102
11.3.	Recurso físico .....	102
11.4.	Costo económico por recurso.....	104
	REFERENCIAS.....	107
	APÉNDICES .....	117
	ANEXOS .....	123



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Fracción en cruz.....	37
2.	Método de cuarteo .....	38
3.	Cálculo de la muestra .....	41
4.	Cálculo de la PPC .....	42
5.	Cálculo de la densidad .....	44
6.	Pirámide de gestión de residuos .....	67
7.	Boleta de campo .....	85
8.	Cálculo del porcentaje por tipo de residuo .....	91
9.	Volumen del recipiente.....	92

### TABLAS

I.	Simbología ASME .....	61
II.	Características relevantes del área de disposición final .....	79
III.	Observación del proceso de manipulación de los residuos sólidos .....	82
IV.	Identificación de las viviendas .....	84
V.	Registro de pesos por vivienda .....	87
VI.	Inventario de la generación por día .....	88
VII.	Pesos por tipo de residuo.....	89
VIII.	Registro de datos para la densidad.....	93
IX.	Recurso humano.....	101
X.	Recurso tecnológico.....	102
XI.	Material de oficina .....	102

XII.	Material y equipo para la caracterización .....	103
XIII.	Material bibliográfico de consulta .....	104
XIV.	Otros recursos.....	104
XV.	Costo general del estudio .....	105

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>H</b>	Altura
<b>cm</b>	Centímetro
<b>cm<sup>3</sup></b>	Centímetro cúbico
<b><math>\rho</math></b>	Densidad
<b>d</b>	Diámetro
<b>e</b>	Error muestral o de estimación máximo aceptado
<b>°</b>	Grados
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>g</b>	Gramo
<b>g/cm<sup>3</sup></b>	Gramo por centímetro cúbico
<b>h</b>	Hora
<b>=</b>	Igual que
<b>Kg</b>	Kilogramo
<b>Kg/m<sup>3</sup></b>	Kilogramo por metro cúbico
<b>Km</b>	Kilómetro
<b>lb</b>	Libra
<b>M</b>	Masa
<b>m</b>	Metro
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>mm</b>	Milímetro
<b><i>n</i></b>	Muestra
<b><i>z</i></b>	Nivel de confianza
<b>N/A</b>	No aplica

<b>N</b>	Población total
<b>%</b>	Porcentaje
<b><i>p</i></b>	Probabilidad de éxito del evento
<b><i>q</i></b>	Probabilidad de fracaso del evento
<b>Q</b>	Quetzales
<b>s</b>	Segundos
<b>V</b>	Volumen

## GLOSARIO

<b>AIDIS</b>	Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.
<b>Aleatorio</b>	Someter algo al azar o la suerte, no tiene certeza. No se toma en cuenta ningún criterio específico.
<b>ANAM</b>	Asociación Nacional de Municipalidades.
<b>ASME</b>	American Society of Mechanical Engineers.
<b>Biodegradable</b>	Que puede degradarse o descomponerse por medio de agentes biológicos; tales como hongos y bacterias.
<b>Biológico</b>	Aquello que emplea agentes netamente naturales.
<b>Clasificar</b>	Dividir y ordenar por clase una cosa o elementos de un grupo considerando un criterio específico.
<b>Combustible</b>	Materia con capacidad de arder con facilidad.
<b>Combustión</b>	Reacción química resultado del contacto de un material combustible, el oxígeno y una fuente de calor.

<b>Compost</b>	Fertilizante obtenido a partir de la descomposición de residuos sólidos orgánicos, la tierra y la cal.
<b>Compostaje</b>	Proceso controlado mediante el cual se transforman los materiales orgánicos para obtener compost.
<b>Contenedor</b>	Recipiente resistente; destinado para depositar y facilitar el manejo de los residuos sólidos.
<b>Cuarteo</b>	Acción de dividir un cuerpo o materia en cuatro partes.
<b>Degradación</b>	Cambios biológicos o de descomposición que reducen y desgastan las cualidades inherentes de un objeto.
<b>Descomposición</b>	Putrefacción de los materiales orgánicos o vegetales muertos. Separar un todo en partes o elementos.
<b>Disposición</b>	Acción necesaria de colocar o poner un objeto de manera conveniente y determinada.
<b>Estadística</b>	Ciencia que analiza datos numéricos para obtener predicciones y conclusiones de un fenómeno.
<b>Extrínseco</b>	Que viene del exterior, no primordial. Externo a la naturaleza de una cosa pero que se puede adquirir.

<b>Gestión</b>	Conjunto de acciones para dirigir y administrar un proyecto, conseguir o resolver una cosa.
<b>Inerte</b>	Materia que carece de vida, incapaz de reaccionar.
<b>Inflamable</b>	Materia que prende en llamas fácilmente.
<b>Inherente</b>	Característica esencial y permanente de un ser u objeto; inseparable por ser parte de su naturaleza.
<b>Intrínseco</b>	Característica propia de un objeto, que lo expresa por sí misma sin depender de las circunstancias.
<b>Lixiviado</b>	Percolación o desplazamiento de líquidos a través de residuos sólidos depositados, arrastrando elementos y formando líquidos residuales, comúnmente tóxicos.
<b>MARN</b>	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
<b>Material</b>	Aquello que posee masa, volumen y energía, sujeto a transformarse y sufrir cambios en el tiempo.
<b>Material virgen</b>	Material no utilizado, no consumido previamente, ni transformado. Que no contiene materiales reciclados.
<b>Método</b>	Forma ordenada y sistemática de proceder para obtener un resultado o fin establecido.

<b>min</b>	Minutos
<b>MSPAS</b>	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.
<b>Per cápita</b>	Por cada cabeza, por persona o individuo.
<b>PPC</b>	Producción per cápita.
<b>PROARCA</b>	Programa Ambiental Regional para Centroamérica.
<b>Procesamiento</b>	Someter una cosa a un proceso de transformación.
<b>Proceso</b>	Cadena de actividades con un orden específico, interrelacionadas y con un objetivo determinado.
<b>Sanitario</b>	Relacionado a la sanidad, características higiénicas o de limpieza de un objeto.
<b>s.f.</b>	Sin fecha
<b>SEMARNAT</b>	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
<b>s.n.</b>	Sin número
<b>s.v.</b>	Sin volumen
<b>Sostenibilidad</b>	Satisfacer necesidades actuales sin comprometer los recursos de las generaciones futuras. Explotación que garantiza condiciones de



conservación y sin poner en riesgo la existencia futura de los recursos naturales.

**USAID**

U.S. Agency for International Development.

**WWF**

World Wild Fund for Nature.



## RESUMEN

La investigación plantea desarrollar un plan para gestionar de manera sustentable los residuos sólidos que se generan en el área urbana del municipio de San Juan La Laguna, ubicado en el departamento de Sololá.

Actualmente la falta de un plan vuelve la gestión de los residuos sólidos un proceso indefinido, desde la recolección hasta la disposición final. La imprecisión de este proceso viene desde las viviendas que no seleccionan ni clasifican los residuos sólidos que generan; contribuyendo al problema la mala recolección, ocasionando acumulación de residuos sólidos heterogéneos en el área de disposición final, causando que en las instalaciones no exista un buen manejo de los residuos sólidos y propiciando la reducción de su vida útil.

Con el estudio se dispone diseñar actividades para sensibilizar a la población sobre la importancia de la recolección, manejo y clasificación de los residuos sólidos, adjunto a esto se realizará el estudio de caracterización de los residuos sólidos con el fin de: conocer el porcentaje de producción de residuos orgánicos, inorgánicos y los subproductos que componen los residuos inorgánicos; a la vez conocer la producción per cápita de residuos sólidos en el área urbana del municipio de San Juan La Laguna del departamento de Sololá. Sectorizar las instalaciones que ocupa el área de disposición final y plantear otros métodos implementados en otros municipios que puedan mejorar la gestión del área de disposición final y puedan ser replicados en el municipio de San Juan La Laguna.

Es importante diseñar el plan para gestionar los residuos sólidos debido a que su mala gestión ocasiona malos olores, focos de fauna nociva, contaminación del medio ambiente y generación de gases de efecto invernadero; principalmente Metano (CH<sub>4</sub>), que provoca el calentamiento global y el cambio climático.

El diseño de la investigación consta de actividades de educación y crear conciencia en la población; hacia la práctica de buenas costumbres de manejo de los residuos sólidos desde sus hogares que permita reducir la cantidad de residuos sólidos sin clasificar al área de disposición final. La información recolectada mediante la caracterización de los residuos sólidos dará una visión sobre qué acciones implementar para reducir su generación, formas de tratamiento y aprovechamiento. Este estudio podrá ser base para iniciar con los requerimientos del Acuerdo Gubernativo Número 164-2021 “Reglamento para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes”, publicado el 10 de agosto de 2021 que para el cumplimiento de sus fines involucra a las municipalidades.

# 1. INTRODUCCIÓN

Con el estudio se dispone a desarrollar un plan de gestión sustentable para el manejo adecuado de los residuos sólidos generados en el área urbana del municipio de San Juan La Laguna, ubicado en el departamento de Sololá. La carencia de un plan para gestionar los residuos sólidos en el municipio; dificulta el diseño de un proceso definido para su manejo y disposición final, aunado a la poca sensibilidad de los generadores de residuos sólidos; provocan que el área de disposición final acumule grandes cantidades de todo tipo de residuos sólidos sin clasificar; generando malos olores, contaminación de fuentes de agua y focos de fauna nociva.

Se requiere iniciar la sensibilización y concientización de la población sobre la importancia de seleccionar y clasificar los residuos sólidos desde sus hogares; esto mediante campañas visuales y audiovisuales con contenidos relacionados con las Tres R y Economía Circular. Juntamente con la disposición de un espacio para almacenar temporalmente los residuos sólidos ya clasificados y seleccionados en las instalaciones del área de disposición final; evitará que se incorpore con los residuos sólidos sin homologar; reducirá la acumulación desordenada y contribuirá al aumento de la vida útil del área de disposición final.

Los aportes del estudio consisten en: diseño del procedimiento para el correcto manejo de los residuos sólidos en el área de disposición final, esquema para aprovechar mejor las instalaciones del área de disposición final, la caracterización de los residuos sólidos, establecer canales de divulgación de información sobre clasificación y reciclaje de los residuos sólidos y plantear procedimientos implementados en otros municipios del departamento de Sololá,

otros departamentos o países, que complementen el procedimiento de disposición final o tratamiento de los residuos sólidos.

Los resultados esperados son: planteo del procedimiento sugerido de manejo de los residuos sólidos para los colaboradores municipales encargados del área de disposición final, junto a su diagrama de flujo de operaciones, ordenamiento de espacios para cada tipo de residuo sólido para mejorar la administración, el orden y el control del área de disposición final, cuantificar la cantidad y calidad de residuos sólidos que se generan en el municipio e ingresan diariamente al área de disposición final, reducción de la cantidad de residuos sólidos sin separar ni clasificar desde los hogares, disponer de información de alternativas que mejoren la operación del área de disposición final y puedan ser implementados a mediano o largo plazo por la municipalidad.

La metodología para la recolección de los datos consistirá en: solicitar la información técnica del área de disposición final a la oficina municipal correspondiente, entrevistar a los colaboradores operativos y administrativos encargados del área de disposición final para conocer sus experiencias y actividades, visitar las instalaciones que ocupa el área de disposición final de los residuos sólidos; esta información será útil para realizar el diagnóstico de la operación del área de disposición final. Posteriormente se realizará: el cálculo de la muestra empleando la fórmula para poblaciones finitas y el método de cuarteo, el estudio de caracterización para conocer el porcentaje de producción de residuos orgánicos, inorgánicos, los subproductos que componen los residuos inorgánicos, la densidad y la producción per cápita, las campañas de sensibilización consistirán en la creación de infogramas y cortometrajes en la lengua tz'utujil con subtítulos en español. Las técnicas para mejorar la gestión del área de disposición final consistirán en visitas a otras áreas de disposición final

de municipalidades del departamento de Sololá para recabar información de procesos y prácticas replicables en el municipio en estudio.

Es factible la realización del estudio debido que se contará con el apoyo de la municipalidad de San Juan La Laguna, quien proporcionará parte del recurso humano y financiero, y el resto lo sufragará el estudiante.

La estructura del presente documento consta de tres capítulos, el capítulo uno corresponderá al contenido bibliográfico que fundamenta la investigación e inducirá al lector en el contexto del estudio. El capítulo dos consistirá en el desarrollo del estudio y la puesta en marcha de la metodología, este capítulo corresponde a las actividades que se llevarán a cabo para la recolección de los datos. El capítulo tres corresponderá a la presentación de los resultados para cada uno de los objetivos específicos planteados, se presentarán cuadros y diagramas estadísticos que representan la situación del municipio en relación con los residuos sólidos y, finalizando con la discusión y análisis de estos datos.





## 2. ANTECEDENTES

A inicios del siglo XXI la tecnología ha tenido un avance acelerado, esta tecnología está involucrada en casi todas las actividades de los seres humanos, entre ellas podemos mencionar: el transporte, la salud, la recreación, la producción de alimentos, la manufactura, la comunicación, la construcción de infraestructuras civiles, entre otras. Junto al avance de la tecnología ha habido progreso, desarrollo y cambios en nuestras condiciones de vida. Sin embargo, existe una contraparte, el costo sobre el ambiente social y natural; empleo de los recursos renovables del planeta a una velocidad mayor a la capacidad de generación, los niveles de consumo elevados y la creciente generación de residuos sólidos.

Mendoza (2012) afirma que: “La generación de los residuos sólidos es parte de la actividad humana y, la carencia de controles sobre ello puede perjudicar la vida del planeta Tierra y nuestras condiciones de vida” (p.35). “Para evitar problemas irreversibles a nuestro planeta es necesario clasificar, reciclar o reintegrar los residuos sólidos a otros procesos que sean de beneficio para el ambiente” (Mendoza, 2012, p.19).

La gestión adecuada significa transformar los residuos sólidos en recurso o materia prima para otras actividades productivas. “La clasificación, la reutilización y el reciclado de los residuos sólidos son un medio para conservar los recursos naturales de nuestro planeta y reducir los efectos sobre el ambiente” (Mendoza, 2012, p.18).

“Las buenas prácticas de reducción y reciclaje de los residuos sólidos junto a la sensibilización ciudadana y, los servicios de recolección y disposición municipal resultan en el desarrollo sustentable” (González, 2012, p.45). “El desarrollo sustentable requiere la inclusión de los ciudadanos practicantes del consumo responsable para disminuir la tasa de generación de residuos sólidos y, los gobiernos municipales implementar políticas que fortalezcan la educación y la cultura ambiental” (Zamora, 2013, p.31).

Zamora (2013) resalta otra actividad importante del desarrollo sustentable como:

(...) determinar las cualidades de los residuos sólidos por medio de la caracterización para entender las dimensiones de producción, manejo y disposición o colocación final. La caracterización obtiene datos relacionados al volumen y composición de los residuos sólidos generados en una zona previamente seleccionada para tal estudio, estos datos proporcionan una perspectiva del impacto negativo que podría tener sobre nuestro medio ambiente sino se controla. (Zamora, 2013, p.80)

Países desarrollados como Alemania y Estados Unidos cuentan con procesos definidos para manipular los residuos sólidos, en ella participan todos los actores como alternativa para prevenir y reducir consecuencias negativas hacia el ambiente. Ninguna práctica es mejor que otra, dado que las acciones establecidas están alineadas a necesidades y prioridades tanto sociales, como económicas, capacidad tecnológica y de ingeniería.

Explica Zamora (2013) que: “La ineficiente manipulación de los residuos sólidos incluye el aumento de la población y la escasa percepción de la sociedad sobre los riesgos ambientales donde pueden los residuos sólidos asociarse” (p.1). Un proyecto sobre residuos sólidos prospera si ésta es socializada desde

la perspectiva de necesidad y no una imposición hacia la sociedad. “El problema de los residuos sólidos se resuelve con acciones combinadas de toda la sociedad, es decir, incluye a las municipalidades como autoridad local, los establecimientos educativos y los habitantes del municipio (Zamora, 2018, p.107).

Mendoza (2012) afirma: “Una buena gestión logra disminuir las cantidades de residuos sólidos dispuestos en los rellenos sanitarios, recuperar un porcentaje de los costos mediante la venta de los residuos reciclables y emplear otros medios de transformación o tratamiento” (p.31).

## **2.1. Investigaciones anteriores**

Los residuos sólidos son un tema universal debido que independientemente de nuestra actividad productiva o recreativa, nuestras actividades generan residuos sólidos, es inherente a nosotros. En Guatemala, específicamente en los departamentos se han realizado investigaciones relacionados a la problemática que conlleva su mala administración, clasificación o disposición, de los cuales se puede citar:

Castañeda (2019) realizó el estudio de investigación *Plan municipal de manejo de desechos sólidos para el casco urbano del municipio de Puerto Barrios, departamento de Izabal*. En su análisis incluye la creciente población del casco urbano, las deficiencias presentes en el servicio de la recolección y el transporte. La problemática estudiada se centra en la contaminación ambiental, las enfermedades generadas por los desechos, los botaderos clandestinos y la contaminación visual. La investigación es de tipo no experimental ya que no hubo manipulación de variables, descriptivo debido que su objeto es describir la

realidad del municipio y, cualitativa dado que fue mediante la observación y la experiencia. La técnica utilizada es la encuesta y la entrevista a los involucrados.

La información recabada de las encuestas determinó que un porcentaje alto de la población paga a una entidad privada la recogida de la basura desde sus hogares, otros la queman o la deposita en otro lugar, o simplemente la entierran sin tratar. El servicio de recolección tiene un costo mensual por familia de Q 31.93. El autor concluye que el 61 % de la población urbana del municipio que paga un servicio de recolección privado refleja una deficiente cultura en la disposición final y conciencia ambiental. El pago promedio de la población de hasta Q. 35.00 por la recolección de su basura; sería útil para la comuna municipal para adquisición de maquinaria y contratación de operarios. El 50 % de los residuos es material orgánico, a partir de ello la recomendación de construir una planta de compostaje.

Morales (2016) realizó un diseño de investigación titulado *Propuesta de un tren de aseo para desechos sólidos en el casco urbano del municipio de Patzicía, departamento de Chimaltenango*. La investigación se desprende por la proliferación de varias fuentes de acumulación de “desechos sólidos” en varias calles y avenidas de Patzicía ocasionando el bloqueo de los tragantes de 4 zonas. Se evidenció que el origen del problema es la poca conciencia de los transeúntes que no almacenan o recogen su basura y se deshacen de ella en la vía pública. La investigación realizada es documental dado que refiere las leyes guatemaltecas sobre desechos sólidos y, descriptivo por presentar la realidad de la problemática.

Este autor expone la necesidad de implementar esta metodología para limpiar calles y recoger materiales desechados en los espacios comunes del municipio, dado que contribuirá a reducir gradualmente los problemas

relacionados a las inundaciones en las calles, se garantiza la asignación de un vehículo para transportar los desechos sólidos hacia una planta para su clasificación y disposición. También propone la asignación de personas para realizar la labor de recolección y proveerles el equipo necesario para que puedan realizar esta labor de forma segura.

Otro estudio acerca de desechos sólidos atribuido al aumento poblacional, la creciente actividad productiva y la carencia de un diseño de gestión es el planteado a la municipalidad de Tejutla en el departamento de San Marcos. Ramos (2018) considera que el insuficiente financiamiento resulta en una inapropiada administración de los residuos sólidos. Expone la ineficiencia presente en el servicio dispuesto y encargado de recolectar los residuos sólidos, y que obliga a algunos vecinos a disponer de ellos por sus propios medios, como: enterrándolo en sus propios terrenos, quemándolo, depositándolo en lugares cercanos a bosques o creando botaderos clandestinos. La investigación consiste en proponer un programa de gestión integral de los desechos sólidos para el municipio de Tejutla que incluye mejorar las condiciones del servicio encargado de recolectar, tratar y manipular de cada tipo de desecho, también busca fomentar la cultura e involucrar a los habitantes de la localidad a las buenas prácticas ambientales.

