



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

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL MANEJO, DISPOSICIÓN Y
TRATAMIENTO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS, PARA EL ÁREA URBANA
DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**

Rita María Luch Castillo

Asesorado por Inga. Mayra Patricia Rodas Ruano

Guatemala, septiembre de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL MANEJO, DISPOSICIÓN Y
TRATAMIENTO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS, PARA EL ÁREA URBANA
DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

RITA MARÍA LUCH CASTILLO

ASESORADO POR INGA. MAYRA PATRICIA RODAS RUANO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Enrique Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Sergio Fernando Pérez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Juan José Peralta Dardón
EXAMINADOR	Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos
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:

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL MANEJO, DISPOSICIÓN Y TRATAMIENTO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS, PARA EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha julio de 2010.



Rita María Luch Castillo.

Guatemala, julio de 2011

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería, USAC

Estimado Ingeniero Urquizú:

Hago de su conocimiento la aprobación del trabajo de graduación, desarrollado por la estudiante universitaria RITA MARÍA LUCH CASTILLO con carné 200512217 de la carrera de Ingeniería Industrial, cuyo título es: **“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL MANEJO, DISPOSICIÓN Y TRATAMIENTO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS, PARA EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA”**.

Sin otro particular me es grato suscribirme de usted, muy respetuosamente.

Atentamente.


MAYRA PATRICIA RODAS RUANO
INGENIERA INDUSTRIAL
COLEGIADO 6334

Mayra Patricia Rodas Ruano
Ingeniera Industrial
Colegiado No. 6,334



REF.REV.EMI.126.011

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL MANEJO, DISPOSICIÓN Y TRATAMIENTO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS, PARA EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**, presentado por la estudiante universitaria **Rita María Luch Castillo**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

DI Y ENSEÑAD A TODOS

Victor Hugo Garcia Roque
INGENIERO INDUSTRIAL
Colegiado No. 5133

Ing. Víctor Hugo García Roque
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, agosto de 2011.

/mgp



El Director de la Escuela de 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 Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL MANEJO, DISPOSICIÓN Y TRATAMIENTO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS, PARA EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**, presentado por la estudiante universitaria **Rita María Luch Castillo**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, septiembre de 2011.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL MANEJO, DISPOSICIÓN Y TRATAMIENTO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS, PARA EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA.** presentado por la estudiante universitaria **Rita María Luch Castillo**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, septiembre de 2011.

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Incomparable Señor, gracias porque en todo momento sentí tu amor y fortaleza en mi vida. La honra y gloria sean para Ti.
- Mis padres** Enmer Saúl Luch y Vilma de Luch, gracias por ser mi ejemplo, por su amor y apoyo incondicional. Gracias por depositar su confianza y creer en mí, los amo.
- Mis abuelos** Daniel Luch, Josefina de Luch, Carlos Castillo y Berta de Castillo, ustedes son el pilar fundamental de mi familia, gracias por existir.
- Mi hermana** Ana Lucía Luch, gracias por acompañarme y compartir tantas aventuras y experiencias juntas, vales mucho para mí.
- Mi novio y amigo** José Fernando Reyes, eres partícipe de este logro, gracias por tu amor y paciencia y por estar siempre a mi lado, te amo.
- Mis tíos y primos** Hoy comparto esta meta alcanzada con ustedes, gracias por estar presentes a lo largo de mi vida y fortalecer la unión familiar.