El autor concluye que para la correcta administración de los desechos sólidos; es una necesidad implementar el programa para mejorar su tratamiento desde las residencias, tratar los residuos sólidos orgánicos mediante el compost, reciclar el papel y el cartón, los plásticos, los metales, el vidrio y, para el material inorgánico establecer un relleno sanitario.

Guerra (2018) estudió la situación de un centro de acopio clandestino de desechos sólidos formado dentro de un camión abandonado en el área antigua

del campo de la feria en el barrio la Democracia en el municipio de Jutiapa, el problema se formula a partir de la conducta de los vecinos quienes utilizan el camión como depósito de basura sin control, provocando contaminación que afecta a centros de estudio y hogares aledaños. La investigación es de carácter explorativo dado que es un plan piloto en el municipio; de campo dado que fue necesario realizar cuestionarios a estudiantes de los centros educativos afectados; cualitativo, debido que el investigador realizó las actividades de caracterización. La investigación consiste en diseñar un plan integral destinado a manejar correctamente los desechos sólidos, iniciando desde la recolección hasta como disponerlas en el área destinada para ello.

La propuesta busca reducir, clasificar, comercializar (lo que aplique) y acondicionar su disposición final. El estudio propone reducir el origen de la fuente de los residuos sólidos, utilizando productos o artículos reutilizables; retornabilidad, mediante el reciclado y la composta; disposición final, contar con un vertedero controlado. El diseño del plan involucra a los vecinos y las diferentes entidades de la municipalidad para crear educación ambiental e implementar el servicio de recolección y relleno sanitario.

En México se han realizado estudios similares, la presentada por Sánchez (2007) es un diseño para gestionar los residuos sólidos urbanos [RSU] de forma integral, en el estado de Hidalgo; en los municipios de Actopan, San Salvador y El Arenal. La investigación incluye el estudio de la condición real de cómo se manejan los residuos sólidos, su caracterización o composición y las condiciones socioeconómicas del poblado y sus culturas. El diseño considera mejorar los procesos administrativos, educativos y tecnológicos.

Así como la jerarquización de los RSU promoviendo el reciclaje y la transformación. La investigación es de tipo documental, explicativa y de campo,

debido que se basó mediante reuniones con empresas privadas e instituciones educativas, ferias ambientales, consultas de investigaciones científicas, entre otras. La investigación concluye que es una necesidad establecer un “relleno sanitario” y reforzar los controles que se tienen respecto a disposición de los RSU, así mismo el autor recomienda que la operación que se realiza para la disposición final de los RSU debe realizarse en espacios y condiciones adecuadas para contrarrestar, disminuir y evitar daños hacia el ambiente.





### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El área de disposición final de residuos sólidos del área urbana del municipio de San Juan La Laguna del departamento de Sololá, tiene una deficiente gestión y administración dado que no existe un plan de gestión sustentable para el manejo de los residuos sólidos que coadyuve a fortalecer su operatividad y extienda su vida útil.

La cantidad de habitantes del municipio está en aumento y paralelamente la expansión y ocupación del territorio urbano. En el año 2,000 el municipio estaba dividida en ocho cantones los cuales eran: Central, Xakal, Tza'n jaay, Cuchilla, Tza'n juyu', Chik'ua', Panoxti'n y Chinimaya, actualmente existen 12 cantones, los nuevos cantones creados son: San Juanerita, el Carmen, la Esperanza y Siete Vueltas. Estos nuevos cantones están asentados en las periferias de la cabecera municipal.

Con el crecimiento de la población también aumenta proporcionalmente la generación de los residuos sólidos en la cabecera municipal. La creciente generación de residuos sólidos compromete la capacidad del área de disposición final del municipio. En los últimos 10 años las autoridades municipales han trasladado aproximadamente tres veces el espacio de disposición final de residuos sólidos a otros sitios municipales en las afueras de la zona poblada de la cabecera municipal de San Juan La Laguna. La primera ubicación fue en el cantón Chik'ua, actualmente removida completamente; la segunda ubicada en el área denominada Panatz'aam actualmente existe, pero sin operar. La tercera ubicación se localiza en el área de Xe'kajnon; actualmente en operación y objeto de estudio.

El traslado constante de las áreas de disposición final de los residuos sólidos; podría ser los efectos acumulados de varios factores tanto internos como externos a ella, podemos mencionar: la carencia de procedimientos para el manejo adecuado de los residuos sólidos, la condición deficiente de las instalaciones de disposición final, equipo inadecuado, falta de sensibilización de la población y la poca disponibilidad de las autoridades municipales.

En primera línea, la inexistencia de un procedimiento definido para el manejo de los residuos sólidos fomenta el desconocimiento e inadecuada operación de los colaboradores del área de disposición final. Al no haber un procedimiento, no existen programas de capacitación de los colaboradores en el tema de los residuos sólidos. Las tareas que realizan diariamente son dadas mediante instrucciones verbales, los cuales se vuelven subjetivos dado que los colaboradores las ejecutan según su capacidad de comprensión.

La deficiente condición de las instalaciones del área de disposición final dificulta la operatividad y manejo de los residuos sólidos. Actualmente todos los residuos recolectados llegan a esta área incorporados; es decir, los residuos orgánicos van mezclados con los inorgánicos, se deposita en los espacios con menos ocupación de residuos sólidos, existe desorden, descontrol y acumulación de residuos sólidos sin clasificar. No existen espacios para depositar y separar temporalmente los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos, lo reciclable y no reciclable, el cartón y el PET, entre otros. Las instalaciones no están cercadas completamente dando lugar a que los animales domésticos lleguen en busca de alimentos; generalmente los perros y proliferación de fauna nociva que pueden volverse un foco de transmisión de enfermedades y de contaminación hacia las familias cercanas.

El equipo inadecuado para la recolección y almacenamiento temporal de los residuos sólidos dificultan su clasificación y separación en el área de disposición final. Los colaboradores no cuentan con equipo de protección personal tales como: botas, casco, guantes, gafas, uniforme, entre otros; que puedan salvaguardar su integridad física, su salud y permita manipular los residuos sólidos con seguridad y sin riesgos. También existe insuficiente número de palas, rastrillos y depósitos para trasladar, recoger y almacenar los residuos sólidos.

Finalmente, la autoridad municipal no cuenta con la suficiente inversión o financiamiento para este problema, posible conformismo o desinterés hacia las condiciones en que opera el área de disposición final de los residuos sólidos del municipio. La carencia de campañas de educación y creación de conciencia para el manejo, clasificación y reciclado de los residuos sólidos hacia la población obstaculiza un medio vital para mejorar el proceso general de recolección y disposición final de los residuos sólidos.

Los factores antes mencionados generan efectos negativos como: la incorrecta disposición final de los residuos sólidos, la inoperatividad del proceso general y el incorrecto manejo de los residuos sólidos.

La incorrecta disposición final de los residuos sólidos provoca descontrol, desorden y acumulación de residuos sólidos sin clasificar en las instalaciones destinadas para ello. Los residuos sólidos depositados y sin homologar acumulan líquidos lixiviados que se derraman en el suelo y generan malos olores, provocando el deterioro de los suelos y contaminación del ambiente.

La inexistencia de un procedimiento definido para gestionar los residuos sólidos en el área de disposición final vuelve inoperable el proceso de manejo,

tratamiento y disposición final adecuada de los residuos sólidos. La inoperatividad afecta las capacidades de los colaboradores y se pierde la oportunidad de: a) mejorar sus conocimientos y habilidades en el correcto manejo de los residuos sólidos, b) lograr los objetivos establecidos, c) aumentar el compromiso y los esfuerzos para mitigar y reducir la cantidad de residuos sin clasificar y d) minimizar la segregación incorrecta de los residuos sólidos.

La incorrecta recolección, en parte, es consecuencia de una mala o, no práctica de clasificación y separación de los residuos sólidos desde los hogares del municipio. La falta de conciencia sobre el manejo correcto de los residuos sólidos provoca insensibilidad, indiferencia y desconocimiento de la población hacia las demás etapas que conforman el proceso de manejo de los residuos sólidos hasta su disposición final. La mayoría de la población supone que su deber es cumplir con recolectar desde el hogar la basura, despacharla a las personas encargadas de la recolección municipal y pagar la tarifa establecida para su recolección. Desde ese momento se desentiende y consideran que los demás procedimientos son atribuciones y trabajo de la administración municipal.

Todas estas consecuencias hacen ineficiente la operación del área de disposición final de residuos sólidos, hay desorden, descontrol y poca clasificación de los residuos sólidos; acortando su vida útil. Otro efecto de los residuos sólidos sin clasificar es su acumulación hasta el punto de que no es factible realizar su separación, ocupa espacio por un largo tiempo limitando la capacidad del área de disposición final. Una alternativa implementada para reducir la acumulación de los residuos sólidos es su incineración a cielo abierto; sin embargo, se vuelve un foco de contaminación del aire y el ambiente.

Es posible mejorar las condiciones de operación y alargar la vida útil del área de disposición final; si desde los hogares los residuos sólidos son

clasificados y separados, y se reacondicionan sus instalaciones. Idealmente el área de disposición final debe ser utilizada única y exclusivamente para aislar y confinar los residuos sólidos que de ninguna forma pueden ser reciclados ni aprovechados, no debe ser utilizado solo para almacenar y acumular las diferentes clasificaciones de residuos sólidos.

Derivado de lo anterior se formulan las siguientes preguntas:

#### Principal

¿Cuál es el plan más adecuado para gestionar sustentablemente el manejo de los residuos sólidos que se genera en el área urbana del municipio de San Juan La Laguna, departamento de Sololá?

#### Secundarias

- ¿Cómo opera actualmente el área de disposición final de residuos sólidos del área urbana del municipio de San Juan La Laguna, departamento de Sololá?
- ¿Qué tipo de residuos sólidos ingresan al área de disposición final del área urbana del municipio de San Juan La Laguna, departamento de Sololá?
- ¿Cuáles campañas o actividades pueden ser orientadas a la educación, concientización y práctica del correcto manejo de los residuos sólidos en el área urbana del municipio de San Juan La Laguna, departamento de Sololá?
- ¿Qué procesos y técnicas se deben aplicar para perfeccionar el manejo de la disposición final de los residuos sólidos del área urbana del municipio de San Juan La Laguna, departamento de Sololá?



## **4. JUSTIFICACIÓN**

La realización de la presente investigación se justifica en la línea de investigación de Servicios e Infraestructura Municipal, en la sublínea de Propuesta de mejoramiento de los servicios públicos municipales de la Maestría en Ingeniería para el Desarrollo Municipal.

Los aportes principales de la investigación consisten en: diseñar el procedimiento adecuado de gestión del área de disposición final de los residuos sólidos, debido que no se cuenta con un proceso definido. Esquema sectorizado para aprovechar mejor las instalaciones del área de disposición final de los residuos sólidos, útil para reducir la acumulación de los residuos sólidos sin clasificar. Caracterizar los residuos sólidos que se generan en el casco urbano del municipio, dado que se desconoce y carece de este estudio. Establecer canales de divulgación de información sobre clasificación y reciclaje de los residuos sólidos para propiciar la concientización, responsabilidad e impacto sobre el medio ambiente. Plantear algunos procedimientos o técnicas implementadas en otros municipios del departamento de Sololá, otros departamentos u otros países, que aporten valor al proceso de disposición final o tratamiento de los residuos sólidos.

Lo anterior conforma la estructura del plan para gestionar sustentablemente los residuos sólidos en el área urbana del municipio de San Juan La Laguna localizado en el departamento de Sololá.

Los resultados que se esperan de estos aportes son los siguientes: Un diagrama de operaciones como instrumento visual y de fácil entendimiento del proceso que deben seguir los colaboradores municipales encargados del área de disposición final para lograr homogenizar o estandarizar las actividades. Fijar espacios definidos para cada tipo de residuo sólido (orgánico, inorgánico, papel/cartón, reciclable y no reciclable) que permita mejorar la gestión, la administración, el orden y el control del área de disposición final de los residuos sólidos. Obtener información objetiva para determinar y cuantificar la cantidad de residuos sólidos que se generan en el municipio e ingresan diariamente al área de disposición final.

Así mismo, conocer el porcentaje de producción de residuos orgánicos, inorgánicos, los subproductos que componen los residuos inorgánicos, la densidad y la producción per cápita, y, que esta información sea un precedente útil para realizar otros estudios sobre residuos sólidos en el municipio. Reducción paulatina de la cantidad de residuos sólidos sin clasificar, concientizar y promover las buenas prácticas de recolección y clasificación de los residuos sólidos desde los hogares. Disponer de información de alternativas de gestión del área de disposición final que puedan ser implementadas a mediano o largo plazo en el municipio, que coadyuven al logro de la eficiencia en la operación y disposición de los residuos sólidos.

El plan beneficia directamente a la municipalidad de San Juan La Laguna mediante la mejora en la organización y administración del área de disposición final de residuos sólidos que permita extender su vida útil; a la población del municipio de San Juan La Laguna, mediante una recolección más eficiente de sus residuos sólidos; al medio ambiente mediante la reducción de los residuos sólidos sin clasificar o reciclar, así se reduce o evita su contaminación. Otros beneficios del plan son: evitar los costos por concepto de planificación y apertura



de nuevas áreas de disposición final de residuos sólidos a corto plazo; eliminar el desorden y acumulación de los residuos sólidos sin clasificar desde los hogares, mejorar las condiciones de trabajo de los colaboradores o recolectores municipales de residuos sólidos.

En el plan se contempla determinar un proceso adecuado y técnicas para perfeccionar la manipulación de los desechos sólidos dentro del área de disposición final y en el municipio. A futuro puede contribuir y convertirse en un instrumento precedente para la formulación e implementación de un plan de gestión integral de los residuos sólidos en la localidad.



## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

Diseñar un plan de gestión sustentable encaminado al correcto manejo de los residuos sólidos que se generan en el área urbana del municipio de San Juan La Laguna, departamento de Sololá.

### **5.2. Específicos**

- Diagnosticar en qué circunstancias opera el área de disposición final de residuos sólidos del área urbana del municipio de San Juan La Laguna, departamento de Sololá.
- Caracterizar los residuos sólidos generados en el área urbana del municipio de San Juan La Laguna, departamento de Sololá.
- Diseñar campañas y actividades de divulgación enfocadas en las buenas prácticas de manejo de los residuos sólidos, encaminados a concientizar y educar sobre las buenas prácticas de clasificación y reciclado de los residuos sólidos en el área urbana del municipio de San Juan La Laguna, departamento de Sololá.
- Determinar el proceso y técnicas para perfeccionar el manejo de la disposición final de los residuos sólidos del área urbana del municipio de San Juan La Laguna, departamento de Sololá.



## **6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN**

La investigación se enfoca en el desarrollo de un plan de gestión sustentable para el manejo adecuado de los residuos sólidos generados en el área urbana del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.

No se cuenta con un proceso definido sobre cómo se gestionan los residuos sólidos en el área de disposición final, efecto de ello se acumula todo tipo de residuos sólidos sin clasificar. Es necesario realizar el estudio de caracterización de los residuos sólidos debido que este estudio permitirá cuantificar la cantidad que se genera, la composición, la densidad y la producción per cápita de los residuos sólidos.

Carecer de información proporcionada por el estudio de caracterización, limita visualizar la magnitud del problema, evita iniciar acciones e implementar métodos para gestionar los residuos sólidos.

La investigación propone iniciar con el proceso de clasificación y separación de los residuos sólidos desde las viviendas e ir involucrando a la población a la solución del problema de la acumulación de residuos sólidos sin clasificar en el área de disposición final.

La incorrecta disposición final de los residuos sólidos provoca contaminación del medio ambiente; mediante la generación de malos olores y contaminación de los suelos; por el derrame de líquidos lixiviados.

Los residuos sólidos no gestionados evitan acciones para su tratamiento, su acumulación es acelerada y acortan la vida útil del área de disposición final. Por lo que su clasificación y separación, algunas propuestas de tratamiento como el compostaje y el reciclaje se logrará disminuir la cantidad de residuos que llegan al relleno sanitario.

La iniciativa está dirigida a la municipalidad de San Juan La Laguna que podrá implementarla como primer paso para el cumplimiento del Acuerdo Gubernativo Número 164-2021 Reglamento para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes.

## **7. MARCO TEÓRICO**

### **7.1. Residuos**

La palabra residuo se deriva del latín *residuum* que significa resto o lo que queda en el fondo. En la lengua española se define como: “a) Una fracción o parte de un todo, b) el efecto de la descomposición o destrucción de algo, c) materia inservible posterior a su empleo en un trabajo u operación” (Real Academia Española, 2019, párrafo 1).

Con base en el artículo 3 que contiene las definiciones del Acuerdo Gubernativo Número [AGN] 164-2021 publicado en el Diario de Centro América el 10 de agosto de 2021, Reglamento para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes se define residuo como aquello que reúne estas características: “Material producido por las actividades humanas, descartado por el que lo genera, pero que sí posee valor intrínseco o extrínseco, por lo que su destino debe ser el aprovechamiento” (p.2).

#### **7.1.1. Residuos sólidos urbanos**

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] (2015) de México describe que los “residuos sólidos urbanos” se generan en: “(...) las casas, establecimientos o en la vía pública, producto ya sea de los materiales sobrantes de actividades domésticas, comerciales o de limpieza, o que son desechos de los productos de consumo y/o de sus envases, embalajes o empaques” (p.22).

### **7.1.2. Características de los residuos sólidos urbanos**

TemasAmbientales (2018) publicó en la web el 20 de marzo algunas particularidades de los residuos sólidos se describen como:

- Inertes: no transforman ni afectan física, química o biológicamente otros materiales o residuos al tener contacto con ellos. Por ejemplo: vidrio, plástico, cerámicas y ripio.
- Fermentables: se descomponen y son fuentes de nutrientes, además pueden generar gases. Por ejemplo, restos de alimentos y de jardinería.
- Combustibles: capaces de liberar energía al entrar en combustión. Ejemplo: textiles, papel, Cartón, *tetrapack*, madera, cuero y hule.
- Tóxicos: al tener contacto con estos materiales; pueden provocar enfermedades tanto para las persona como para organismos vivos.
- Inflamables: facilidad de desprender llamas inmediatamente durante el transporte o causar un incendio debido a la fricción.

### **7.1.3. Clasificación de residuos sólidos urbanos por su composición**

La clasificación de los residuos sólidos se realiza tomando en consideración sus características, como se producen u originan, el tipo de materia y el tiempo que este tarda en degradarse o descomponerse.



### **7.1.3.1. Residuos orgánicos**

El Programa Municipal para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Base Cero del Gobierno de Guadalajara (2018) expone que los residuos orgánicos son: “Todo aquel residuo que proviene de la materia viva y que por sus características es fácilmente degradable a través de procesos biológicos” (p.73).

### **7.1.3.2. Residuos inorgánicos**

Los residuos inorgánicos generalmente son de origen industrial o producto de procesos no naturales. Por residuo inorgánico se entiende; “Todo aquel residuo que no proviene de la materia viva y que por sus características estructurales se degrada lentamente a través de procesos físicos, químicos o biológicos” (Gobierno de Guadalajara, 2018, p.73). Estos residuos, expuestos a condiciones naturales; su descomposición y desintegración toman más tiempo comparado con el tiempo que emplean los residuos sólidos.