Mis amigos

Gracias por enriquecer mi vida con tantas experiencias agradables. Los atesoro en mi corazón a cada uno de ustedes.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrir sus puertas y permitirme formar parte de tan prestigiosa casa de estudios.
Facultad de Ingeniería	Por representar mi hogar profesional y brindarme los conocimientos de la ingeniería.
Inga. Mayra Rodas	Por su paciencia y apoyo en la realización de este trabajo de graduación. Gracias por sus conocimientos aportados.
Ingenieros	Murphy Olympo Paíz, Víctor Hugo García Roque y Marco Antonio García, por sus conocimientos, apoyo y confianza brindada a lo largo de mi carrera.
Municipalidad de San Miguel Petapa	Por permitirme realizar este trabajo de graduación y aportar al desarrollo de sus pobladores.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ESTUDIO DE MERCADO	
1.1. Análisis de la demanda	1
1.1.1. Antecedentes de la demanda.....	1
1.1.2. Demanda actual	4
1.1.2.1. Población	4
1.1.2.2. Volúmenes de basura generados	6
1.1.3. Demanda futura	7
1.1.4. Características de la población demandante	9
1.2. Análisis de la oferta.....	10
1.2.1. Oferta actual.....	10
1.2.2. Oferta futura	11
2. ESTUDIO TÉCNICO	
2.1. Localización	13
2.1.1. Macro localización.....	13
2.1.2. Micro localización	15
2.2. Tamaño del proyecto.	17

2.2.1.	Volumen de desechos proyectados por la demanda	17
2.2.2.	Recursos disponibles.....	18
2.2.2.1.	Financieros	18
2.2.2.2.	Materiales.	19
2.2.2.3.	Recursos humanos	19
2.2.3.	Análisis de las ubicaciones potenciales del vertedero	20
2.2.3.1.	Descripción técnica.....	20
2.3.	Técnicas y procedimientos	22
2.3.1.	Generación de desechos sólidos	22
2.3.1.1.	Volúmenes, tipos y características de los desechos sólidos.....	22
2.3.1.2.	Recipientes para uso en calles y lugares públicos.....	23
2.3.1.3.	Barrido de lugares públicos	25
2.3.2.	Recolección y transporte	27
2.3.2.1.	Sectores donde se prestará el servicio	27
2.3.2.2.	Métodos de recolección	30
2.3.2.3.	Propuesta del tren de aseo.....	32
2.3.3.	Disposición final	38
2.3.3.1.	Clasificación de los desechos sólidos.....	38
2.3.3.2.	Personal empleado	40
2.3.3.3.	Diagrama de flujo del funcionamiento.....	41
3.	ESTUDIO ADMINISTRATIVO	
3.1.	Organización para la ejecución del proyecto	45
3.1.1.	Programa de ejecución	45
3.1.2.	Diseño organizacional.....	46
3.1.3.	Supervisión, control y evaluación de la obra física del proyecto	49

3.2.	Diseño para la operación, administración y mantenimiento del sistema.....	55
3.2.1.	Organigrama	60
4.	ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	
4.1.	Ubicación y descripción general de la obra o actividad proyectada.....	61
4.2.	Identificación del impacto ambiental	61
4.2.1.	Fase de construcción	61
4.2.2.	Fase de operación	62
4.3.	Control ambiental.....	62
4.3.1.	Residuos y/o contaminantes que serán generados	62
4.3.2.	Emisiones a la atmósfera	63
4.3.3.	Descarga de aguas residuales.....	63
4.3.4.	Desechos sólidos	63
4.3.5.	Ruidos.....	64
4.3.6.	Contaminación visual.....	64
4.4.	Plan de mitigación.....	65
4.4.1.	Identificación de impactos y medidas de mitigación.....	65
4.4.1.1.	Identificación de impactos	66
4.4.1.1.1.	Impactos positivos.....	67
4.4.1.1.2.	Impactos negativos	67
4.4.1.2.	Medidas de mitigación	68
4.4.2.	Programa de monitoreo ambiental	70
4.4.3.	Programa de contingencia y prevención de accidentes.....	75
4.4.4.	Plan de manejo y disposición final de desechos en las diferentes fases de desarrollo.....	76