### **7.1.3.3. Residuos inorgánicos no reciclables**

La Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental [AIDIS] (2018) define los residuos inorgánicos no reciclables como: “la fracción de los residuos de origen doméstico que se obtiene una vez se separa en todos los componentes solicitados, como son reciclables (papel, cartón, plásticos, entre otros envases), orgánicos, vidrio, u otros” (p.59).

## **7.2. Plan de gestión de residuos sólidos urbanos**

“Un plan para gestionar residuos sólidos urbanos es un sistema con base en los fundamentos de la sostenibilidad ambiental, conlleva realizar diferentes procesos, pero interdependientes” (AIDIS, 2018, p.36). También sugiere que: cada proceso debe contar con un programa de actividades esenciales para conseguir los objetivos planteados.

Generalmente los planes de gestión de residuos sólidos urbanos la constituyen los siguientes procesos:

### **7.2.1. Generación**

Los residuos sólidos se generan durante y en casi todas las actividades que ejercemos las personas, sean estas actividades productivas, de recreación, de salud, de alimentación, entre otras. Producir residuos sólidos es parte inherente de la humanidad.

AIDIS (2018) refiere: “La migración, urbanización, mayores ingresos personales y familiares presionan la demanda de bienes y servicios, esto es, el consumo, y con ello, un creciente aumento en la generación y composición de los residuos sólidos” (p.7). El consumismo representa adquirir o acaparar productos o servicios que no son de primera necesidad, esta práctica contribuye a generar y acumular residuos sólidos de forma desmedida.

### **7.2.2. Almacenamiento**

El almacenamiento es:

La acción de colocar y preparar los residuos sólidos en contenedores adecuados según su clasificación o composición. Preferiblemente desde el almacenamiento el usuario debe saber qué recipientes utilizar para disponer, clasificar y separar los residuos sólidos. La tendencia actual es separar en dos fracciones pueden ser: húmedos y secos, orgánicos e inorgánicos o reciclable y no reciclable. (AIDIS, 2018, p.57)

Posteriormente implementar una tercera o cuarta clasificación.

### **7.2.3. Recolección y transporte**

La recolección consiste en recoger los residuos sólidos desde la fuente donde fueron generados y llevarlos hacia un punto específico. AIDIS (2018) se refiere a la recolección como:

Medios que facilitan la recogida de los residuos de competencia de los municipios, desde el punto de entrega donde el usuario los ubica, (...) hasta (...) una estación de transferencia, una planta de tratamiento (...) o la disposición final en un relleno sanitario. (p.60)

Según Márquez (2011) la recolección:

Comprende el conjunto de operaciones de carga-transporte-descarga desde los puntos de recogida hasta que son descargados en la estación de transferencia, lugar de tratamiento o vertedero.

El transporte considera los medios y la infraestructura de las unidades o vehículos utilizados para recolectar y el trasladar los residuos sólidos. El transporte comprende todas las actividades, medios e

instalaciones necesarias para trasladar los residuos a lugares alejados de los puntos de generación. (Márquez, 2011, p.62)

#### **7.2.4. Tratamiento de los residuos sólidos urbanos**

El artículo 3 del AGN 164-2021 especifica el tratamiento como: “Procesamiento de los residuos sólidos comunes, a través del empleo de sistemas mecánicos, químicos, térmicos o una combinación de estos; orientados a la minimización o eliminación de su riesgo sanitario y ambiental, a la reducción de su tamaño o volumen”.

El Programa Municipal para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Base Cero del Gobierno de Guadalajara (2018) concibe el tratamiento como: “El procedimiento mecánico, físico, químico, biológico o térmico, mediante el cual se cambian las características de los residuos sólidos y se reduce su volumen o peligrosidad” (p.74).

##### **7.2.4.1. Tratamiento físico**

El tratamiento físico consiste en separar los residuos sólidos por su composición, en ninguna fase se modifican sus componentes. Es una etapa previa para realizar otros tratamientos; como el tratamiento biológico o térmico.

##### **7.2.4.1.1. Separación manual**

AIDIS (2018) afirma que la separación selectiva manual es:

La manipulación y diferenciación de los componentes de los residuos sólidos según su tipo, que es realizada por una persona; los residuos

sólidos recuperados son clasificados y destinados para un uso o beneficio posterior.

La separación manual se puede realizar desde las fuentes que generan los residuos sólidos, a este procedimiento un buen sistema para recolectar y transportar garantizará la recuperación de residuos sólidos. Esta acción también la realizan los recicladores por las aceras de las calles, buscando en contenedores o vertederos; es una actividad informal, sin embargo, aporta altos niveles de recuperación. (AIDIS, 2018, p.76)

#### **7.2.4.1.2. Separación mecánica**

La separación selectiva mecánica según AIDIS (2018) consiste en:

Proceso automatizado para la clasificación y separación de los residuos sólidos, en este caso estos procesos se concentran en plantas de separación y aprovechamiento. Este tipo de separación puede incluir procesos semiautomáticos y automáticos. En las plantas semiautomáticas pueden participar personas en la separación selectiva de los materiales inorgánicos en la banda de separación, mientras que en las plantas automáticas no puede haber personas dado que emplean procesos mecánicos, ópticos y magnéticos. (AIDIS, 2018, pp. 77-78)

#### **7.2.4.2. Tratamiento biológico**

Este tratamiento es exclusivo para materiales orgánicos. “A nivel Latino América representa el 60 % del total de los residuos sólidos domésticos, (...) su inadecuada disposición presenta afectaciones ambientales ocasionados por la generación de lixiviados y emisión de biogás” (AIDIS, 2018, p.81).

#### **7.2.4.2.1. Digestión aeróbica**

La digestión aerobia es definida por AIDIS (2018) como: “Proceso natural, en el cual intervienen microorganismos que requieren de oxígeno para descomponer, digerir o degradar la materia orgánica transformándola en un material estable y mineralizado conocido como compost” (p.82).

#### **7.2.4.2.2. Digestión anaeróbica**

La digestión aerobia es definida por AIDIS (2018) como: “El proceso de fermentación bacteriana, durante el cual los microorganismos descomponen la materia orgánica en ausencia de oxígeno libre, y el cual ocurre naturalmente en nichos ecológicos diversos” (p.85).

#### **7.2.4.3. Tratamiento térmico**

Consiste en el uso de la energía del calor para transformar los residuos sólidos. El tratamiento térmico consiste en: “cualquier proceso destinado a la transformación de los residuos mediante la aplicación de energía calorífica (incineración, pirolisis, secado, etc.). No son tratamientos finalistas pues generan residuos que han de gestionarse adecuadamente a sus características” (Ministerio para la Transición Ecológica, s.f., párrafo 1).

##### **7.2.4.3.1. Incineración**

La incineración es un tratamiento que bajo condiciones controladas se logra reducir los residuos en cenizas. “Cualquier proceso para reducir el volumen y descomponer o cambiar la composición física, química o biológica de un residuo

sólido, líquido o gaseoso, mediante oxidación térmica” (Gobierno de Guadalajara, 2018, p.71).

### **7.2.5. Disposición final de los residuos sólidos urbanos**

En el artículo 3 del AGN 164-2021, la “disposición final” se define como: “Aislamiento o eliminación definitiva de desechos sólidos comunes o de productos generados durante su tratamiento, por medio de tecnologías que garanticen la ausencia o el estricto control del riesgo sanitario y ambiental” (p.2).

#### **7.2.5.1. Botadero o vertedero**

Gobierno de Guadalajara (2018) lo define así: “Es el sitio cuya finalidad es la recepción de los residuos sólidos urbanos y que por sus características de diseño no puede ser clasificado como relleno sanitario” (p.74). Es decir, un vertedero no tiene las características mínimas de un relleno sanitario.

#### **7.2.5.2. Empresas recicladoras**

En la página web de QuimiNet (2012) se expone que las empresas recicladoras son: compañías de reciclaje que promueven el reciclaje, fomentan la separación de desechos, lo apoyan y además difunden el impacto de la contaminación. La actividad primordial (...) es procesar los desechos, es decir, se dedican a recolectar desechos específicos para someterlos a procesos que los reduzcan a su material básico para luego emplear este material realizando artículos nuevos. (QuimiNet, 2012, párrafo 3)

### **7.2.5.3. Relleno sanitario**

Gobierno de Guadalajara (2018) describe un relleno sanitario como: “Obra de infraestructura que involucra métodos y obras de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, con el fin de controlar a través de la compactación e infraestructura adicionales los impactos ambientales” (p.72).

El artículo 3 del AGN 164-2021 lo define como: “Conjunto de obras de ingeniería que permite la disposición final de los desechos sólidos, sistemática, por medio de su acomodo, compactación y recubrimiento sanitario con materiales inertes, así como el control permanente de las emisiones generadas por el sistema” (p.2).

### **7.3. Caracterización de los residuos sólidos urbanos**

El artículo 3 del AGN 164-2021 propone la siguiente definición: “Estudio técnico por medio del cual se obtiene una estimación de la cantidad generada, la composición y la densidad de los residuos y desechos sólidos que son generados dentro de una jurisdicción territorial” (p.2).

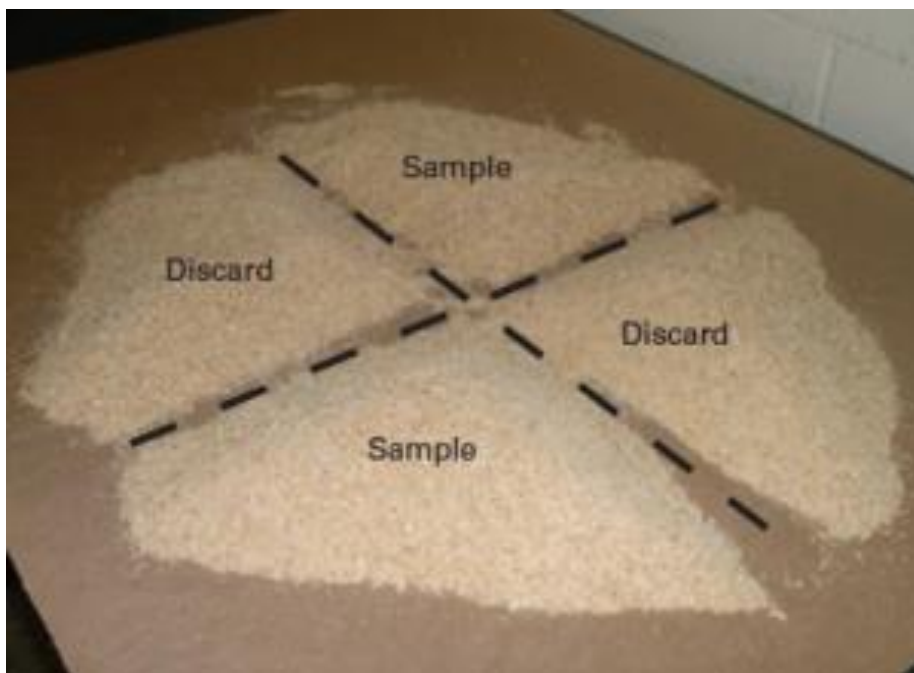
El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales [MARN] (2018) en su *Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes*, describe que: “para iniciar con un programa municipal para gestionar integralmente los residuos y desechos sólidos, se requiere realizar un estudio de las características de los residuos. Este estudio consiste en conocer la generación, composición y densidad de los residuos a nivel municipal” (p.6). Esta información determinará el diseño técnico para implementar o adoptar el sistema para recolectar, transportar y disponer finalmente los residuos sólidos.



### 7.3.1. Método de cuarteo

El método de cuarteo es un método de muestreo, que consiste en reducir la cantidad a analizar o estudiar. Describe De la Riva (2021) que el método de cuarteo es tomar una muestra pequeña pero representativa de una muestra grande y poco homogénea, el método consiste en mezclar la muestra, luego se fracciona en cruz, se selecciona y se eliminan dos partes opuestas, como se plantea en la figura 1. Si la muestra final sigue de mayor tamaño, se repite el procedimiento hasta lograr que el tamaño de muestra sea el ideal (muestra menor).

Figura 1. Fracción en cruz



Fuente: Quijandría (s.f.). *El cuarteo—un muestreo representativo*.

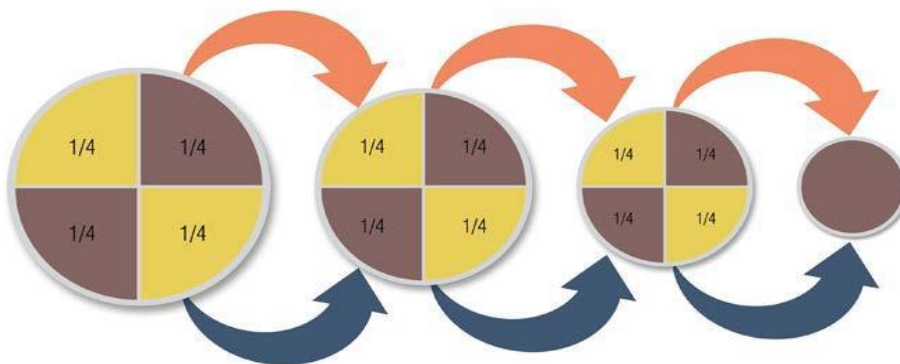
Consultado el 09 de octubre de 2021.

Recuperado de <http://www.r-chemical.com/el-cuarteo-un-muestreo-representativo/>

El procedimiento que indica MARN (2018) en la guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes es el siguiente:

- Se vierte todo el contenido de las bolsas en un espacio donde puedan ser mezcladas, esto puede ser con ayuda de palas.
- Se fracciona de forma equitativa en cuatro partes. Ver la figura 1.
- Elegir dos partes (cuartos) opuestas y se descartan los otros dos cuartos.
- Luego se mezclan las dos partes seleccionadas y se realiza un nuevo cuarteo extrayendo otras dos partes opuestas de la muestra como en representa en la figura 2.
- Se repite el procedimiento hasta conseguir que la muestra tenga más o menos 100 lb, no se debe tomar en cuenta el peso del recipiente.

Figura 2. **Método de cuarteo**



Fuente: MARN (2018). *Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes*. Consultado el 27 de agosto de 2021.

Recuperado de <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/13193.pdf>

### 7.3.2. La muestra y su cálculo

La muestra es un término utilizado en la estadística que consiste en seleccionar una parte o fracción del total de una población que se desea estudiar, esto se realiza debido que es poco factible estudiar a toda la población; porque supone emplear más recursos materiales, humanos y tiempo, por ende, más trabajo.

López y Fachelli (2015) aportan una definición para la muestra estadística que consiste en:

Es una parte o subconjunto de unidades representativas de un conjunto llamado población o universo, seleccionadas de forma aleatoria (...) se somete a observación científica con el objetivo de obtener resultados válidos para el universo total investigado, dentro de unos límites de error y de probabilidad de que se pueden determinar en cada caso. (p.6)

El tamaño de la muestra se denota mediante la letra “ $n$ ”.

A la muestra estadística se le relaciona el muestreo estadístico, éste explica cómo llegar a conocer las particularidades de una población por medio de la selección de algunas unidades (muestra) de la población, utilizando técnicas estadísticas y diseños muestrales que permiten acercarse a las características sin tener que conseguir la información exhaustiva de toda la población (López y Fachelli, 2015).

Para realizar el cálculo de la muestra estadística es necesario abordar otros conceptos que nos permitan comprender la fórmula a emplear, tales como:

Universo o población, error muestral, intervalo de confianza y porcentajes de ocurrencia.

Universo o población: se denota con la letra  $N$ . “Son expresiones equivalentes para referirse al conjunto total de elementos que constituyen el ámbito de interés analítico y sobre el que queremos inferir las conclusiones de nuestro análisis, conclusiones de naturaleza estadística y también sustantiva o teórica” (López y Fachelli, 2015, p.7).

En las poblaciones es necesario realizar la distinción entre población finita y población infinita, en base a los estudios de López y Fachelli (2015) esto se debe al tamaño de la muestra  $n$  en relación con la población  $N$ . Una población es infinita cuando la muestra  $n$  representa menos del 5 % de  $N$ , una población es finita cuando la muestra  $n$  está por encima del 10 % de  $N$ . Otra forma más práctica es considerar que una población finita es toda población de hasta 100,000 unidades, e infinita si tiene o sobre pasa 100,000 unidades.

El error muestral: se denota con la letra  $e$ , el error muestral nos expone cuan exacto y preciso es nuestro juicio en relación de la muestra a población. También es descrito como la divergencia o alejamiento entre los valores estadísticos conseguidos de la muestra y los existentes en la población.

Intervalo de confianza: es la estimación de un parámetro de la población al considerar que existe o se comete un nivel de error. En otras palabras, el nivel de confianza es considerado como la probabilidad de conseguir un valor representativo de la población a partir de la muestra.

Porcentajes de ocurrencia: se denotan con las letras  $p$  y  $q$ . Representan el grado o proporción en que ocurrirá ( $p$ ) o no ( $q$ ) un determinado suceso, también se describen como el grado de éxito ( $p$ ) o fracaso ( $q$ ) de un suceso. La suma de

ambos debe ser 100 % o 1. Para este estudio dado que no existen estudios previos se les asigna valores de 50 %.

En la figura 3 se presenta la fórmula para determinar el tamaño “*n*” de la muestra, para el caso en estudio se toma de referencia que la población es finita; es decir, el tamaño del universo no supera las 100,000 unidades.

Figura 3. **Cálculo de la muestra**

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

Fuente: López y Fachelli (2015). *Metodología de la investigación social cuantitativa*.

Consultado el 09 de octubre de 2021. Recuperado de

[https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2017/185163/metinvsocua\\_cap2-4a2017.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2017/185163/metinvsocua_cap2-4a2017.pdf)

Donde:

*n* = Muestra

*N* = Población total (número de viviendas en el municipio)

*z* = Parámetro del nivel de confianza al 95 % (*z* = 1.96)

*p* = Probabilidad de éxito del evento (0.5)

*q* = Probabilidad de fracaso del evento (0.5)

*e* = Error muestral o de estimación máximo aceptado (5 % = 0.05)

### **7.3.3. Producción per cápita**

Zafra (2009) explica la producción per cápita [PPC] como: “la cantidad generada de residuos por un habitante por día, los métodos utilizados para estimar la PPC (número de cargas, peso-volumen y balance de masas) tienen en

cuenta la cantidad de residuos generados por día y el número de habitantes del área en estudio” (Zafra, 2009, p.121). Las unidades físicas de la PPC son Kg / [habitante\*día].

El Programa Ambiental Regional para Centroamérica [PROARCA] (2003) lo define como: “una estimación del promedio de producción de residuos sólidos generados por el sector doméstico, por persona” (p.73).

MARN (2018) en la *Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes* explica que: “el valor de la PPC inicia calculando y registrando los pesos de todas las muestras por vivienda, luego se totalizan estos pesos y, se divide entre el número total de habitantes de las viviendas de la muestra” (p.15). Posteriormente este dato es dividido entre siete (7), dado que es la cantidad de días que se recolectan las muestras.

Figura 4. **Cálculo de la PPC**

$$PCC = \left[ \frac{\text{Peso total de las muestras}}{\text{Número total de personas de la muestra}} \right] * \frac{1}{7} \text{ días}$$

Fuente: MARN (2018). *Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes*. Consultado el 27 de agosto de 2021.

Recuperado de <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/13193.pdf>

#### **7.3.4. Densidad**

La densidad es una magnitud que relaciona la masa de un material y el espacio que ocupa; es decir, su volumen. Pérez (2021) lo define como la

magnitud o capacidad de estimar la cantidad de masa existente dentro del volumen de una sustancia.

Matemáticamente se denota como  $\rho = M/V$ ; donde  $\rho$  [rho] es la densidad; M, la masa; V, el volumen y comúnmente sus unidades físicas más utilizadas son  $\text{Kg/m}^3$ ,  $\text{g/cm}^3$ .