5.	ESTUDIO ECONÓMICO	
5.1.	Fijación de la tarifa de recolección	79
5.2.	Costos generales del proyecto	80
5.2.1.	Costo del equipo y materiales.....	81
5.2.2.	Costo de operación.....	82
5.2.3.	Costo de mantenimiento	83
5.2.4.	Costo de mano de obra	84
6.	ESTUDIO FINANCIERO	
6.1.	Flujo de fondos del proyecto.....	85
6.1.1.	Ingresos	86
6.1.2.	Egresos.....	87
6.2.	Evaluación financiera	88
6.2.1.	Análisis del valor actual neto (VAN).....	88
6.2.2.	Relación beneficio costo (B/C).....	89
6.2.3.	Tasa interna de retorno (TIR)	90
	CONCLUSIONES.....	91
	RECOMENDACIONES	93
	BIBLIOGRAFÍA.....	95
	APÉNDICE	97

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Vertedero mercado municipal -frente-	3
2.	Vertedero mercado municipal -lateral-	3
3.	Panorámica mercado municipal	4
4.	Comportamiento del crecimiento poblacional.....	5
5.	Comportamiento de la proyección del crecimiento poblacional.....	9
6.	Mapa departamento de Guatemala y sus municipios.....	14
7.	Mapa ubicación municipio San Miguel Petapa	16
8.	Modelo de rutas para doble peine	37
9.	Diagrama de flujo del funcionamiento	43
10.	Diseño organizacional	46
11.	Organigrama del proyecto.....	60

TABLAS

I.	Crecimiento poblacional San Miguel Petapa	5
II.	Producción de residuos sólidos área metropolitana años 1995 y 2000....	6
III.	Proyección crecimiento poblacional San Miguel Petapa	8
IV.	Proyección de volúmenes generados de desechos para los próximos diez años	17
V.	Sectores donde se prestará el servicio de recolección	27
VI.	Matriz de valorización de impactos generados al medio ambiente	66
VII.	Monitoreo de lixiviados	71

VIII.	Monitoreo del acuífero	73
IX.	Monitoreo de partículas aereotransportables	74
X.	Proyección viviendas demandantes del servicio de recolección en San Miguel Petapa	79
XI.	Proyección tarifa del servicio de recolección	80
XII.	Costo del equipo y materiales	81
XIII.	Costo de operación	82
XIV.	Costo de mantenimiento.....	83
XV.	Costo de mano de obra	84
XVI.	Flujo de fondos del proyecto	85
XVII.	Ingresos del proyecto	86
XVIII.	Egresos del proyecto	87
XIX.	Valor actual neto desde el punto de vista financiero	88
XX.	Tasa Interna de Retorno TIR.....	90

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
DBO₅	Demanda bioquímica de oxígeno transcurridos cinco días.
DQO	Demanda química de oxígeno, para medir el grado de contaminación.
°C	Grado centígrado
°	Grado sexagesimal
Kg	Kilogramo
Km²	Kilómetro cuadrado
m²	Metro cuadrado
ml	Mililitros
N₂	Nitrógeno
PM-10	Partículas fracción respirable
%	Porcentaje
pH	Potencial de hidrógeno
R²	Proporción de la varianza de y que puede atribuirse a la varianza de x.

Q	Quetzal, moneda oficial de Guatemala
B/C	Relación beneficio costo
Tm	Tonelada métrica

GLOSARIO

Acuífero	Estructura geológica estratigráfica sedimentaria, cuyo volumen de poros está ocupado por agua en movimiento o estática, capaz de ceder agua en cantidades significativas, ya sea por afloramiento en manantiales o por extracción mediante pozos.
AMSA	Autoridad para el Manejo Sustentable de la cuenca del lago de Amatitlán.
CONADES	Comisión Nacional de Desechos Sólidos.
Crecimiento poblacional	Es el cambio en la población en un cierto plazo, y puede ser cuantificado como el cambio en el número de individuos en una población usando tiempo por unidad para su medición.
Desecho sólido	Es todo objeto sólido o semisólido, putrescible o no putrescible, con excepción de excretas de origen humano, excluyendo los peligrosos, que se rechaza porque ya no se utiliza.
Desecho sólido inorgánico	Son los desechos que provienen de procesos industriales, comerciales, domésticos,

hospitalarios, entre otros, que por sus características no se degradan.

Desecho sólido orgánico Son los desechos que se generan de las actividades del ser humano y de la naturaleza.