MARN (2018) en la *Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes* propone los pasos para su cálculo:

- Se determina el volumen del recipiente (tonel) utilizando la fórmula:  $\text{Volumen} = 0.7854 \cdot d^2 \cdot H$ , donde d es el diámetro y H la altura del recipiente.
- Previo a realizar el primer cuarteado y con los residuos mezclados, el recipiente es llenado sin hacerle presión hasta llegar al borde. Para que asiente su contenido debe golpearse tres veces a 10 cm de altura del suelo.
- Se agregan más residuos al tonel hasta llegar a su capacidad.
- Estando el recipiente lleno con residuos, se pesa. Hay que recordar que no se toma en cuenta el peso del recipiente.
- La densidad se calcula mediante el formula de la figura 5:

Figura 5. **Cálculo de la densidad**

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Peso de los residuos de un tonel (Kg o lb)}}{\text{Volumen del tonel (m}^3\text{)}}$$

Fuente: MARN (2018). *Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes*. Consultado el 27 de agosto de 2021.

Recuperado de <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/13193.pdf>

- Cuando no se tengan suficientes residuos para llenar completamente el recipiente; se marca hasta que altura alcanza el contenido y se estima un nuevo volumen.

#### **7.4. Modelo económico para reducir la generación de los residuos sólidos urbanos**

El modelo económico propuesto para reducir la cantidad de residuos sólidos; consiste en el conocimiento y práctica de las Tres “R” y la Economía Circular.

##### **7.4.1. Las Tres “R”**

SEMARNAT (2015) en su guía *En un mar de residuos: el cambio necesario* expone el tema de las Tres R el cual tituló as 3 R: *una idea viejita, pero bonita* nos hace sentido que estas acciones no son nuevas, el problema es no ponerlas en práctica. “Reducir, Reusar y Reciclar son las acciones con las cuales se consigue cerrar el ciclo de los residuos, algo que beneficia al medio ambiente pero también a la economía de una localidad o de un país” (p.25).



Es un método de comprensión rápida y fácil de practicar por las personas y las comunidades. Sin embargo, nos hacen falta un poco más de actitud, compromiso y constancia para hacerlo.

#### **7.4.1.1. Reducir**

Reducir es la acción de disminuir el consumo de productos no necesarios o vitales para el usuario, que resultan generando desperdicios innecesarios (Gobierno de Guadalajara, 2018).

La reducción de residuos se refiere a disminuir la cantidad de desperdicios que producimos. Para ello es muy importante reflexionar en torno a lo que consumimos, observar nuestros residuos actuales y preguntarnos: ¿Qué hay en ellos, qué tipo de materiales estamos desechando? ¿Algunos de estos materiales pueden reutilizarse, repararse o donarse? ¿Se pueden sustituir estos productos por algunos sin empaque o con empaques de menor impacto ambiental? (SEMARNAT, 2015, p.26)

Lara (2008) explica que el consumo es un problema ecológico-ambiental en el cual: El consumo llevado a niveles actuales ha dado origen al consumismo, o sea, el consumo exacerbado, apuntalado por enormes campañas masivas de publicidad para asegurar la adquisición de todas las mercancías existentes.

El agotamiento de los recursos, la pérdida de calidad del ambiente y la pérdida de calidad de vida de los grandes grupos humanos que estamos viviendo no son gratuitos, son una contraparte del consumismo. (p. 46)

Recomienda consumir, pero conscientemente; es decir, consumir pensando en los impactos que pueden ocasionarse al medio ambiente.

#### **7.4.1.2. Reutilizar**

En nuestro medio podemos encontrar productos que cuentan con diseñados pensados para usarse en varias ocasiones, una práctica muy común hasta hace unas décadas pasadas. SEMARNAT (2015) presenta que al reutilizar los productos: "(...) ayuda a reducir los costos del manejo de los residuos. Muchos objetos de la vida diaria pueden tener más de un uso. Al reutilizar un producto, extendemos la vida útil y dejamos de emplear materiales y recursos nuevos" (p.28).

La reutilización indica Lara (2008) puede:

Ser algo más complejo que la reducción. Implica creatividad. La reducción requiere conciencia y decisión, actitud; pero la reutilización además de ello necesita de mayor definición y atención. Una vez que el objeto-mercancía ha cumplido con su función primaria, debemos darle un nuevo empleo, que en muchas ocasiones exigirá un rediseño o adecuación de los objetos y de sus empaques. (p.47)

Fernández (2019) cuestiona

¿Por qué destruir algo que nos ha costado tanto trabajo hacer? ¿Porque tirar algo que todavía sirve? Según este autor reutilizar consiste en: darles la máxima utilidad a las cosas sin necesidad de destruirlas o deshacernos de ellas, ahorrando la energía que se hubiera destinado para hacer dicho producto. (p.14)

### **7.4.1.3. Reciclar**

Gobierno de Guadalajara (2018) indica que reciclar es: “el proceso por el cual los residuos son transformados en productos nuevos, de tal manera que pierden su identidad original y se convierten en materia prima de nuevos productos” (p.72).

La acción de reciclar denota las actividades para enviar materiales que han sido excluidos o desechados por los consumidores a procesos industriales, con la finalidad de reemplazar o reducir el uso de materiales vírgenes. “Nuestro trabajo como consumidores no consisten en realizar el proceso de reciclado, pero sí separar los residuos y asegurarse que lleguen a donde deben llegar” (SEMARNAT, 2015, p.28).

El *Programa Municipal para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Base Cero* del Gobierno de Guadalajara (2018) también describe el reciclado como: “Transformación de los residuos a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico, evitando así su disposición final, (...) favorezca un ahorro de energía y materias primas sin perjuicio para la salud, los ecosistemas o sus elementos” (p.72).

### **7.4.2. La economía circular**

La economía circular es: “una filosofía que trata de crear un círculo virtuoso, donde se reincorpore a la naturaleza lo que puede ser devuelto y reincorporar al sistema o proceso productivo lo que pueda reutilizarse” (AIDIS, 2018, p.172).

El artículo 3 del AGN 164-2021 lo describe como: “Sistemas de producción y consumo que promuevan la eficiencia en el uso de materiales, teniendo en cuenta la sostenibilidad y capacidad de recuperación de los ecosistemas, el uso circular de los flujos de materiales y la extensión de la vida útil” (p.2).

Economistas sin Fronteras (2020) afirma que la economía circular es: “en contraposición al modelo de economía lineal, permite el aprovechamiento de los recursos naturales (materias primas y energía) y la reducción y recuperación de residuos, ofreciendo una oportunidad para reinventar nuestra economía, haciéndola más sostenible y competitiva” (p.16).

La economía circular busca que el valor de los productos, los materiales y los recursos se mantenga en la economía durante el mayor tiempo posible, y en la que se reduzca al mínimo la generación de residuos, buscando prevenirlos en lugar de gestionarlos (...) preserva y mejora el capital natural, optimiza el rendimiento de los recursos, y minimiza los riesgos mediante la gestión de inventarios finitos y flujos renovables, evitando así la dependencia de los recursos naturales o materias primas extraídas de la naturaleza. (AIDIS, 2018, p.174)

#### **7.4.2.1. Importancia**

La economía actualmente es la formulación o práctica de un proceso lineal, con la filosofía de crecer permanentemente sin vistas al deterioro que se está generando al medio ambiente y al aumento constante del consumo. La economía circular busca cambiar nuestra mentalidad hacia un mundo sostenible, que prioriza reducir el uso de los recursos naturales y apoyar la lucha contra la emergencia climática-ambiental. (Economistas sin Fronteras, 2020, p.7)

Cerdá y Khalilova (2016) consideran en su artículo sobre economía circular que el modelo económico lineal se basa en tres acciones «tomar, hacer, tirar» con el pasar de los años ha traído crecimiento; sin embargo, está llegando a límites físicos. La desventaja de este modelo es: confía en la disposición de grandes cantidades baratas y fácilmente accesibles de materiales y energía, además de medios baratos para deshacerse de lo que ya no interesa que ha estado en el corazón del desarrollo industrial. (p.11)

Economistas sin Fronteras (2020) categoriza la economía circular ya no como una alternativa para solucionar el problema climático y ambiental sino como una necesidad.

La economía circular se presenta ahora como una alternativa innovadora al modelo lineal. La idea-fuerza es redefinir un sistema económico esencialmente regenerativo a base de mantener los productos, componentes y materiales en su nivel más alto de utilidad y valor, (...) eliminar el despilfarro y no destruir innecesariamente los recursos. (p.8)

De la tierra se extraen los materiales, con la ayuda de la energía y la mano de obra se logra la fabricación de un producto específico que finaliza en poder de un usuario, cuando este producto ya no cumpla con las exigencias y propósitos del usuario este lo descartará.

El esquema (fabricación, producción) se ha caracterizado por la extracción incontrolada de recursos naturales, renovables y no renovables, (...) para fabricar productos que al término de su vida útil son tornados al medio ambiente como residuos y descargas o emisiones contaminantes.

Nuestro modelo económico consiste en producir, consumir y descartar; mentalizados que los recursos naturales son ilimitados y, no contamos con una visión sostenible a largo plazo. (Economistas sin Fronteras, 2020)

“La consecuencia de este esquema de producción es un incremento en las externalidades ambientales negativas y, entre otras, el agotamiento acelerado de algunos recursos estratégicos que resultan imprescindibles en la fabricación de ciertos productos” (AIDIS, 2018, p.173).

### Principios y estrategias de la economía circular

En la economía circular se hacen dos distinciones: ciclos técnicos y ciclos biológicos.

El ciclo biológico consiste en retroalimentar o devolver al sistema aquellos materiales de origen biológico; como los alimentos, la madera y otros materiales de origen natural. Con el uso de otros procesos como el compostaje, es posible regenerar los suelos que proporciona a la economía otros recursos renovables. Mientras que: el ciclo técnico consiste en emplear otros métodos para recuperar y restaurar los productos, sus componentes y materiales, estratégicamente por medio de la reutilización, reparación, remanufactura o como último recurso, el reciclaje. (Economistas sin Fronteras, 2020, p.19)

Cerdá y Khalilova (2016) nombran tres principios de la economía circular: *Principio 1.* Preservar y aumentar el capital natural, controlando los stocks finitos y equilibrando los flujos de recursos renovables, *Principio 2.* Optimizar el rendimiento de los recursos, circulando siempre productos,

componentes y materiales en su nivel más alto de utilidad, en los ciclos técnico y biológico y *Principio 3*. Promover la efectividad del sistema, haciendo patentes y proyectando eliminar las externalidades negativas. (p.12)

Los principios, para Economistas sin Fronteras (2020) equivalen a: “Diseño para la eliminación de residuos y contaminación. Alargar el tiempo de uso de productos y materiales. Regeneración de los sistemas naturales” (p.19). Y plantea sus estrategias en tres grupos:

- Productos más inteligentes mediante el uso y la fabricación
  - Rechazar. Volver un producto más redundante, es decir, que sus beneficios excedan su función principal o que haga su función, pero como un producto radicalmente diferente.
  - Repensar. Los productos deberían ser multifuncionales para que pueda dársele un uso más intensivo.
  - Reducir. Evitar el acelerado consumo de los recursos y materiales provenientes de la naturaleza en la fabricación de productos.
  
- Extender el periodo de utilidad de los productos y de sus partes
  - Reutilizar. Lograr que otro consumidor pueda utilizar un producto descartado por otro, que esté en buenas condiciones y pueda cumplir su función original.
  - Reparar. Hacer que un producto defectuoso pueda ser utilizado por un buen tiempo mediante la reparación y el mantenimiento.
  - Renovar. Hacer que un producto viejo pueda ser restaurado y actualizado.

- Remanufacturar. Utilizar los componentes de un producto descartado en otro producto con similares o diferentes funciones.
- Adaptación de materiales
  - Reciclar. Mediante otro proceso o tratamiento obtener materiales de esta o menos calidad.
  - Recuperar. Recuperar energía de aquellos materiales susceptibles a incineración.

#### **7.4.2.2. Beneficios**

Las investigaciones y conclusiones de Cerdá y Khalilova (2016) plantean que la implementación de las prácticas de la Economía Circular podremos obtener los siguientes resultados o beneficios:

- Se reducirá la cantidad y empleo de los insumos y recursos naturales:
  - Reduce la sobreexplotación de materias primas, busca dar más valor con materiales mínimos.
  - No se dependerá de la importación de recursos naturales.
  - Los recursos naturales son empleados con más eficiencia.
  - Tanto el agua como la energía, su consumo total serán reducidos.
- Los recursos energéticos, renovables y reciclables se compartirán en mayor medida:
  - Sustituir por recursos renovables aquellos recursos de origen natural que se consideren no renovables.



- Los materiales reciclables, clasificados y seleccionados sustituyen a los materiales vírgenes.
- Se amplía el ciclo de utilidad y empleo de los materiales
- Las materias primas podrán ser extraídas de forma sostenible.
  
- Las emisiones disminuyen:
  - Las emisiones se reducen sí baja la cantidad o se optimizan las materias primas.
  - El uso de materiales limpios, evitan y minimizan la contaminación.
  
- Reducir pérdidas de materiales y de residuos:
  - Los residuos y desechos no se acumulan y reduce su cuantía.
  - Evitar o reducir en lo posible incinerar los residuos o su depósito a rellenos sanitarios.
  - Reducir la pérdida de recursos reciclables o reutilizables por la disipación.
  
- Conservar en la economía el valor de productos, componentes y materiales:
  - Buscar, mantener el valor u otros usos a los productos extenderá su vida útil.
  - Las partes o componentes de un producto pueden ser reutilizados.
  - Con el reciclaje de calidad, los materiales seguirán teniendo valor dentro de la economía por más tiempo.

## **7.5. Publicidad efectiva**

Garza (2018) describe la publicidad efectiva como aquella publicidad que se sustenta en los contenidos de interés del público objetivo, estos contenidos varían según el grupo demográfico convenido. Se debe conocer bien al público objetivo en gustos, intereses y hábitos de consumo. Dependiendo del público objetivo se pueden determinar los canales y temas por divulgar.

### **7.5.1. ¿Qué es publicidad?**

Una definición propuesta por González y Prieto (2009) describe la publicidad como: “Comunicación que tiene por objeto promover entre los individuos la adquisición de bienes, la contratación de servicios o la aceptación de ideas o valores” (p.10).

### **7.5.2. Aspectos importantes para hacer publicidad**

La publicidad al igual que la comunicación contiene cinco elementos importantes y característicos como lo son: el sujeto emisor, el sujeto receptor, objeto, medio y fin de la publicidad (González y Prieto, 2009).

- Sujeto emisor: el emisor es la persona que envía el mensaje publicitario, es quien tiene el interés de hacer la publicidad. Puede ser una persona física o jurídica, lo que hace entender que cualquier persona o entidad tiene la capacidad de hacer publicidad.
- Sujeto receptor: son las personas que son el foco de atención y para quienes va dirigida el mensaje o a los que la publicidad alcance. Consiste

en el grupo objetivo al cual se enfoca conveniente y primordialmente la campaña publicitaria.

- Objeto de la publicidad: considera todos bienes muebles e inmuebles, de servicios, concesión de derechos u obligaciones, ideas y actitudes susceptibles a ser publicitados.
- Medio publicitarios: son los medios o vehículos de comunicación social que son dedicados a difundir la publicidad, estos pueden ser realizados por personas naturales como jurídicas.
- Fin de la publicidad: es el motivo u objeto de hacer publicidad, según las dependencias estas pueden ser para conseguir o aumentar ventas; atraer y conseguir público; dar a conocer una marca; crear y mejorar posición de marca; compartir conocimiento.

### **7.5.3. Canales de divulgación**

Los canales de divulgación de la publicidad son los medios publicitarios, que fundamentalmente consisten en los vehículos de comunicación social que son dedicados a difundir la publicidad, estos pueden ser realizados por personas naturales y jurídicas (González y Prieto, 2009).

#### **7.5.3.1. Publicidad online**

La publicidad online también es conocida como marketing online, Smith (citado en Ojeda, 2016) define el marketing online como: la serie de estrategias y acciones para mantenerse cerca de los clientes creando relaciones con ellos y manteniéndolos contentos y satisfechos mediante cualquier soporte de Internet.

Ese tipo de publicidad se apoya en las herramientas que proporciona el internet y sus canales son el uso del e-mail; las redes sociales como Facebook, Whatsapp, Instagram, Messenger, Youtube, entre otros, páginas web o *blogs*.

#### **7.5.3.2. Publicidad offline**

La publicidad offline es la forma convencional o tradicional de hacer publicidad, es decir, no hace uso de las herramientas de internet. Luten (citado en Ojeda, 2016) define que este tipo de publicidad se desarrolla fuera de los canales de comunicación de internet.

Kotler *et al.*, (citado en Ojeda, 2016) define la publicidad o marketing offline como un proceso estratégico utilizado por individuos o grupos para conseguir lo que necesitan por medio de la creación e intercambio de bienes y servicios con otras personas.

La publicidad offline hace uso de herramientas de comunicación como: la publicidad boca a boca, volantes y folletos, vallas, postales, ferias y convenciones empleando medios y espacios en televisión, radio, revistas, entre otros. La desventaja de este tipo de publicidad es el costo, dado que tiende a ser más oneroso que la publicidad online.

#### **7.5.4. Medios de representación visual y audiovisual**

Los medios seleccionados para representación del contenido son: la visual; como la infografía y la audiovisual; como la producción de cortometrajes.

#### **7.5.4.1. Qué es una infografía**

En la comunicación visual es de utilidad emplear la herramienta de infografía, debido que este presenta de forma resumida y explicativa la información sobre un tema determinado. Combina imágenes, textos cortos explicativos y sencillos para transmitir un conocimiento (Alba, 2015).

Minervini (2005) concibe la infografía como: “una combinación de elementos visuales que aporta un despliegue gráfico de la información. Se utiliza fundamentalmente para brindar una información compleja mediante una presentación gráfica que puede sintetizar o esclarecer o hacer más atractiva su lectura” (p.2).

Otra definición presentada por Alba (2015) refiere la infografía como: “herramienta de comunicación, ofrece a los usuarios la posibilidad de asimilar mucha información en poco tiempo, la cual resultaría tediosa y complicada de entender a través de un texto escrito” (p.4).

Este autor explica que la infografía debe tener los siguientes elementos:

- Iconos: resumen visualmente el mensaje, consisten en dibujos esquemáticos o simbólicos, deben ser claros y entendibles.
- Marca personal: pueden ser logotipos o firmas para reconocer o dar créditos a una marca.
- Tipografía: consiste en la forma diferenciadora de presentar tu marca. Las más utilizadas son los de tipo Sans o Helvética.

- Imágenes: son explicativos que los iconos, debido que pueden brindar más información explícita del tema a tratar. Procurar mantenerse un equilibrio en el diseño de las infografías.
- Ilustraciones vectoriales: brinda opciones de juego al hacer modificaciones y profesionaliza la infografía.
- Diferentes adornos: son opcionales, el objetivo es embellecer la infografía, pueden ser dibujos, letras, cenefas, texturas o patrones.
- Viñetas: destacan contenido importante del tema y útiles señalar una explicación o elemento de la infografía.
- Gráficas: según el contenido las gráficas muestran una gran cantidad de datos que organizan la información numérica. También pueden representar fechas, cifras relevantes o comparativas.
- Mapas conceptuales y esquemas: facilitan y dinamizan la comprensión, logra un primer acercamiento y posterior un repaso visual de la información representada.

#### **7.5.4.2. Qué es un cortometraje**

Del contenido compartido en el *blog* de Prodisa Comunicación (2019) se describe que el cortometraje es una palabra con raíces en el idioma francés *Court métrage* que significa película breve. Los cortometrajes no tienen un tiempo de duración determinado, sin embargo, esta estimado que un filme con duración menor a treinta minutos es considerado un cortometraje. Vulgarmente son conocidos simplemente como cortos, los cortos son ideales para presentar con

libertad la creatividad sin objetivos de recaudación, si no, como una obra audiovisual.

Yumagic (s.f.) define el cortometraje como una producción audiovisual de poca duración, comúnmente de 5 a 30 min. De manera clara y precisa puede lograr abordar temas novedosos. Para realizarla se requiere poco presupuesto y son fáciles de difundir debido que pueden utilizarse plataformas de vídeo online para que más personas puedan visualizarlos.

Fundación la Caixa (2021) presenta las siguientes condicionantes antes de iniciar el guion y rodaje del cortometraje:

- Tiempo: cuanta historia o trama se puede contar en pocos minutos, es decir, en un tiempo entre 3 y 6 min.
- Imágenes: evitar el uso de muchas palabras, una imagen puede ser un elemento narrativo.
- El giro final: con una historia breve se busca cautivar al espectador, para lograrlo se requiere un giro final que sorprenda al espectador.
- Pocos personajes: no se requiere de muchos personajes protagónicos.
- Localizaciones: ubicar localizaciones accesibles, conseguir espacios donde se logre crear la película fácilmente o ya no requiera inversión ni acomodo.
- Material técnico: ajustar el guion según la disposición del material.

- Días de rodaje: adaptar el guion a los días de rodaje disponibles, incluyendo el tiempo necesario para preparar escenas y montaje del equipo técnico antes de rodar.

## **7.6. Diagrama de flujo del proceso**

Niebel y Freivalds (2009) inician definiendo la gráfica del proceso operativo como: “La secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, tiempos permitidos y materiales que se utilizan en un proceso de manufactura o de negocios, desde la llegada de la materia prima hasta el empaquetado del producto terminado” (p.25).






Indican que con el diagrama de flujo del proceso se visualiza con más detalle el contenido del diagrama del proceso operativo, dado que registra información de costos ocultos como los recorridos, atrasos y almacenes temporales, útiles para definir acciones para minimizarlos. Son más completos que las gráficas del proceso operativo debido que estos diagramas además de registrar operaciones e inspecciones también exponen donde se presentan los atrasos y almacenamiento de un artículo mientras recorre la planta de producción.

### **7.6.1. Simbología**

Niebel y Freivalds (2009) en su libro *Ingeniería Industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo* recomiendan emplear la simbología de la American Society of Mechanical Engineers (ASME). Estos símbolos representan una acción del proceso, en la tabla I. se indica cómo interpretar cada símbolo.



Tabla I. **Simbología ASME**

<b>Símbolo</b>	<b>Representación</b>	<b>Interpretación</b>
	Operación	Indica una operación o una actividad como clavar: mezclar, taladrar un orificio.
	Transporte	Mover material o producto mediante un carro, una banda transportadora, una persona.
	Almacenamiento	Almacenar en alguna bodega, materia prima, producto terminado o archivar documentos.
	Retraso-Demora	Esperas por: un elevador, material en un camión o sobre una tarima esperando ser procesado, documentos en espera de ser archivados.
	Inspección	Examinar un material si ésta tiene la cantidad ideal y la calidad requerida. Leer el medidor de vapor de un quemador.

Fuente: Niebel y Freivalds (2009). *Ingeniería Industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo*. Consultado el 27 de agosto de 2021.

### **7.6.2. Procedimiento de realización del diagrama**

Niebel y Freivalds (2009) en su libro *Ingeniería Industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo* describen el siguiente procedimiento para realizar el diagrama:

- Tener conocimiento del proceso que se va a diagramar o conformar un grupo de trabajo donde participen los encargados de ejecutar el proceso.

- Recomendable realizar una descripción del proceso de forma textual para ir identificando los pasos o actividades que incluye el proceso en análisis.
- El diagrama debe tener un encabezado que incluya: el título del diagrama, número de parte, número de plano, descripción breve del proceso, definir si es un método actual o propuesto, fecha y nombre de la persona que elabora la gráfica. Puede incluirse el número de planta, el edificio y el departamento.
- Debe indicarse donde inicia el diagrama, esto se consigue enumerando los símbolos correlativamente.
- El flujo del proceso es representado por líneas verticales y las líneas horizontales representan el flujo de materiales que ingresan al proceso.
- Con una línea horizontal del lado derecho de la línea de flujo se representan los materiales desensamblados y con una línea horizontal a la izquierda de la línea de flujo se representan materiales ensamblados.
- Las líneas de flujo vertical no deben cruzarse con las líneas de materiales horizontales. De ser necesario cruzar ambas líneas, se recomienda el uso de la convención que consiste en dibujar un pequeño semicírculo en la línea horizontal sobre el punto donde toca la línea vertical.
- Los valores del tiempo deben asignarse a cada operación o inspección.
- Si un diagrama sobrepasa una página se deben utilizar conectores y enumerar las páginas.

- Finalizado el diagrama, se incluye al pie de la última página el resumen de actividades, inspecciones, tiempos y distancias recorridas durante el proceso.

## **7.7. Legislación guatemalteca relacionado a residuos sólidos urbanos**

Guatemala, como país consciente y respetuoso de los acuerdos internacionales que ha ratificado, tiene el compromiso de apoyar las acciones que buscan minimizar la problemática provocada por gestiones incorrectas en el tema de residuos sólidos. Se han aprobado leyes, normas y reglamentos; como mecanismos para reducir y controlar las fuentes que generan residuos sólidos.

### Leyes ordinarias

- Decreto Número 68-86 Ley de Protección y Mejoramiento del Ambiente (artículo 4).
- Decreto Número 90-97 Código de Salud.
- Decreto Número 90-2000 Ley de Creación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
- Decreto Número 12-2002 Código Municipal (artículo 67 y 68 inciso A).
- Decreto Número 7-2013 Ley Marco de Cambio Climático.

### Leyes reglamentarias

- Acuerdo Gubernativo Número 329-2009 Política Nacional de Cambio Climático.
- Acuerdo Gubernativo Número 50-2015 Reglamento Orgánico Interno del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

- Acuerdo Gubernativo Número 111-2005 Política Nacional para el Manejo Integral de los Residuos y Desechos Sólidos. Aprobado el 4 de abril de 2005.
- Acuerdo Gubernativo Número 281-2015 Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos.
- Acuerdo Gubernativo Número 189-2019 Regulación y prohibición de plásticos de un solo uso.
- Acuerdo Gubernativo Número 164-2021 Reglamento para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes.

#### Leyes complementarias

- Acuerdo Ministerial Número 666-2013 Creación de la Mesa Coordinadora para la Gestión y Manejo Integral de los Residuos y los Desechos Sólidos.
- Acuerdo Ministerial Número 51-2015 Creación del Departamento para el Manejo Integral de los Residuos y Desechos Sólidos.
- Acuerdo Ministerial Número 004-2018 Norma Técnica – Procedimiento para emitir dictamen sanitario sobre sitios y proyectos de construcción de sistemas para la disposición final de los desechos sólidos.
- Acuerdo Ministerial Número 6-2019 Guía para la identificación gráfica de los residuos y desechos sólidos comunes.
- Acuerdo Ministerial Número 7-2019 Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos y desechos sólidos comunes.

### **7.8. Situación de los residuos sólidos urbanos en San Juan La Laguna**

Municipalidad de San Juan La Laguna (2016) en el plan estratégico institucional 2016-2020 menciona el descuido y el problema de los residuos sólidos y líquidos, aumenta los riesgos de enfermedades y minimiza las garantías

en cuanto a salud de los residentes y deteriora el ambiente. Describe que las causas externas de este problema son la contaminación industrial y comercial debido al uso de plástico y otros materiales relacionados.

Entre las causas internas a nivel comunidad se identificó que sobresalen los intereses particulares o grupales, esto es debidos a la gran rivalidad entre miembros de los partidos políticos de oposición, no se cuentan con programas destinados al ambiente y no se visualiza interés sobre el tema tanto de parte de los comunitarios como de las autoridades.

Las causas internas a nivel municipalidad resalta que no se priorizan los proyectos debido al bajo presupuesto de la municipalidad, poca infraestructura para disponer los residuos sólidos y desconocimiento para gestionarlos.

## **7.9. Propuestas de manejo de residuos sólidos en área de disposición final**

Como propuestas para el manejo adecuado de los residuos sólidos, los efectos de la problemática pueden reducirse o eliminarse y volverse autosostenibles mediante la implementación de las siguientes técnicas o prácticas.

### **7.9.1. Participación ciudadana**

La participación ciudadana consiste en otorgar espacios a los ciudadanos de una comunidad a intervenir, opinar y compartir sus ideas en asuntos públicos o sociales. Villas (citado en AIDIS, 2018) conceptualiza la participación ciudadana como: el proceso que se construye colectivamente y que presupone la existencia de canales permanentes donde un trabajo continuo y sistemático va imprimiendo una nueva configuración a la relación poder público-población.

Villarreal (2019) formula la participación ciudadana afirmando que:

La participación ciudadana es el involucramiento de los individuos en el espacio público estatal y no estatal desde su identidad de ciudadanos, es decir, de integrantes de una comunidad política. Esta participación está vinculada a los modelos de democracia y al tipo de relación gobierno-sociedad que se quiere construir. (p.31)

Mientras Cunill (citado en Villarreal, 2019) lo conceptualiza como “un espacio donde los ciudadanos se involucran de manera directa en acciones públicas, (...) esta participación pone en contacto a los ciudadanos y al Estado, en la definición de las metas colectivas y las formas de alcanzarlas” (p.32).

El involucramiento y participación de la ciudadanía es una necesidad impostergable, dado que los esfuerzos municipales son insuficientes para conservar los diferentes sistemas ambientales, garantizar la limpieza del municipio y evitar la propagación de enfermedades.

### **7.9.2. Reciclaje desde la fuente de generación**

El reciclaje es una actividad viene de varios años atrás, actualmente se muestra más útil que nunca. Esta actividad consiste en clasificar y seleccionar todo material que pueda ser sometido a otros tratamientos para que puedan ser utilizados.

World Wild Fund for Nature [WWF] (2019) hace la reflexión sobre la práctica del reciclaje y la reutilización.

¿Quién no heredó acaso algo de ropa a sus hermanos menores o fue legatario de algunas prendas de los mayores? Claro, en realidad se trata primero de reutilización, y reciclaje (...) esas piezas requerían arreglos. Pero la idea es la misma: no desperdiciar y aprovechar lo que ya tenemos es una conducta que alguna vez todos tuvimos muy internalizada. (párr. 2)

AIDIS (2018) confirma: “(...) la gestión de los residuos sólidos es aplicar una pirámide de prioridades y promover la aplicación de las mejores técnicas disponibles en los tratamientos, donde la recolección juega un papel fundamental, en el reciclaje y valorización de residuos” (p.56). Ver la figura 6.

Figura 6. **Pirámide de gestión de residuos**



Fuente: AIDIS (2018). *Pirámide invertida de gestión de residuos, promovida por la UE.*

Consultado el 09 de octubre de 2021. Recuperado de <https://aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/08/GESTION-INTEGRAL-DE-RESIDUOS-SOLIDOS-URBANOS-LIBRO-AIDIS.pdf>

La prevención es primordial, los residentes deben conocer qué recipientes utilizar para separar y clasificar los residuos sólidos. Los recipientes pueden ser

bolsas plásticas, botes plásticos o metálicos, de preferencia de diversos colores para distinguir cada tipo de residuo sólido.

Existen diversas formas de separación, se puede iniciar la segregación implementando dos fracciones que podría ser orgánico-inorgánico y reciclable-no reciclable posteriormente implementar una tercera clasificación. Así mismo implementarlas por etapas, iniciar con el 20 % de las viviendas a quienes se les brinda el servicio de recolección, luego aumentar al 50 % y poco a poco cubrir la totalidad.

La separación en dos fracciones es más fácil de implementar, ya que los usuarios necesitan únicamente dos recipientes y saber en qué horario pasa el camión recolector por cada tipo de residuo separado. Mientras más recipientes se tengan para clasificar será más fácil la recuperación de los residuos.

### **7.9.3. Área de compostaje**

El área de compostaje o mejor concebido como planta de compostaje consiste en instalaciones que se ocupan de reciclar y acumular los residuos orgánicos para darles el tratamiento biológico adecuado, el producto de este tratamiento es la obtención del compost o abono orgánico. El tratamiento específico para obtener compost es mediante la descomposición aeróbica, es una formula natural y se realiza con la ayuda del oxígeno. La materia prima para obtener el compost son los restos de vegetales, restos de alimentos, excrementos de animales y todo residuo orgánico de origen biológico (Funcionamiento de una planta de compostaje, 2020).

Los beneficios del compost según PROARCA (2003) es el gran contenido de nutrientes que estimula el crecimiento de las plantas, es utilizado para mejor



la producción de hortalizas, flores y árboles. El compost tiene la capacidad de mejorar el potencial y las características de los suelos.

Describe que para obtener un buen compost y que éste funcione adecuadamente, es necesario:

- Controlar y regular el nivel de carbono y nitrógeno en la masa orgánica. Se recomienda que este alrededor de 30:1.
- Mantener la cantidad de humedad entre 40 % a 60 %.
- Las partículas deben tener un tamaño entre 1 a 5 cm.
- La porosidad debe ser mayor del 40 %.
- Debe mantenerse una temperatura interna entre 43 °C y 65 °C durante la fase inicial.
- Oxígeno (aire).

Si se cumplen estos factores, desde el tercer mes de iniciado el proceso; el compost podrá ser aplicado a los cultivos.

#### **7.9.4. Planta de selección y clasificación de residuos sólidos no peligrosos**

Una planta de clasificación y selección es: “una instalación que combina procesos de selección automáticos y manuales con el objetivo de separar las

fracciones recuperables de la mezcla de residuo y prepararlas para la comercialización” (Recytrans, 2013, párrafo 3).

“La función (...) es seleccionar el contenido del material entrante que llega allí con la opción de separar las fracciones recuperables y prepararlas para la comercialización. Los materiales no separados se preparan para ser procesados con un tratamiento finalista” (Recytrans, 2013, párrafo 6).

Una planta puede tener procesos mecánicos-automatizados, semi automatizados y manuales.

De la Vega (2020) describe:

Para el proceso de separación y clasificación (...) conformado por maquinaria y trabajo manual, es decir semi automatizado. La parte automatizada estará formada principalmente por equipos para traslado de materiales y otros para desgarrar bolsas y separar materiales ferrosos. Mientras que: al trabajo a realizar manualmente, se tratará de operarios que realizarán separación de materiales reciclables en forma manual. (De la Vega, 2020, p.75)

La selección manual es cuando: “los residuos pasan a través de una cinta de manera continua. Los operarios van cogiendo manualmente aquellos residuos que sean rápidamente identificados y fáciles de coger” (Recytrans, 2013, párrafo 12).

De la Vega (2020) afirma que: “Este proceso semi automatizado, genera puestos de trabajo debido a la necesidad de mano de obra, además de una

menor inversión inicial ya que el uso de equipamiento automatizado es ampliamente más caro” (p.75).

La planta de clasificación y selección, dependiendo de la disponibilidad e inversión puede dividirse en cinco áreas:

- Área de recepción: zona donde los camiones depositan y alimentan la línea.
- Área de selección y clasificación: zona donde se separan y clasifican los residuos sólidos, se determina qué materiales van para reciclaje y cuales hacia otros procesos de tratamiento.
- Área de prensado y embalaje: zona donde los materiales recuperados son prensados y embalados para facilitar su transporte.
- Almacenamiento: zona para retener temporalmente los residuos prensados y embalados mientras se consigue una carga completa.
- Área de oficina: para su administración y control.

#### **7.9.5. Legislación municipal**

La legislación se refiere al conjunto de normas y leyes que ordenan y normalizan las relaciones entre personas de un determinado territorio o país. Al referirnos a Legislación a nivel municipal nos referimos a que las municipalidades deben implementar mecanismos que contribuyan a la búsqueda, creación y aprobación de normas y reglamentos para ordenar, regular, establecer derechos y obligaciones, regular conductas y comportamientos de las personas que habitan el territorio bajo su circunscripción.

AIDIS (2018) fomenta el empoderamiento de las autoridades locales describiendo que las ordenanzas y reglamentos municipales son un mecanismo legal imputable a los municipios. Mediante estas ordenanzas es posible indicar a la población que actividades deben realizar para preservar limpio las calles y disponer adecuadamente los residuos sólidos, iniciar con programas de reciclaje, establecer qué clase de residuos se pueden transportar, los horarios de recolección y las sanciones por el incumpliendo.

Dentro de estas ordenanzas es posible incluir normas y reglamentos con el objeto de limitar el uso de materiales dañinos para el medio ambiente. (...) los Municipios tienen (...) reglamentos o instrumentos legales referentes a tarifas de cobro, sin embargo, no hay para los demás temas relacionados al manejo de los residuos sólidos, o si hay no están actualizados en relación con las leyes nacionales. (AIDIS, 2018, p.31)

El Programa de gobiernos locales de USAID (2003) apoyado en la Asociación Nacional de Municipalidades [ANAM] creó el Manual de Legislación Municipal. Es un instrumento de apoyo a las municipalidades para conocer las leyes vigentes en el país, que estimulen la acción y el gobierno municipal para mejorar las condiciones de vida de sus habitantes.

Este manual recopila la mayoría de las leyes, normas y reglamentos vigentes en Guatemala, filtra únicamente los artículos en los cuales las municipalidades podrían tener injerencia o participación, que también pueden ser utilizados como base para crear normas y reglamentos locales, así como la creación e implementación de políticas públicas.