Disposición final Proceso de aislar y confinar los desechos sólidos en forma definitiva, situándolos en lugares especialmente diseñados para recibirlos y eliminarlos, obviando su contaminación.

IGN Instituto Geográfico Nacional.

INE Instituto Nacional de Estadística.

JICA Agencia de Cooperación Internacional del Gobierno del Japón (*Japan International Cooperation Agency*).

Lixiviados Son aquellos fluidos producidos por la descomposición o putrefacción natural de los desechos orgánicos, que posteriormente se filtran por condiciones ambientales. Sus características fisicoquímicas y microbiológicas naturales pueden alterar el suelo y el agua.

MARN Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

MSPAS Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

OMP	Oficina Municipal de Planificación.
Producción <i>per cápita</i>	Parámetro que asocia el tamaño de la población, la cantidad de residuos y el tiempo; siendo la unidad de expresión el kilogramo por habitante por día (Kg/habitante/día) o unidades equivalentes.
Recolección	Acción y efecto de retirar y recoger las basuras y residuos sólidos de uno o varios generadores, efectuada por su generador o por la entidad prestadora del servicio público.
TIR	Tasa Interna de Retorno.
Tratamiento de desechos	Conjunto de técnicas y métodos de procesamiento, físicos, químicos y biológicos, encaminados a la transformación de los residuos o al aprovechamiento de los recursos contenidos en ellos
UFC	Unidad Formadora de Colonias.
VAN	Valor Presente Neto.

RESUMEN

Las actividades desarrolladas por la sociedad relacionadas con el consumo de energía, agua y materiales están destinadas a ser ineficientes, ya que por lo general se realizan bajo procesos generadores de grandes cantidades de residuos sólidos. Derivado de estas actividades existe una gran presión a nivel ecológico, como consecuencia de la disposición final de los residuos sólidos que se vierten irresponsablemente en lugares inadecuados. Tal es el caso del municipio de San Miguel Petapa, donde la liberación de contaminantes al ambiente complica la calidad de vida y la supervivencia de las generaciones presentes y futuras.

La ventaja primordial de la realización de este estudio es someter a la consideración de las autoridades municipales y pobladores del área urbana del municipio de San Miguel Petapa, una serie de técnicas y procedimientos que permitan orientar y conjuntar todos los esfuerzos, para reducir la generación de los residuos y darles un manejo integral, resaltando los aspectos ambientales a considerar, al diseñar un programa municipal de gestión integral del manejo de los desechos sólidos comunes (basura).

A través de diferentes estudios se logró determinar los volúmenes de los desechos generados en el área urbana del municipio y los lineamientos para ejecutar el tren de aseo municipal. En la actualidad se pueden hacer uso de técnicas de bajo costo para el manejo de los desechos y su disposición, a fin de generar ingresos económicos que conviertan el proyecto en autosostenible, además de amigable al medio ambiente.

OBJETIVOS

General

Proporcionar a la municipalidad de San Miguel Petapa los lineamientos y mecanismos propios de la ingeniería para que implementen un manejo integral de los residuos sólidos del área urbana del municipio.

Específicos

1. Determinar las fuerzas que afectan los requerimientos de la población urbana de San Miguel Petapa, mediante un análisis de oferta y demanda para el manejo de desechos sólidos.
2. Identificar, seleccionar y planificar alternativas de recolección, ubicación, manejo y tratamiento de los desechos sólidos.
3. Proponer un programa de extracción de basura del área urbana del municipio de San Miguel Petapa.
4. Guiar a las autoridades municipales en la solución del problema de contaminación por desechos sólidos.
5. Realizar un análisis financiero para el desarrollo del proyecto con el fin de utilizar adecuadamente los recursos.

6. Identificar los factores ambientales críticos, medidas de prevención y/o mitigación de los impactos.
7. Diseñar el tren de aseo para la recolección de basura en el municipio de San Miguel Petapa, Guatemala.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el manejo integral de los desechos sólidos está orientado al desarrollo sostenible en términos ambientales y socioeconómicos. De ahí la importancia de la aplicación de los métodos y técnicas de la ingeniería para proponer soluciones viables y factibles, para la problemática provocada por el mal manejo de los desechos sólidos en una comunidad.

El manejo integral de los residuos sólidos combina métodos de recolección, procesamiento y disposición final, que dan lugar a beneficios ecológicos, optimización económica y mejora en las condiciones de vida de los habitantes de la región afectada.

Mediante el desarrollo del presente estudio de factibilidad se pretende fijar los lineamientos básicos para el manejo integral de los desechos sólidos provenientes del área urbana del municipio de San Miguel Petapa. Las condiciones ambientales actuales afectan, considerablemente, la calidad de vida de los vecinos, no solo por la degradación ambiental, sino también por la proliferación de enfermedades, que un mal manejo de los desechos sólidos puedan causar.

Bajo las circunstancias mencionadas anteriormente, la elaboración de este trabajo de graduación tiene como propósito principal, servir de apoyo al estudiante universitario o profesional interesado en establecer los principios básicos, técnicas y estrategias necesarias para implementar y fortalecer los sistemas de manejo integral de residuos sólidos en determinada región

1. ESTUDIO DE MERCADO

1.1. Análisis de la demanda

Es importante medir las fuerzas que impactan los requerimientos del mercado con respecto al servicio que se va a ofrecer y determinar la satisfacción de este servicio en la demanda.

El estudio de mercado del presente trabajo de graduación toma como principales fuentes de información los datos de los últimos censos para el país de Guatemala, siendo el último, Censo Nacional XI de Población y VI de Habitación 2002; además de la información brindada por la municipalidad de San Miguel Petapa.

1.1.1. Antecedentes de la demanda

Los principales problemas en el manejo de los desechos sólidos en Guatemala inician por la poca vigilancia y control en la disposición final de la basura que se convierte en grandes vertederos ilegales. La pobreza, indirectamente repercute desfavorablemente, debido a que los asentamientos ubicados en lugares inaccesibles, dificultan la recolección y por consiguiente dan lugar a sitios inadecuados para la disposición final. También afectan la carencia de una unidad de control y monitoreo para el manejo apropiado de los desechos municipales y la poca disposición de la mayoría de la población para pagar los servicios de recolección y disposición final de los mismos.

Específicamente, la municipalidad de San Miguel Petapa, por varios años ha prestado el servicio de barrido de la vía pública y transportarlos hacia el contenedor del mercado municipal, ocasión que los vecinos aprovechan para dejar sus residuos en la vía pública, actuando de forma irresponsable del manejo y disposición de los mismos. Esto permitió que la municipalidad autorizara a una empresa particular para la prestación del servicio de extracción domiciliar. Sin embargo, no todos los vecinos pagan el servicio por su precio, lo que ha provocado la creación de botaderos de residuos clandestinos no controlados por la municipalidad.

El volumen de basura que se genera en el municipio de San Miguel Petapa es directamente proporcional al crecimiento de la población, y dado que no hay una conciencia ambiental por parte de sus habitantes, los promontorios de residuos se dan en terrenos baldíos, afueras del mercado, barrancos, entre otros.

Anexo a la municipalidad de San Miguel Petapa se encuentra el mercado municipal, el cual posee su propio vertedero de desechos para uso exclusivo de los inquilinos; sin embargo, hay vecinos del pueblo que aprovechan este medio para depositar sus desechos domiciliarios, lo que ha provocado que se convierta en un vertedero no controlado, y causa contaminación visual, ya que anexo al mercado municipal se encuentran las canchas deportivas donde se ubica la feria patronal, en honor a San Miguel Arcángel, del 25 al 30 de septiembre.

Figura 1. **Vertedero mercado municipal -frente-**



Fuente: vertedero mercado municipal San Miguel Petapa.

Figura 2. **Vertedero mercado municipal -lateral-**



Fuente: vertedero mercado municipal San Miguel Petapa.

Figura 3. **Panorámica mercado municipal**



Fuente: vista panorámica mercado municipal San Miguel Petapa.