## 8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

### 1. MARCO TEÓRICO

#### 1.1. Residuos

1.1.1. Residuos sólidos urbanos

1.1.2. Características de los residuos sólidos urbanos

1.1.3. Clasificación de residuos sólidos urbanos por su composición

1.1.3.1. Residuos orgánicos

1.1.3.2. Residuos inorgánicos

1.1.3.3. Residuos inorgánicos no reciclables

#### 1.2. Plan de gestión de residuos sólidos urbanos

1.2.1. Generación

1.2.2. Almacenamiento

1.2.3. Recolección y transporte

1.2.4. Tratamiento de los residuos sólidos urbanos

- 1.2.4.1. Tratamiento físico
      - 1.2.4.1.1. Separación manual
      - 1.2.4.1.2. Separación mecánica
    - 1.2.4.2. Tratamiento biológico
      - 1.2.4.2.1. Digestión aeróbica
      - 1.2.4.2.2. Digestión anaeróbica
    - 1.2.4.3. Tratamiento térmico
      - 1.2.4.3.1. Incineración
  - 1.2.5. Disposición final de los residuos sólidos urbanos
    - 1.2.5.1. Botadero o vertedero
    - 1.2.5.2. Empresas recicladoras
    - 1.2.5.3. Relleno sanitario
- 1.3. Caracterización de los residuos sólidos urbanos
  - 1.3.1. Método de cuarteo
  - 1.3.2. La muestra y su cálculo
  - 1.3.3. Producción per cápita
  - 1.3.4. Densidad
- 1.4. Modelo económico para reducir la generación de los residuos sólidos urbanos
  - 1.4.1. Las Tres "R"
    - 1.4.1.1. Reducir
    - 1.4.1.2. Reutilizar
    - 1.4.1.3. Reciclar
  - 1.4.2. La economía circular
    - 1.4.2.1. Importancia
    - 1.4.2.2. Beneficios
- 1.5. Publicidad efectiva
  - 1.5.1. ¿Qué es publicidad?
  - 1.5.2. Aspectos importantes para hacer publicidad

- 1.5.3. Canales de divulgación
  - 1.5.3.1. Publicidad online
  - 1.5.3.2. Publicidad offline
- 1.5.4. Medios de representación visual y audiovisual
  - 1.5.4.1. Qué es una infografía
  - 1.5.4.2. Qué es un cortometraje
- 1.6. Diagrama de flujo de proceso
  - 1.6.1. Simbología
  - 1.6.2. Procedimientos de realización del diagrama
- 1.7. Legislación guatemalteca relacionado a residuos sólidos urbanos
- 1.8. Situación de los residuos sólidos urbanos en San Juan La Laguna
- 1.9. Propuestas de manejo de residuos sólidos urbanos en el área de disposición final
  - 1.9.1. Participación ciudadana
  - 1.9.2. Reciclaje desde la fuente de generación
  - 1.9.3. Área de compostaje
  - 1.9.4. Planta de selección y clasificación de residuos sólidos no peligrosos
  - 1.9.5. Legislación municipal

## 2. RECOLECCIÓN DE DATOS

- 2.1. Solicitud de información técnica del área de disposición final dirigida a la administración encargada del área de disposición final
- 2.2. Realización de las entrevistas a:
  - 2.2.1. Colaboradores del área de disposición final
  - 2.2.2. Colaboradores de la administración del área de disposición final
- 2.3. Recopilación de información mediante visita a las instalaciones del área de disposición final

- 2.4. Diagrama de operaciones del proceso actual de manejo de los residuos sólidos urbanos
- 2.5. Realización de la caracterización de los residuos sólidos urbanos
- 2.6. Consulta de fuentes para el diseño del material para las campañas de divulgación de las buenas prácticas de manejo de residuos sólidos
- 2.7. Visitas para recopilación de datos de procesos y mecanismos implementados en el área de disposición final de dos municipios del departamento de Sololá
- 2.8. Consulta de fuentes bibliográficas con información técnica y de procesos implementados en otros municipios del país o en el extranjero sobre gestión de residuos sólidos urbanos

### 3. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- 3.1. Análisis FODA de las circunstancias de operación del área de disposición final
- 3.2. Resumen y gráficos de la información recabada de la caracterización de los residuos sólidos urbanos
- 3.3. Entregables del material para las campañas visual y audiovisual sobre buenas prácticas de manejo de los residuos sólidos urbanos
- 3.4. Propuesta de las características que debe tener el área de disposición final y los procesos para mejorar el manejo de residuos sólidos urbanos
- 3.5. Discusión de resultados

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS



## **9. METODOLOGÍA**

### **9.1. Tipo de estudio**

La investigación por desarrollar tiene propósitos netamente básicos, dado que la finalidad es presentar fundamentos teóricos que coadyuven a incrementar el conocimiento sobre el tema de los residuos sólidos. En la realización de la investigación se combinarán la investigación documental y de campo, debido a que será necesario consultar fuentes bibliográficas y tomar datos mediante entrevistas y la caracterización de los residuos sólidos.

El alcance de la investigación es descriptivo dado que se buscará información de las características y rasgos importantes de los residuos sólidos para tener un panorama más exacto de la realidad del problema e idear un plan estratégico operativo. El enfoque es cuantitativo debido que es necesario medir y recabar datos fiables para realizar un estudio objetivo y estadístico de los residuos sólidos que se generan en el municipio de San Juan La laguna.

La metodología tendrá un diseño de investigación no experimental dado que no se manipulará ninguna variable observada.

### **9.2. Fases del estudio**

Se describirán a continuación tres fases que describen la estructura de la investigación.

### **9.3. Fase 1. Exploración bibliográfica**

La fase inicial contendrá información bibliográfica que aporte conocimiento sobre el tema de residuos sólidos, tales como: definición, producción, manipulación, disposición final, administración, impacto, caracterización, entre otros. Adicionalmente desarrollar temas sobre gestión ambiental relacionados a residuos sólidos. Así mismo, describir algunas técnicas o procedimientos utilizados en otros municipios del país o en el extranjero que puedan ser implementados en un periodo a medio o largo plazo por la municipalidad de la localidad que perfeccione el proceso de gestión de los residuos sólidos y aporte a extender la vida útil del área de disposición final.

### **9.4. Fase 2. Métodos y técnicas de recolección de datos**

Los métodos de recolección de la información para la investigación se realizarán mediante el diagnóstico de la situación actual del problema, la caracterización de los residuos sólidos, el diseño de campañas sobre las buenas prácticas de manejo de los residuos sólidos y proponer algunos procesos o técnicas que mejoren la manipulación de los residuos sólidos.

#### **9.4.1. Diagnóstico de las circunstancias de operación del área de disposición final de los residuos sólidos**

El diagnóstico de la situación actual consistirá en la realización de entrevistas, la revisión de registros proporcionados por la municipalidad, la visita a las instalaciones de disposición final, la generación del diagrama de operaciones del proceso y su respectivo análisis.

### 9.4.1.1. Recopilación de la información técnica del área de disposición final de residuos sólidos

Mediante carta dirigida al Concejo Municipal y Oficina encargada del área de disposición final, obtener información relevante como:

Tabla II. **Características relevantes del área de disposición final**

<b>Características relevantes del área de disposición final</b>	
Dimensiones	
Área	
Fecha inicio de operaciones	
Proyección de vida	
Área con barrera perimetral	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Existen fallas geológicas próximas	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Propenso a inundaciones y deslaves	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Cuenta con acceso vehicular	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Controles de acceso peatonal y vehicular	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Existen áreas de transferencia y descarga	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Existen edificios o viviendas cercanas	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Existen cuerpos de agua cercanos	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Existen controles de contención de plagas	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Área de lavado de vehículos	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Vestidores para el personal	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Control de líquidos lixiviados	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>

Fuente: elaboración propia.

#### **9.4.1.2. Entrevistas a colaboradores del área de disposición final**

Preguntas formuladas para la entrevista (preliminar sujeto a modificación):

- ¿Conoce el procedimiento implementado en el área de disposición final de los residuos sólidos? ¿Describalo?
- ¿Existe un manual de procedimiento del proceso que se lleva a cabo en el área de disposición final de los residuos sólidos?
- ¿Qué procedimiento o instrucciones tienen para disponer los residuos sólidos dentro de las instalaciones de disposición final?
- ¿Ha recibido alguna capacitación o inducción sobre cómo debe realizar su trabajo?
- ¿Se tiene un procedimiento o calendario establecido para la disposición final en el relleno sanitario?
- ¿Conoce el procedimiento para reciclar y clasificar los residuos sólidos?
- ¿Existen aspectos que se podrían cambiar o modificar del proceso actual para manejar los residuos sólidos en el área de disposición final?
- ¿La municipalidad les provee del equipo necesario para su labor y para resguardar su salud y seguridad?
- ¿Cada cuánto la oficina encargada del área de disposición final visita o supervisa las instalaciones?

#### **9.4.1.3. Entrevista a personal administrativo de la oficina municipal encargada del área de disposición final**

Preguntas formuladas para la entrevista (preliminar sujeto a modificación):

- ¿Cuál es el procedimiento establecido para el manejo de los residuos sólidos en el área de disposición final?
- ¿Existe un manual de procedimiento?
- ¿Existe algún programa, proyecto o política encaminado o implementado al tema de los residuos sólidos?
- ¿Existe un procedimiento sobre como disponer o tratar los residuos sólidos dentro de las instalaciones de disposición final?
- ¿Cada cuánto se capacita o induce a los colaboradores sobre el tema de los residuos sólidos o como mejorar el manejo de los residuos sólidos?
- ¿Cómo administran el relleno sanitario municipal?
- ¿Es posible cambiar o modificar del proceso actual en el área de disposición final de los residuos sólidos? ¿Menciones algunas de interés?
- ¿Cada cuánto la municipalidad provee del equipo necesario para trabajar y resguardar la salud y seguridad de los colaboradores?
- ¿Cuentan con un calendario de visitas o supervisión de las instalaciones de disposición final?
- ¿Qué motivó a la municipalidad trasladar el área de disposición final de los residuos sólidos a otra ubicación?

#### **9.4.1.4. Visita de las instalaciones del área de disposición final**

Observación y apuntes del proceso actual de manipulación de los residuos sólidos, así como toma de fotografías y videos de las instalaciones. Para consignar la información se empleará la tabla III. Observación del proceso de manipulación de los residuos sólidos.

Tabla III. **Observación del proceso de manipulación de los residuos sólidos**

Actividad	Qué hace	Cómo lo hace	Para qué lo hace	Responsable
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Fuente: elaboración propia.

#### **9.4.1.5. Creación del diagrama de operaciones del proceso actual**

Realizar el diagrama de flujo del proceso con el empleo de la simbología recomendada en las normas ASME, según tabla I descrita en el capítulo 7 Marco Teórico.

#### **9.4.1.6. Análisis del proceso diagramado y retroalimentación de los colaboradores**

Recreación del diagrama de flujo del proceso con el empleo de la simbología recomendada en las normas ASME según tabla I, incluyendo las mejoras propuestas por colaboradores e investigador.

## **9.4.2. Caracterización de los residuos sólidos**

La caracterización se realizará con base en la guía para la caracterización de residuos sólidos elaborada por MARN.

### **9.4.2.1. Conformación de equipos de trabajo**

El equipo humano necesario para la actividad es: tabuladores, técnicos y coordinador, aproximadamente será necesario contar con 10 personas, a quienes se les impartirá una charla como inducción al proceso de caracterización de los residuos sólidos.

### **9.4.2.2. Determinar equipo y herramientas e instalaciones**

Según lo requerido por la guía de caracterización de MARN, con la colaboración de la municipalidad.

### **9.4.2.3. Cálculo de la muestra**

El número de muestras (viviendas) que ayudará a determinar la PPC se determinará mediante la fórmula para el cálculo del tamaño de muestra para una población finita descrita en la figura 3 del capítulo 7.

### **9.4.2.4. Selección e identificación de la muestra e identificación**

Se emplea el método de muestreo simple aleatorio. Se realizará con una tabla de números aleatorios desde el 1 hasta el número de viviendas en un recipiente, mezclados y tomando al azar el número de muestras ya definido

anteriormente. Y con un plano del área se identifican las viviendas elegidas para el estudio. Cada vivienda será identificada mediante la información del propietario o encargado de la vivienda y la dirección lo más exacto posible, empleando la tabla IV.

Tabla IV. **Identificación de las viviendas**

Vivienda	Propietario o encargado	Dirección	Número de bolsas recolectadas por día						
			1	2	3	4	5	6	7
1									
2									
3									
.									
.									
.									
n									

Fuente: MARN (2018). *Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes*. Consultado el 27 de agosto de 2021.

Recuperado de <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/13193.pdf>

#### **9.4.2.5. Recolección de las muestras**

Cada día se entregarán dos o tres bolsas plásticas a cada vivienda seleccionada; para que depositen los residuos sólidos que generen en el día. Al día siguiente serán recolectadas e identificadas las bolsas que se reciban de la vivienda.



El primer día o días antes de iniciar el estudio se llenará la boleta diseñada por MARN para recabar información de campo, ver figura 7.

Figura 7. **Boleta de campo**

**ANEXO No. 1**

**BOLETA DE CAMPO PARA MUESTREO DE GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS**

**1. NOMBRE DEL ENCUESTADOR:** \_\_\_\_\_

**2. LOCALIDAD:** \_\_\_\_\_ **No. DE MUESTRA:** \_\_\_\_\_

**3. ESTRATO SOCIOECONÓMICO:**  Estrato Alto       Estrato Medio       Estrato Bajo

**4. DATOS DEL DOMICILIO SELECCIONADO:**

Calle o avenida: _____	Número Casa: _____
Colonia: _____	Municipio: _____
Departamento: _____	No. de habitantes en la vivienda: _____

**5. ¿QUÉ TIPO DE RECIPIENTE UTILIZA PARA ALMACENAR SUS RESIDUOS Y DESECHOS (BASURA)?**

Bolsa plástica       Costal       Caja de cartón       Otro, indique: \_\_\_\_\_

**6. ¿CON QUE FRECUENCIA RECOGEN SUS RESIDUOS Y DESECHOS (BASURA)?**

1 por semana       2 por semana       3 por semana       Otro, indique: \_\_\_\_\_

**7. ¿QUÉ HACE CON LOS RESIDUOS Y DESECHOS (BASURA) SI NO PASA EL CAMIÓN?**

Quemar       Enterrar       Tirar       Otro, indique: \_\_\_\_\_

**8. ¿QUÉ OPINA DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN?**

BUENO       MALO       REGULAR

Fuente: MARN (2018). *Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes*. Consultado el 27 de agosto de 2021.

Recuperado de <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/13193.pdf>

Para el control de la cantidad de bolsas recolectadas por vivienda se adaptó una columna en la tabla IV nombrada como *Número de bolsas recolectadas por día*.

El proceso de recolección de las muestras se llevará a cabo durante 8 días consecutivos. El primer día se realizará la recolección de la muestra, sin embargo, no será tomado como válido debido que normalmente las viviendas seleccionadas tienen residuos sólidos acumulados de otros días, esto alterará la información.

El objetivo de no tomar como válido la recolección del primer día es para garantizar que con el estudio se obtendrán datos reales y confiables.

#### **9.4.2.6. Análisis de las muestras**

El análisis iniciará pesando el contenido de las bolsas recolectadas por vivienda cada día. La tabla V *Registro de pesos por vivienda* será empleado para el control de los pesos llenando las casillas correspondientes según el número de bolsas por vivienda.

Se contempla que la cantidad de bolsas recibidas por vivienda no será mayor a tres. Si al momento del pesaje de bolsas se tuvieran menos de tres bolsas; las columnas que no apliquen se llenarán con las siglas N/A [no aplica].

Tabla V. **Registro de pesos por vivienda**

Registro de pesos				
Día no. “[según el número de día que corresponda]” Fecha: [indicar fecha]				
Vivienda	Peso bolsa 1	Peso bolsa 2	Peso bolsa 3	Peso total por vivienda
1				
2				
3				
4				
.				
.				
.				
n				
<b>PESO TOTAL</b>				

Fuente: elaboración propia.

Luego se procede a sumar todos los pesos registrados del día de todas las viviendas, este dato será útil para el cálculo de la PPC.

La PPC se estimará cada día utilizando la fórmula presentada en la figura 4 del capítulo 7.

El resumen de los datos consignados por día será presentado en la tabla VI *Inventario de la generación por día*.

Tabla VI. **Inventario de la generación por día**

Día	Fecha	Peso total de los residuos (Kg) en la vivienda	Generación per cápita (Kg/hab/día)*	Observaciones
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

Fuente: MARN (2018). *Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes*. Consultado el 27 de agosto de 2021.

Recuperado de <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/13193.pdf>

#### 9.4.2.7. Prueba de composición

Se utilizará el método de cuarteo.

##### Procedimiento

- Sacar y verter el contenido de todas las bolsas en un área donde se puedan mezclar.
- Se procede a dividir en cuatro partes lo más equitativamente posibles, como se muestra en la figura 1.

- Se seleccionan dos cuartetos opuestos y se retiran los otros dos restantes. Ver figura 1.
- Mezclar nuevamente los residuos sólidos, realizar un nuevo cuarteo y extraer dos cuartos opuestos de la muestra, ver figura 2.
- Repetir el procedimiento hasta obtener una muestra de aproximadamente de 100 lb (sin considerar el peso del tonel) que será utilizada para realizar la composición de los residuos sólidos.
- Clasificar por tipo de residuo: orgánico, papel y cartón, plástico, vidrio, material ferroso, material no ferroso, varios (caucho, cuero, tierra, entre otros), desechos sanitarios, peligrosos, especiales.
- Al clasificar según el tipo de residuo se pesa cada uno por separado. El registro y control de estos pesos se llevará a cabo mediante la tabla VII.

Tabla VII. **Pesos por tipo de residuo**

A. ORGÁNICO				
No.	Subproductos	Peso (Kg)	% en Peso	Observaciones
1	Residuos de alimentos			
2	Residuos de jardinería			
3	Hueso			
		Total		

Continuación tabla VII.

B. PAPEL Y CARTÓN				
No.	Subproductos	Peso (Kg)	% en Peso	Observaciones
1	Papel			
2	Cartón			
3	Envase de cartón encerado			
		Total		
C. PLÁSTICO				
No.	Subproductos	Peso (Kg)	% en Peso	Observaciones
1	Plástico película			
2	Plástico rígido			
3	PET			
4	Poliuretano			
5	Poliestireno expandido			
		Total		
D. VIDRIO				
No.	Subproductos	Peso (Kg)	% en Peso	Observaciones
1	Vidrio color			
2	Vidrio transparente			
		Total		

Continuación tabla VII.

E. MATERIAL FERROSO				
No.	Subproductos	Peso (Kg)	% en Peso	Observaciones
1	Material ferroso			
2	Lata			
		Total		

Fuente: MARN (2018). *Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes*. Consultado el 27 de agosto de 2021.

Recuperado de <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/13193.pdf>

- Con el peso de cada residuo y con base al peso inicial de la muestra de cuarteo, se saca diariamente el porcentaje de cada residuo. Se emplea la fórmula de la figura 8 y el registro se llevará en la tabla VII.

Figura 8. **Cálculo del porcentaje por tipo de residuo**

$$\text{Porcentaje por día} = \left( \frac{\text{Peso de cada residuo clasificado}}{\text{Peso total de la muestra del cuarteo}} \right) * 100$$

Fuente: MARN (2018). *Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes*. Consultado el 27 de agosto de 2021.

Recuperado de <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/13193.pdf>

#### 9.4.2.8. Prueba de densidad

El cálculo de la densidad se inicia estimando el volumen del recipiente donde se depositarán los residuos sólidos. Este dato se consigue mediante la fórmula descrita en la figura 9.

Figura 9. **Volumen del recipiente**

$$\text{Volumen del tonel} = (0.7854)(d^2)(H)$$

Fuente: MARN (2018). *Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes*. Consultado el 27 de agosto de 2021.

Recuperado de <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/13193.pdf>

Luego se calcula la tara del recipiente, esta tara se refiere al peso del recipiente estando vacío. Seguidamente se llena el recipiente con los residuos sólidos y se pesa; a esto se le denomina peso bruto.

Para obtener el peso neto de los residuos; se resta del peso bruto la tara del recipiente, es decir, peso neto es igual a peso bruto menos tara.

Obtenidos los datos antes descritos, se procederá con el cálculo de la densidad utilizando la fórmula descrita en la figura 5 *Cálculo de la densidad* indicada en el capítulo 7.

El registro de los datos de la densidad por día se llevará a cabo mediante el empleo de la tabla VIII.



Tabla VIII. **Registro de datos para la densidad**

Día	Capacidad del recipiente m <sup>3</sup>	Tara del recipiente Kg	Capacidad del recipiente (determinación) m <sup>3</sup>	Peso bruto Kg	Peso neto Kg	Peso volumétrico Kg/m <sup>3</sup>
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

Fuente: MARN (2018). *Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes*. Consultado el 27 de agosto de 2021.

Recuperado de <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/13193.pdf>

### **9.4.3. Diseño de campañas y actividades de divulgación de buenas prácticas de manejo de los residuos sólidos**

Las campañas de divulgación elegidos son la realización de actividades para la generación de material audiovisual (cortometrajes) y visuales (infografía).

#### **9.4.3.1. Contenido de la campaña audiovisual**

El contenido de las campañas mediante video será relacionado a: 3R's, Economía circular y Gestión ambiental, temas que serán incluidos en el marco teórico. Las mismas serán realizadas en idioma tz'utujil subtítulos en español. Según las disposiciones de la municipalidad podrá realizarse en tz'utujil y

español. La edición de los videos estará a cargo de una o dos empresas locales. El contenido específico o guion será planteado a las autoridades municipales y al asesor para que sea aprobado.