1.1.2. Demanda actual

Por demanda actual se definirá a todos los pobladores del municipio de San Miguel Petapa, los cuales son potenciales para la prestación del servicio municipal de manejo y disposición de extracción de basura, tomando en cuenta que el volumen de basura generado es directamente proporcional al crecimiento poblacional.

1.1.2.1. Población

Según el último censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística, INE, de 2002, el municipio de San Miguel Petapa tiene una población de 101 242 habitantes. En la la tabla I se muestran los datos de población de los últimos censos realizados, el dato poblacional devuelto para el 2011 es

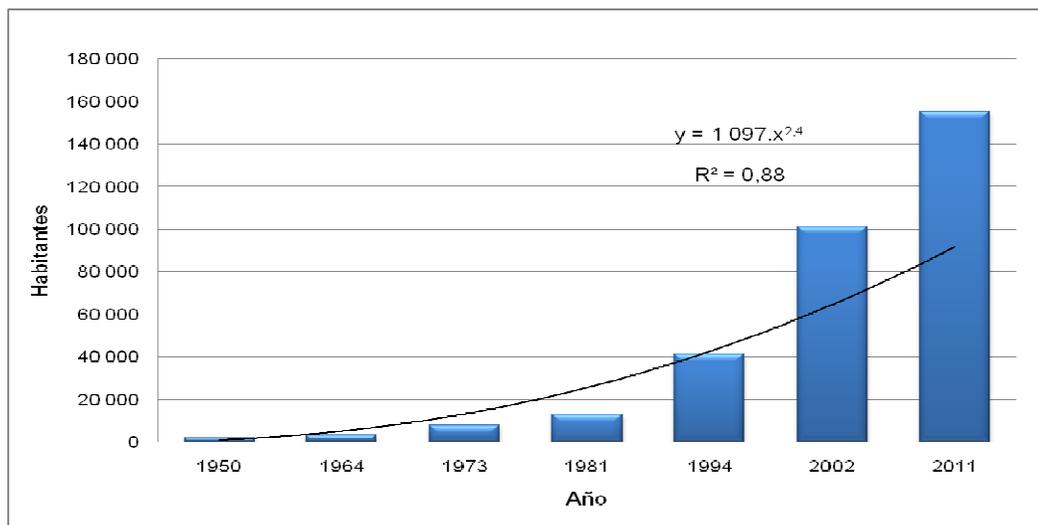
resultado de la proyección calculada con base al pronóstico de crecimiento exponencial $y = b * m^x$ a través de los datos existentes.

Tabla I. **Crecimiento poblacional San Miguel Petapa**

CENSO	AÑO	POBLACIÓN (habitantes)
VI	1950	2 146
VII	1964	3 373
VIII	1973	8 078
IX	1981	13 271
X	1994	41 506
XI	2002	101 242
	2011	155 167

Fuente: elaboración propia.

Figura 4. **Comportamiento del crecimiento poblacional**



Fuente: elaboración propia.

1.1.2.2. Volúmenes de basura generados

Para estimar la cantidad de residuos que genera una población, se tiene como parámetro la cantidad de producción *per cápita* (PPC), con lo que se determina la cantidad de residuos que genera un habitante por kilogramo al día, siendo la expresión PPC = kilogramo/habitante/día.

Con base en el documento, “Estudio sobre el manejo de los desechos sólidos en el área metropolitana en la ciudad de Guatemala”, elaborado por la Agencia de Cooperación Internacional del Gobierno del Japón, por sus siglas en inglés, *JICA*, en septiembre de 1991, si se admite una tasa de generación de basura domiciliaria de 0,5 kg por habitante por día, se puede calcular la generación por municipio en toneladas métricas por día (Tm/día)

Tabla II. **Producción de residuos sólidos área metropolitana años 1995 y 2000**

CIUDAD	Tm/día 1995	Tm/día 2000
Chinautla	47,30	57,80
Guatemala	679,20	829,30
Mixco	229,20	274,50
San Miguel Petapa	27,90	39,30
San José Pinula	19,40	23,70
Santa Catarina Pinula	26,70	32,60
Villa Canales	47,30	57,80
Villa Nueva	135,80	165,90
TOTAL	1 212,80	1 480,90

Fuente: Agencia de Cooperación Internacional del Gobierno del Japón, *JICA*.

En la tabla II se puede observar que para el municipio de San Miguel Petapa, para el 2000 se tiene una generación de 39,90 Tm/día, por lo que a partir de la información obtenida se puede proyectar el volumen de generación de desechos en toneladas métricas por día (Tm/día) para el 2011.

Datos:

- Población Petapa 2011= 155 167 habitantes
- PPC = 0,5 kg/habitante/día
- Densidad suelta de la basura= 0,40 Tm/m³
- 1 tonelada métrica (Tm) = 1000 kg

V = Volumen de generación de desechos sólidos

$$V = 155\ 167\ habitantes * 0,5 \frac{kg}{persona} * día = 77\ 583,50\ kg * día$$

$$V = 77\ 583,50\ kg * día \cdot \frac{1\ Tm}{1000\ kg} = 77,58\ Tm * día$$

$$V = 77,58\ Tm * día / 0,40 \frac{Tm}{m^3} = 193,96 \frac{m^3}{día}$$

1.1.3. Demanda futura

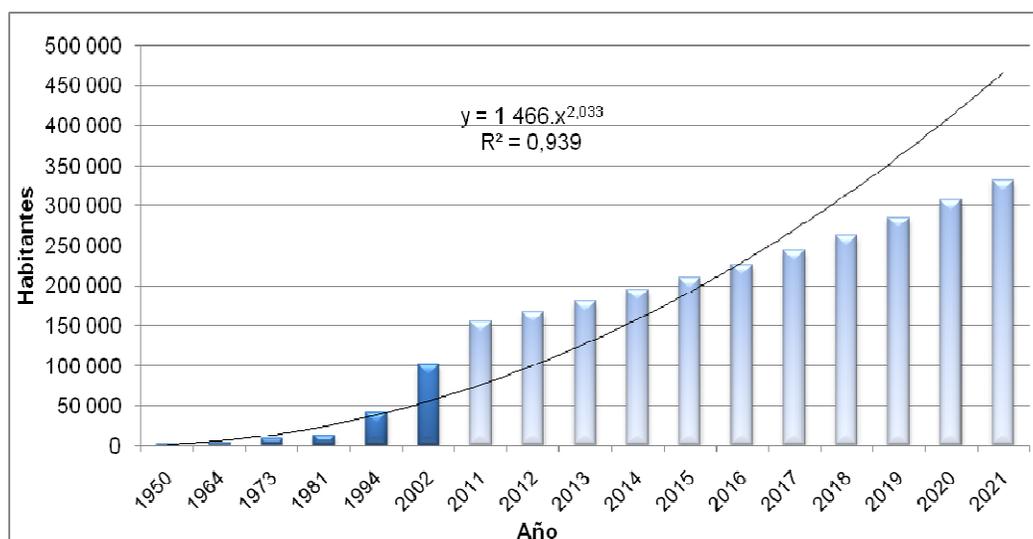
Se proyecta para los próximos diez años la población del municipio de San Miguel Petapa. Según el último censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística, INE, en el 2002, en este municipio el número de habitantes era de 101 242. En la tabla III se muestran los datos de población proyectados para los próximos 10 años, el dato poblacional devuelto se genera con base al pronóstico de crecimiento exponencial $y = b * m^x$ a través de los datos existentes.

Tabla III. **Proyección crecimiento poblacional San Miguel Petapa**

CENSO	AÑO	POBLACIÓN (habitantes)
VI	1950	2 146
VII	1964	3 373
VIII	1973	8 078
IX	1981	13 271
X	1994	41 506
XI	2002	101 242
	2011	155 167
	2012	167 352
	2013	180 492
	2014	194 665
	2015	209 951
	2016	226 436
	2017	244 217
	2018	263 393
	2019	284 075
	2020	306 382
	2021	330 439

Fuente: elaboración propia, con datos de INE.