#### **9.4.3.2. Diseño de material visual (infografía o pancartas)**

El contenido de la infografía o pancartas será relacionado a: 3R's, economía circular y gestión ambiental, temas que serán incluidos en el marco teórico. Será diseñado únicamente en idioma español. La creación del diseño y presentación estará a cargo de una empresa local. El contenido específico será realizado con el apoyo del asesor de la investigación.

#### **9.4.3.3. Reclutar voluntarios para la personificar el material audiovisual**

Mediante el apoyo de la municipalidad se hará una convocatoria para reclutar personas voluntarias que serán los actores y actrices para realizar el material audiovisual. Así mismo, se realizará la invitación a personas reconocidas e influyentes del municipio para que también puedan participar en el proyecto. Se considera reclutar a 10 personas voluntarias.

#### **9.4.3.4. Contratar empresa productora y diseño gráfico**

Debido a la complejidad, habilidades y equipos que requiere la grabación, edición y producción del material tanto audiovisual como visual, será necesario contratar los servicios de una o dos empresas. En San Juan La Laguna, existen varios emprendimientos de jóvenes locales a quienes se les presentará el proyecto y se le (les) asignará(n) a quien(es) presente(n) la mejor oferta. Se considera realizar un máximo de 5 cortometrajes con duración de entre 3 a 5 min

y 5 diseños diferentes de pancartas, las dimensiones quedan a discreción de la municipalidad dado que dependerá de las ubicaciones donde serán exhibidas.

#### **9.4.3.5. Grabación de las campañas audiovisuales**

La grabación de las escenas del material audiovisual correrá por parte de la empresa contratada, preferiblemente en horarios matutino y vespertino. Se realizará en diferentes escenarios, es decir, en varios lugares atractivos y turísticos de la localidad.

#### **9.4.3.6. Impresión y exhibición de las pancartas**

El diseño e impresión de las pancartas será realizado por la empresa contratada, en cantidad y dimensiones (por confirmar) solicitadas. La instalación y colocación de las pancartas será con el apoyo de colaboradores de la municipalidad.

#### **9.4.4. Procesos y técnicas para perfeccionar la manipulación de los residuos sólidos**

Otra modalidad para recopilar e implementar acciones ante la problemática es la réplica de procesos o técnicas que has sido funcionales en otros municipios del departamento, del país u otros países.

#### **9.4.4.1. Recopilación de la información técnica de áreas de disposición final de residuos sólidos de otros municipios del departamento (por definir)**

Mediante carta dirigida a concejos municipales y oficinas encargadas del área de disposición final para obtener información relevante como: dimensiones, área, historia, fecha de inicio de operaciones, proyección de vida, entre otros. A la vez solicitar autorización para realizar una visita a sus instalaciones.

Durante las visitas se empleará la tabla II para recabar información de las áreas de disposición final.

#### **9.4.4.2. Visitar las instalaciones del área de disposición final de los municipios seleccionados (por definir) del departamento de Sololá**

Observación de los procesos para determinar aquellas actividades diferenciadoras de la manipulación de los residuos sólidos. Toma de fotografías y videos de las instalaciones para determinar que mejoras pueden adaptarse y replicarse en el municipio en estudio. Los datos observados serán registrados en la tabla III.

#### **9.4.4.3. Análisis de información recabada**

El análisis de la información consistirá en determinar que prácticas y actividades pueden ser adaptadas al proceso actual, el recurso humano, el transporte y los equipos. También considerar algunas mejoras que podrían realizarse a las instalaciones del área de disposición final. La intención es replicar las actividades diferenciadoras y que han generados impactos positivos en otros

municipios. Para sustentar la necesidad de aplicarlas se determinarán los costos que estos representarán en su implementación y operación y, presentar los beneficios financieros (si aplica), sociales, culturales y políticos que han obtenido las municipalidades visitadas.

#### **9.4.4.4. Determinar procesos y maquinaria utilizada en otros municipios de Guatemala y en otros países**

Mediante la consulta de fuentes bibliográficas, reportajes, noticias y documentales, determinar que procesos o programas se tienen implementados en otros municipios de Guatemala y en otros países para hacer frente a la problemática de los residuos sólidos. El área de disposición final de San Juan La Laguna no cuenta con maquinaria o procesos de tratamiento de los residuos sólidos, razón por la cual se incluye este objetivo para mejorar la gestión y disposición de los residuos sólidos.

Se realizará una investigación sobre algunos procesos y maquinaria para tratar la basura, por ejemplo: la incineración, el compostaje, la venta de material reciclable, prensado, entre otros. Se presentarán los costos relativos para su adquisición, instalación, operación y mantenimiento, así como los beneficios que se podrían obtener. Se consideran presentar un máximo de tres propuestas que podrían ser aplicados en mediano o largo plazo en el espacio de disposición final del área urbana del municipio de San Juan La Laguna, Sololá. Las herramientas por utilizar para realizar la evaluación financiera de las propuestas son: tasa interna de retorno (TIR), valor actual neto (VAN), periodo de recuperación de la inversión (PRI) y costo-beneficio.



## 10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS

La información obtenida por medio de la caracterización de los residuos sólidos generados en San Juan La Laguna serán presentados de la siguiente manera:

- Tabla de resultados de caracterización de los residuos sólidos.
- Tabla de la densidad de los residuos sólidos.

Para analizar estos resultados de forma gráfica será necesario recrearlos mediante los siguientes métodos estadísticos.

- Histograma
- Diagrama de pastel
- Diagrama de Pareto

Estas herramientas serán de utilidad para evidenciar qué tipo de residuo sólido es el que más se genera en el municipio. Con este dato se podrá enfocar de mejor forma que soluciones se pueden proponer para mitigar o tratar los residuos sólidos que más se generan o los tipos de residuos sólidos causantes de la problemática en estudio.





## 11. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Para llevar a cabo las actividades de desarrollo de la investigación se requiere de la autorización de la oficina encargada del área de disposición final de la municipalidad de San Juan La Laguna, ubicado en el departamento de Sololá. Adicionalmente es necesario contar con los siguientes recursos:

### 11.1. Recurso humano

La caracterización de los residuos sólidos requiere de un equipo de personas para la recolección, clasificación, pesado y registro de la información recabada.

Tabla IX. Recurso humano

Cantidad	Recurso
6	Tabuladores (manipulación de los residuos sólidos) *
3	Técnicos (supervisión de las actividades y tabular los datos obtenidos) *
1	Coordinador (supervisión de todas las actividades previo, durante y después de la actividad) *
1	Ingeniero Asesor de la investigación
1	Diseñador gráfico
1	Diseñador audiovisual

(\*) Personal de la Municipalidad

Fuente: elaboración propia.

## 11.2. Recurso tecnológico

La consignación de la información que se recolecté será necesario:

Tabla X. **Recurso tecnológico**

<b>Cantidad</b>	<b>Recurso</b>
1	Computadora*
1	Impresora*

(\*) El recurso ya se posee

Fuente: elaboración propia.

## 11.3. Recurso físico

La realización de la investigación y sus actividades serán útiles: material de oficina, equipo para la caracterización, material bibliográfico, entre otros.

Tabla XI. **Material de oficina**

<b>Cantidad</b>	<b>Recurso</b>
1	Resma de papel bond 80 gramos
1	Caja de lápices
1	Caja de lapiceros
6	Borradores
3	Calculadoras
5	Tableros
1	Caja de marcadores

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Material y equipo para la caracterización**

<b>Cantidad</b>	<b>Recurso</b>
2	Picops para el recorrido y la recolección de las muestras. *
5	Toneles sin abolladuras y limpios con capacidad de 200 litros*
10	Palanganas de plástico de 10 litros
10	Palas curvas
2	Cajas de guantes
10	Escobas
10	Recogedores
1	Caja de mascarillas
1	Cernidor de madera de 1m x 1.5m con malla de 1/2" *
2	Pesas de piso (capacidad mínima de 100 kg y precisión de 10 g o similar) *
2	Pesas sensibles (con capacidad mínima de 10 kg y precisión de 1 g o similar) *
50	Paquetes de bolsas de polietileno de 0.70 m x 0.50 m y calibre mínimo del No. 200
2	Bolsas de ligas de hule gruesas para cerrar bolsas

(\*) Proporcionado por la Municipalidad

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Material bibliográfico de consulta**

<b>Recurso</b>
Libros físicos y electrónicos
Tesis de graduación de licenciatura y maestrías
Artículos científicos
Revistas
Acuerdos y leyes guatemaltecas

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Otros recursos**

<b>Recurso</b>
Viáticos
Impresión de material visual y audiovisual
Elaboración e impresión del trabajo de graduación

Fuente: elaboración propia.

#### **11.4. Costo económico por recurso**

Cada uno de los recursos descritos anteriormente le corresponde un costo implícito que se resume en la siguiente tabla.

Tabla XV. **Costo general del estudio**

<b>Recurso</b>	<b>Costo</b>
Recurso humano	Q 2,900.00
Recurso de oficina	Q 389.00
Material y equipo de caracterización	Q 2,520.00
Material bibliográfico de consulta	Q 0.00
Otros recursos	Q 3,500.00
<b>TOTAL</b>	<b>Q 9,309.00</b>

Fuente: elaboración propia.

Se considera que los recursos enlistados son suficientes para realizar las actividades de la investigación; por ello se afirma que es factible el estudio.



## REFERENCIAS

1. Acuerdo Gubernativo Número 164-2021. *Reglamento para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes*. Diario de Centro América. Guatemala. 10 de agosto de 2021. Recuperado de <https://legal.dca.gob.gt/GestionDocumento/VisualizarDocumento?verDocumentoPrevia=True&versionImpresa=False&doc=111589>
2. Alba, T. (mayo 2015). Guía para diseñar infografías desde cero: Tips básicos y herramientas. *Diseño Creativo*. 1-11. Recuperado de <http://xn--diseocreativo-lkb.com/wp-content/uploads/2016/05/guia-como-disenar-infografias-Teresa-Alba-MadridNYC.pdf>
3. Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental [AIDIS] (2018). *Gestión integral de los residuos sólidos urbanos*. Paraguay: Proper Mx. Recuperado de <https://aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/08/GESTION-INTEGRAL-DE-RESIDUOS-SOLIDOS-URBANOS-LIBRO-AIDIS.pdf>
4. Castañeda, E. D. (2019). *Plan municipal de manejo de desechos sólidos en el casco urbano del municipio de Puerto Barrios, departamento de Izabal* (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/12923/>

5. Cerdá, E. y Khalilova, A. (2016). *Economía Circular, estrategia y competitividad empresarial*. Economía Circular. Recuperado de <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/401/CERD%C3%81%20y%20KHALILOVA.pdf>
6. De La Riva, M. (15 de abril de 2021). *¿Qué es el muestreo por cuarteo?* [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://aleph.org.mx/que-es-el-muestreo-por-cuarteo>
7. De la Vega, V. (2020). *Planta de separación y clasificación y Estación de transferencia de Residuos sólidos urbanos para la Villa 31* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de San Martín. Perú. Recuperado de <https://ri.unsam.edu.ar/bitstream/123456789/1229/1/PFI%203IA%202020%20DVMV.pdf>
8. Economistas sin Fronteras (2020). *La Economía Circular: una opción inteligente*. Madrid: La Factoría de Ediciones. Recuperado de <https://ecosfron.org/wp-content/uploads/2020/03/Dossieres-EsF-37-La-Econom%C3%ADa-Circular.pdf>
9. Fernández, L. M. (2019). *Aplicación de la técnica de reducir, reciclar y reutilizar (3R's) para el desarrollo de los valores de responsabilidad con el medio ambiente de los pobladores de la Banda de Shilcayo, 2017* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de San Martín-Taratopo, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3622/ING.%20AMBIENTAL%20->



%20Lyanne%20Milagros%20Fern%C3%A1ndez%20Pinchi.pdf?sequence=1&isAllowed=y

10. Funcionamiento de una planta de compostaje. (9 de septiembre de 2020). Reciclamás [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://reciclamas.eu/blog/funcionamiento-de-una-planta-de-compostaje/>
11. Fundación Conde del Valle de Salazar (2015). *Guía técnica gestión de residuos municipales*. Madrid, España: MIC. Recuperado de [http://femp.femp.es/files/3580-1356-fichero/Guia-Tecnica-Gestion-Residuos-Municipales\\_Web\\_Edicion2.pdf](http://femp.femp.es/files/3580-1356-fichero/Guia-Tecnica-Gestion-Residuos-Municipales_Web_Edicion2.pdf)
12. Fundación la Caixa (2021). Cómo hacer un cortometraje. *Participa Méliès*. 1-6. Recuperado de <https://www.participamelies.com/wp-content/uploads/2016/03/como-hacer-cortometraje-participamelies.pdf>
13. Garza, C. (8 de febrero de 2018). Construyendo una publicidad efectiva [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://grupoacir.com.mx/blog/construyendo-una-publicidad-efectiva/#:~:text=La%20publicidad%20efectiva%20es%20aquella,pueda%20estar%20dirigida%20tu%20marca.>
14. Gobierno de Guadalajara (2018). *Programa Municipal para la gestión integral de residuos sólidos base cero, Visión 2030*. Guadalajara: Autor. Recuperado de [https://guadalajara.gob.mx/Programa\\_Municipal\\_para\\_la\\_Gesti%C3%B3n\\_Integral\\_de\\_Residuos\\_S%C3%B3lidos%20\(1\).pdf](https://guadalajara.gob.mx/Programa_Municipal_para_la_Gesti%C3%B3n_Integral_de_Residuos_S%C3%B3lidos%20(1).pdf)

15. González, A. y Prieto, D. (2009). *Manual de Publicidad*. Madrid, España: ESIC. Recuperado de <https://corladancash.com/wp-content/uploads/2018/11/Manual-de-publicidad-MAngeles.pdf>
16. González, J. C. (2012). *Plan estratégico para el diseño y desarrollo de productos que contribuyan a la recolección, manejo y disposición de los desechos sólidos en Costa Rica* (Tesis de licenciatura). Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería en Diseño Industrial, Costa Rica. Recuperado de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/3121?show=full>
17. Guerra, H. G. (2018). *Manejo integral de desechos sólidos caso: Barrio La Democracia, ciudad de Jutiapa* (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02\\_4989.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_4989.pdf)
18. Lara, J. D. (2008). Reducir, Reutilizar, Reciclar. *Elementos: Ciencia y cultura*. 15(069), 45-48. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/294/29406907.pdf>
19. López, P. y Fachelli, S. (2015). *Metodología de la investigación social cuantitativa*. Barcelona, España: Autor. Recuperado de [https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2017/185163/metinvsocua\\_cap2-4a2017.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2017/185163/metinvsocua_cap2-4a2017.pdf)
20. Márquez, L. (2011). *Residuos sólidos: un enfoque multidisciplinario*. México D.F., México: Libros en Red. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Liliana-Marquez-Benavides/publication/308057682\\_Residuos\\_Solidos\\_Un\\_enfoque](https://www.researchgate.net/profile/Liliana-Marquez-Benavides/publication/308057682_Residuos_Solidos_Un_enfoque)

\_multidisciplinario\_Vol\_I/links/57d853d708ae0c0081edfdf1/Residuos-Solidos-Un-enfoque-multidisciplinario-Vol-I.pdf

21. Mendoza, J. (2012). *Construir un estado del arte sobre el aprovechamiento de los residuos sólidos en Venezuela en los últimos años, realizando un análisis crítico y reflexivo de la información documental recopilada*. San Carlos, Venezuela: Autor. Recuperado de <https://idoc.pub/documents/monografia-jean-mendoza-residuos-solidos-pqn8zkd7zyn1>
22. Minervini, M. A. (junio 2005). La infografía como recurso didáctico. *Revista Latina de Comunicación Social*, 8(59). 1-12. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/819/81985906.pdf>
23. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales [MARN] (2018). *Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes*. Guatemala: Artes Litográficos. Recuperado de <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/13193.pdf>
24. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales [MARN] (2018). *Guía para la identificación gráfica de los residuos sólidos comunes*. Guatemala: Artes Litográficos. Recuperado de <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/18566.pdf>
25. Ministerio para la Transición Ecológica (s.f.). *Valoración Energética / Tratamientos Térmicos*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/gestion/sistema->

tratamiento/VALORIZACION-ENERGETICA-TRATAMIENTOS-  
TERMICOS-

Introduccion.aspx#:~:text=Se%20considera%20como%20tratamiento%20t%C3%A9rmico,gestionarse%20adecuadamente%20a%20sus%20caracter%C3%ADsticas.

26. Morales, G. E. (2016). *Propuesta para un tren de aseo para desechos sólidos en el casco urbano del municipio de Patzicía, departamento de Chimaltenango* (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5958/>
27. Municipalidad de San Juan La Laguna (2016). *Plan Estratégico Institucional 2016-2020*. San Juan La Laguna, Guatemala: Autor. Recuperado de <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/5341.pdf>
28. Niebel, B. y Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo*. México D.F., México: The McGraw-Hill Companies, Inc.
29. Ojeda, S. M. (2016). *Estrategias de comunicación online y offline: análisis y recomendaciones para la empresa opercádiz* (Tesis de maestría). Universidad de Cádiz, Cádiz. Recuperado de <https://mastereconomicas.uca.es/wp-content/uploads/2016/08/Sandra-Ojeda-Gonzalez.pdf>
30. Pérez, M. (10 de septiembre de 2021). *Densidad* [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://conceptodefinicion.de/densidad/>

31. Prodisa Comunicación. (25 de enero de 2019). *¿Qué es un cortometraje?* [Mensaje en un blog]. Recuperado de [https://prodisacomunicacion.com/es/noticias/que\\_es\\_un\\_cortometraje/](https://prodisacomunicacion.com/es/noticias/que_es_un_cortometraje/)
32. Programa Ambiental Regional para Centroamérica [PROARCA] (2003). *Guía para la gestión del manejo de residuos sólidos municipales: Enfoque Centroamérica*. Guatemala: Autor. Recuperado de [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/0B75C6D498BD00DA05257D6C00530D21/\\$FILE/Gu%C3%ADaGesti%C3%B3nManejoResiduosS%C3%B3lidos.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/0B75C6D498BD00DA05257D6C00530D21/$FILE/Gu%C3%ADaGesti%C3%B3nManejoResiduosS%C3%B3lidos.pdf)
33. Programa de gobiernos locales de USAID (2003). *Manual de Legislación Municipal: un instrumento para orientar correctamente las actividades del municipio*. Guatemala: Autor. Recuperado de <https://munielchalpeten.gob.gt/web/wp-content/uploads/2017/08/MANUAL-DE-LEGISLACION-MUNICIPAL.pdf>
34. Quijandría, S. (s.f.). *El cuarteo – un muestreo representativo* [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://www.r-chemical.com/el-cuarteo-un-muestreo-representativo/>
35. QuimiNet. (17 de mayo de 2012). *Empresas de reciclaje* [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.quiminet.com/empresas/empresas-de-reciclaje-2741040.htm>

36. Ramos, H. A. (2018). *Gestión de los desechos sólidos en la cabecera municipal de Tejutla, departamento de San Marcos* (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/12118/>
37. Real Academia Española (2021). *Diccionario de la lengua española* [versión electrónica]. Madrid: Autor. Recuperado de <https://dle.rae.es/residuo>
38. Recytrans. (04 de julio de 2013). *Funcionamiento de una planta de clasificación de residuos* [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.recytrans.com/blog/funcionamiento-de-una-planta-de-clasificacion-de-residuos/>
39. Sánchez, G. (2007). *Gestión integral de residuos sólidos urbanos (RSU) en los municipios de Actopan, San Salvador y El Arenal Del Estado de Hidalgo* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. Recuperado de <https://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/doctorado/documentos/Gestion%20integral%20residuos.pdf>
40. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] (2015). *En un mar de residuos: el cambio necesario*. México D.F.: Autor. Recuperado de <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros/2013/CD002248.pdf>

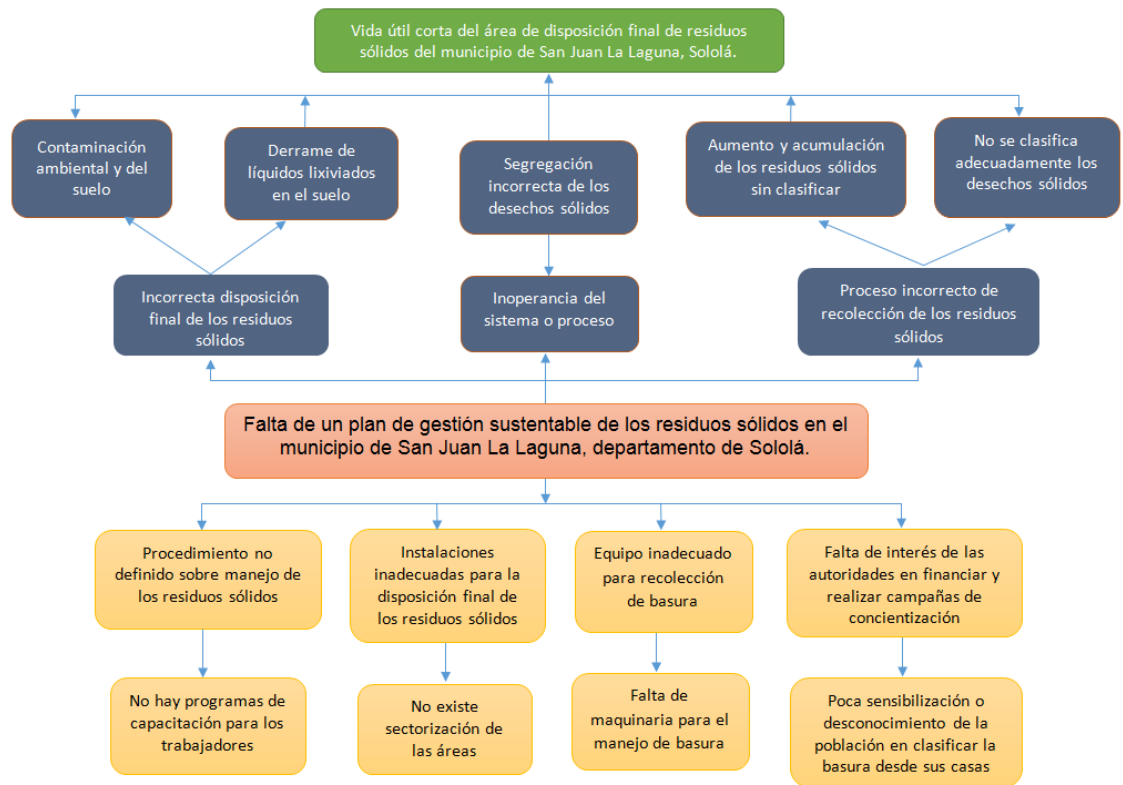
41. TemasAmbientales. (20 de marzo de 2018). Residuos Sólidos [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.temasambientales.com/2017/03/residuos-solidos.html>
42. Villarreal, M. T. (s.f.). Participación ciudadana y políticas públicas. *Décimo certamen de ensayo político*. 31-48. Recuperado de [https://www.ceenl.mx/educacion/certamen\\_ensayo/decimo/MariaTeresaVillarrealMartinez.pdf](https://www.ceenl.mx/educacion/certamen_ensayo/decimo/MariaTeresaVillarrealMartinez.pdf)
43. World Wild Fund for Nature WWF (17 de mayo de 2019). *Reciclaje: breve historia de un eterno retorno*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de [https://wwf.panda.org/wwf\\_news/?347192/Reciclaje-breve-historia-de-un-eterno-retorno](https://wwf.panda.org/wwf_news/?347192/Reciclaje-breve-historia-de-un-eterno-retorno)
44. Yumagic. (s.f.). *¿Qué es un cortometraje?* [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://yumagic.com/que-es-cortometraje/>
45. Zafra, C. (2009). Metodología de diseño para la recogida de residuos sólidos urbanos mediante factores punta de generación: sistemas de caja fija (SCF). *Ingeniería e Investigación*, 29(2), 119-126. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v29n2/v29n2a19.pdf>
46. Zamora, J. W. (2013). *Plan de manejo ambiental de desechos sólidos del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango* (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02\\_3688.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_3688.pdf)





# APÉNDICES

## Apéndice 1. Árbol de problemas



Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 2. Matriz de coherencia

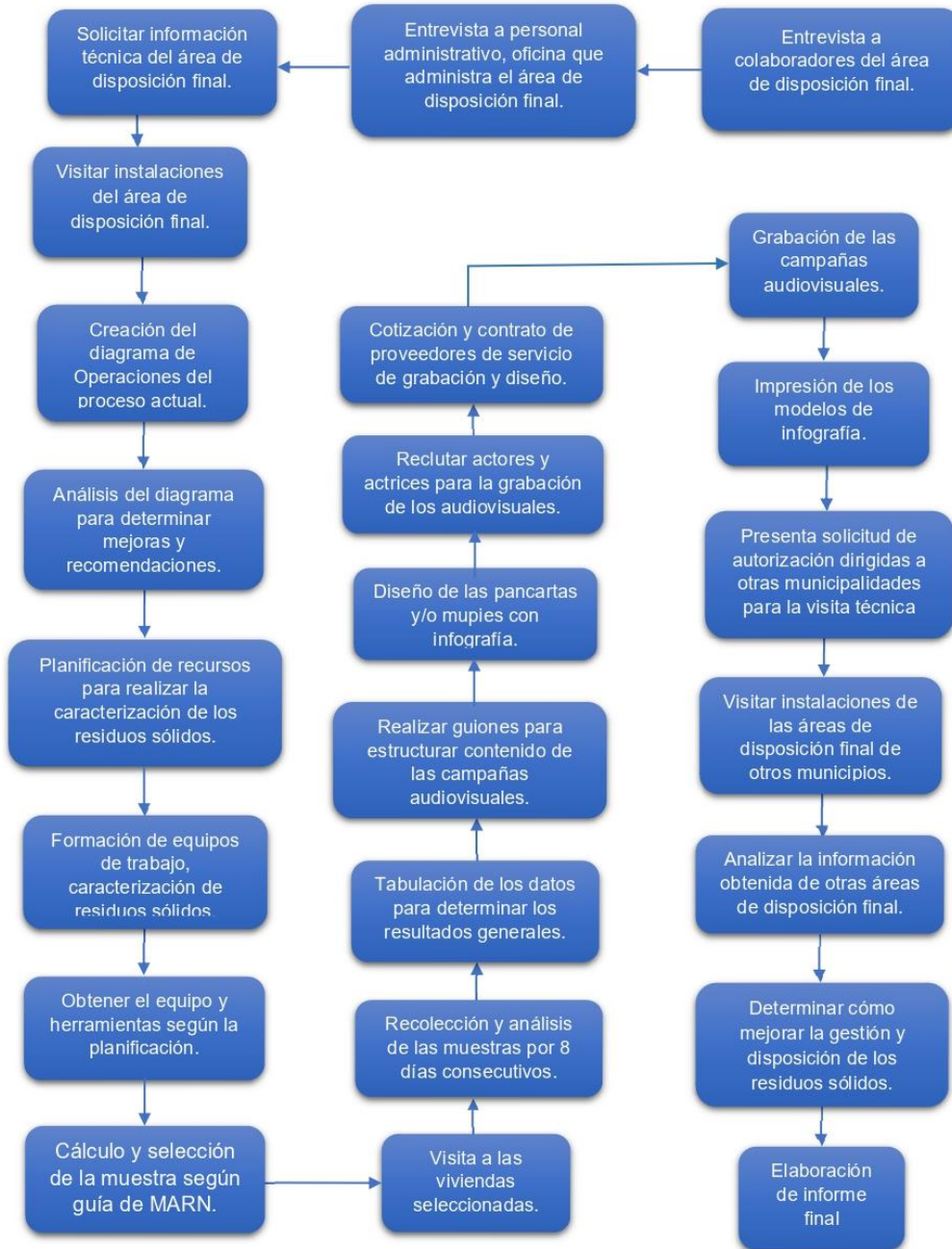
<b>Problema Principal</b>	<b>Preguntas de Investigación</b>	<b>Objetivos de Investigación</b>
<p>Falta de un plan de gestión sustentable de los residuos sólidos en el área urbana del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.</p>	<p><b>Principal</b></p> <p>¿Cuál es el plan más adecuado para gestionar sustentablemente el manejo de los residuos sólidos que se genera en el área urbana del municipio de San Juan La Laguna, departamento de Sololá?</p> <p><b>Secundarias</b></p> <p>¿Cómo opera actualmente el área de disposición final de residuos sólidos del área urbana del municipio de San Juan La Laguna, departamento de Sololá?</p> <p>¿Qué tipos de residuos sólidos ingresan al área de disposición final del área urbana del municipio de San Juan La Laguna, departamento de Sololá?</p> <p>¿Cuáles campañas o actividades pueden ser orientadas a la educación, concientización y práctica del correcto manejo de los residuos sólidos en el área urbana del municipio de San Juan La Laguna, departamento de Sololá?</p> <p>¿Qué proceso y técnica se deben aplicar para perfeccionar el manejo de la disposición final de los residuos sólidos del área urbana del municipio de San Juan La Laguna, departamento de Sololá?</p>	<p><b>General</b></p> <p>Diseñar un plan de gestión sustentable encaminado al correcto manejo de los residuos sólidos que se genera en el área urbana del municipio de San Juan La Laguna, departamento de Sololá.</p> <p><b>Específicos</b></p> <p>Diagnosticar en qué circunstancias opera el área de disposición final de residuos sólidos del área urbana del municipio de San Juan La Laguna, departamento de Sololá.</p> <p>Caracterizar los residuos sólidos generados en el área urbana del municipio de San Juan La Laguna, departamento de Sololá.</p> <p>Diseñar campañas y actividades de divulgación enfocadas en las buenas prácticas de manejo de los residuos sólidos, encaminados a concientizar y educar sobre las buenas prácticas de clasificación y reciclado de los residuos sólidos en el área urbana del municipio de San Juan La Laguna, departamento de Sololá.</p> <p>Determinar el proceso y técnicas para perfeccionar el manejo de la disposición final de los residuos sólidos del área urbana del municipio de San Juan La Laguna, departamento de Sololá.</p>

Continuación apéndice 2.

Justificación	Plan de investigación o plan acción
<p>La presente investigación se justifica en la línea de investigación de Servicios e Infraestructura Municipales, en la sublínea de propuesta de mejoramiento de los servicios públicos municipales de la Maestría en Ingeniería para el Desarrollo Municipal.</p> <p>Los aportes principales de la investigación consisten en: Diseñar el procedimiento adecuado de manejo de los residuos sólidos en área de disposición final. Esquema de las instalaciones del área de disposición final. Caracterizar los residuos sólidos. Establecer canales de divulgación de información sobre clasificación y reciclaje de los residuos sólidos. Plantear otras técnicas que aporten valor al proceso de disposición final de los residuos sólidos.</p> <p>Los resultados que se esperan son: diagrama de operaciones definido. Espacios definidos para cada tipo de residuo sólido en el área de disposición final. Cuantificar la cantidad de residuos sólidos que se generan en el municipio. Reducción de la cantidad de residuos sólidos sin clasificar desde los hogares. Disponer de información de alternativas de gestión del área de disposición final.</p> <p>El plan beneficia directamente a la municipalidad con la mejora en la organización y administración del área de disposición final; a la población, mediante una recolección eficiente de los residuos sólidos; al medio ambiente para reducir y evita su contaminación.</p> <p>Otros beneficios del plan son: evitar los costos por apertura de nuevas áreas de disposición final; eliminar la acumulación de los residuos sólidos sin clasificar, mejorar las condiciones de trabajo de los colaboradores municipales de residuos sólidos.</p> <p>El plan a futuro puede contribuir y convertirse en un instrumento precedente para la formulación e implementación de un plan de gestión integral de los residuos sólidos en la localidad.</p>	<p>Consulta de varias fuentes bibliográficas relacionadas a residuos sólidos. Visitar las instalaciones de disposición final del municipio y de otros municipios aledaños para determinar procesos replicables.</p> <p>Entrevista a los colaboradores operativos y de administración de la oficina encargada de la administración del área de disposición final, para determinar la situación actual.</p> <p>Crear un equipo de trabajo que apoyarán con el estudio de caracterización de los residuos sólidos.</p> <p>Realizar una serie de videos e infografías en la lengua tz'utujil con subtítulos en español. Los temas para tratar son: Tres R's y economía circular, para concientizar a la población a manejar correctamente los residuos sólidos desde los hogares.</p> <p>Visitar áreas de disposición final de residuos sólidos de otros municipios aledaños para recabar información sobre procesos y métodos que aporten valor a la gestión del área de disposición final de San Juan La Laguna.</p>

Fuente: elaboración propia.

### Apéndice 3. Plan de actividades



Fuente: elaboración propia.

#### Apéndice 4. Cronograma preliminar de actividades

	ACTIVIDADES PARA REALIZAR	TIEMPO (MES)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Obtención de información general sobre el área de disposición final.	■											
2	Elaboración del protocolo.		■	■	■								
3	Obtención de información y realización del estudio de los residuos sólidos.		■	■	■	■	■						
4	Análisis de viabilidad de las propuestas.							■					
5	Formulación de resultados de las propuestas.								■				
6	Determinación de la propuesta con más factibilidad.									■			
7	Redacción e impresión de trabajo final de tesis.										■		

Fuente: elaboración propia.



## ANEXOS

### Anexo 1. Recolección de bolsas por vivienda



Fuente: MARN (2018). *Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes*. Consultado el 27 de agosto de 2021.

Recuperado de <https://www.marn.gov.gt/Multimedios/13193.pdf>

## Anexo 2. **Identificación de bolsa recolectada**



Fuente: MARN (2018). *Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes*. Consultado el 27 de agosto de 2021.

Recuperado de <https://www.marn.gov.gt/Multimedios/13193.pdf>



### Anexo 3. **Pesado de los residuos sólidos recolectados**



Fuente: MARN (2018). *Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes*. Consultado el 27 de agosto de 2021.

Recuperado de <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/13193.pdf>

## Anexo 4. Boleta de prueba de composición (ampliación de la tabla VII)

### ANEXO No. 2

#### BOLETA DE CAMPO PARA LA PRUEBA DE COMPOSICIÓN FÍSICA

LOCALIDAD/MUNICIPIO: \_\_\_\_\_ DEPARTAMENTO: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_ HORA DEL ANÁLISIS: \_\_\_\_\_

ESTRATO SOCIOECONÓMICO: \_\_\_\_\_ PESO DE LA MUESTRA: \_\_\_\_\_ kg

TARA DEL RECIPIENTE\*<sup>1</sup>: \_\_\_\_\_ kg RESPONSABLE DEL ANÁLISIS: \_\_\_\_\_

DEPENDENCIA O INSTITUCIÓN: \_\_\_\_\_

#### CLASIFICACIÓN RESIDUOS Y DESECHOS POR CATEGORÍAS

A. ORGÁNICO				
No.	SUBPRODUCTOS	PESO (kg)	% EN PESO	OBSERVACIONES
	Residuos de alimentos			
	Residuos de jardinería			
	Hueso			
<b>Total</b>				

B. PAPEL Y CARTÓN				
No.	SUBPRODUCTOS	PESO (kg)	% EN PESO	OBSERVACIONES
	Papel			
	Cartón			
	Envase de cartón encerado			
<b>Total</b>				

C. PLÁSTICO				
No.	SUBPRODUCTOS	PESO (kg)	% EN PESO	OBSERVACIONES
	Plástico película			
	Plástico rígido			
	PET			
	Poliuretano			
	Poliestireno expandido			
<b>Total</b>				

<sup>1</sup> \*Entiéndase "recipiente" a la bolsa, costal, entre otros que contiene los residuos para pesar.

Continuación anexo 4.

D. VIDRIO				
No.	SUBPRODUCTOS	PESO (kg)	% EN PESO	OBSERVACIONES
	Vidrio de color			
	Vidrio transparente			
<b>Total</b>				

E. MATERIAL FERROSO				
No.	SUBPRODUCTOS	PESO (kg)	% EN PESO	OBSERVACIONES
	Material ferroso			
	Lata			
<b>Total</b>				

F. MATERIAL NO FERROSO				
No.	SUBPRODUCTOS	PESO (kg)	% EN PESO	OBSERVACIONES
	Material no ferroso			
	Lata de aluminio			
<b>Total</b>				

G. VARIOS				
No.	SUBPRODUCTOS	PESO (kg)	% EN PESO	OBSERVACIONES
	Loza y cerámica			
	Madera			
	Hule			
	Tetrapack			
	Cuero			
	Algodón			
	Trapo			
	Fibra dura vegetal (esclerénquima)			
	Fibra sintética			
	Residuo fino (que pase la criba M 2.00)			
<b>Total</b>				

H. DESECHOS SANITARIOS				
No.	SUBPRODUCTOS	PESO (kg)	% EN PESO	OBSERVACIONES
	Papel sanitario			
	Pañal desechable			
<b>Total</b>				

Continuación anexo 4.

I. PELIGROSOS				
No.	SUBPRODUCTOS	PESO (kg)	% EN PESO	OBSERVACIONES
	Pilas alcalinas			
	Pilas de litio			
	Pilas de mercurio			
	Pilas recargables			
	Baterías y acumuladores			
	Aceites y lubricantes			
	Focos incandescentes			
	Focos ahorradores			
	Lámparas fluorescentes			
	Pinturas y solventes			
	Insecticidas y productos de limpieza			
	Medicamentos caducos			
	Jeringas, lancetas, rastrillos			
	Gasas y algodones con restos de			
	Sangre			
	Material de diálisis			
	Termómetros			
	<b>Total</b>			

J. ESPECIALES				
No.	SUBPRODUCTOS	PESO (kg)	% EN PESO	OBSERVACIONES
	Electrodomésticos			
	Tecnológicos (computadoras, celulares etc.)			
	Material de construcción			
	<b>Total</b>			

Fuente: MARN (2018). *Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes*. Consultado el 27 de agosto de 2021.

Recuperado de <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/13193.pdf>

## Anexo 5. Boleta determinación de densidad

### ANEXO No. 3

#### BOLETA DE CAMPO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

LOCALIDAD/MUNICIPIO \_\_\_\_\_ DEPARTAMENTO \_\_\_\_\_

FECHA Y HORA DE LA DETERMINACIÓN \_\_\_\_\_

ESTRATO SOCIOECONÓMICO MUESTREADO \_\_\_\_\_

CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS IMPERANTES DURANTE LA DETERMINACIÓN

\_\_\_\_\_

CAPACIDAD DEL RECIPIENTE: \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>

TARA DEL RECIPIENTE: \_\_\_\_\_ kg

CAPACIDAD DEL RECIPIENTE TOMADA PARA LA DETERMINACIÓN: \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>

PESO BRUTO (peso del recipiente con los residuos): \_\_\_\_\_ kg

PESO NETO DE LOS RESIDUOS (peso bruto - tara): \_\_\_\_\_ kg

PESO VOLUMÉTRICO "IN SITU" DE LOS RESIDUOS: \_\_\_\_\_ kg/ m<sup>3</sup>

RESPONSABLE DE LA DETERMINACIÓN:

Nombre: \_\_\_\_\_

Cargo: \_\_\_\_\_

Dependencia/Institución \_\_\_\_\_

Observaciones:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Fuente: MARN (2018). *Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes*. Consultado el 27 de agosto de 2021.

Recuperado de <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/13193.pdf>