Figura 5. **Comportamiento de la proyección del crecimiento poblacional**



Fuente: elaboración propia, con datos de INE.

1.1.4. **Características de la población demandante**

De la situación socioeconómica de la población se tiene que el 46,22% se dedica a labores agrícolas, el 12,41% al comercio, 19,85% a labores industriales, el 9,77% a la ganadería y el 12,56% a actividades varias.

La categoría de las viviendas se clasifica de la siguiente manera: colonias 85,09%, pueblos 6,85%, aldeas 2,95%, fincas 2,49%, caseríos 1,21%, condominios, asentamientos y parajes 1,41%.

Acerca de la educación, se tiene que el 87,91% de la población sabe leer y escribir, de este porcentaje el 65,20% posee nivel primario y el 34,80% nivel medio; el 12,09% de la población es analfabeta, de este porcentaje el 64,19% son adultos y el 35,79% son niños.

Del estado civil de la población se conoce que el 32,48% es soltera; el 34,65% es casada; el 21,56% por unión libre y el 11,31% es divorciado o viudo. La edad promedio de la población masculina es de 26 años, mientras que para la femenina es de 31 años.

El 52,68% de la población profesa la religión católica mientras que el 37,11%, la evangélica y el 10,21% no profesa ninguna religión.

1.2. Análisis de la oferta

Para analizar la oferta se toma como referencia dos escenarios: el primero se refiere a la actual, donde se define el servicio que actualmente se presta a los pobladores del municipio, para el manejo y disposición de los desechos sólidos; el segundo escenario es la oferta futura es donde se define el alcance del proyecto, es decir, el servicio que se pretende prestar a los pobladores para tener un óptimo manejo y disposición de los desechos sólidos, además, que sea auto sostenible y que la inversión sea reintegrada conforme al avance del mismo.

1.2.1. Oferta actual

Con respecto al servicio de recolección privado de residuos sólidos, solamente la municipalidad de Guatemala cuenta con una base de datos de las empresas que prestan este servicio: 332 propietarios, de los cuales 302 se encuentran afiliados al Gremial de Recolectores de Basura. De estas empresas, cada una cuenta con un promedio de 3 a 4 personas, lo que determina una población aproximada dentro del sector formal que oscila entre los 900 y 1 500 empleados para brindar el servicio en la ciudad de Guatemala y sus áreas de influencia como los municipios de Villa Nueva, San Miguel Petapa y Mixco.

Actualmente existe en el sector municipal de San Miguel Petapa una entidad privada que atiende el servicio de recolecta de los desechos sólidos domiciliarios, en su mayoría, la población no hace uso de este servicio y disponen de sus desechos depositándolos en barrancos contiguos a las áreas habitadas, o los depositan en vertederos clandestinos, en el peor de los casos los queman, lo que provoca contaminación ambiental.

1.2.2. Oferta futura

Se espera que el proyecto sea ejecutado por la municipalidad de San Miguel Petapa. La oferta futura es atender por medio del servicio de recolección municipal a la población, que actualmente es cubierta por el servicio de extracción particular, y a la población que no es atendida y actualmente utiliza diferentes mecanismos para la disposición de sus desechos, que nos son amigables con el medio ambiente.

Tomando en cuenta que actualmente la población paga una cuota mensual de Q 35,00 por vivienda se ha considerado fijar solamente un porcentaje de la cuota actual como tarifa promedio al mes por vivienda. En consecuencia se establece la oferta del proyecto del tamaño de la demanda del mismo.

Con esto se planea minimizar el impacto de los contaminantes en el ambiente, y con la fijación de la tarifa a cobrar se espera que se convierta en un proyecto auto sostenible. Además se extenderá la cobertura del servicio a las aldeas, caseríos, parajes y fincas que pertenecen al municipio, de acuerdo al crecimiento poblacional.

2. ESTUDIO TÉCNICO

2.1. Localización

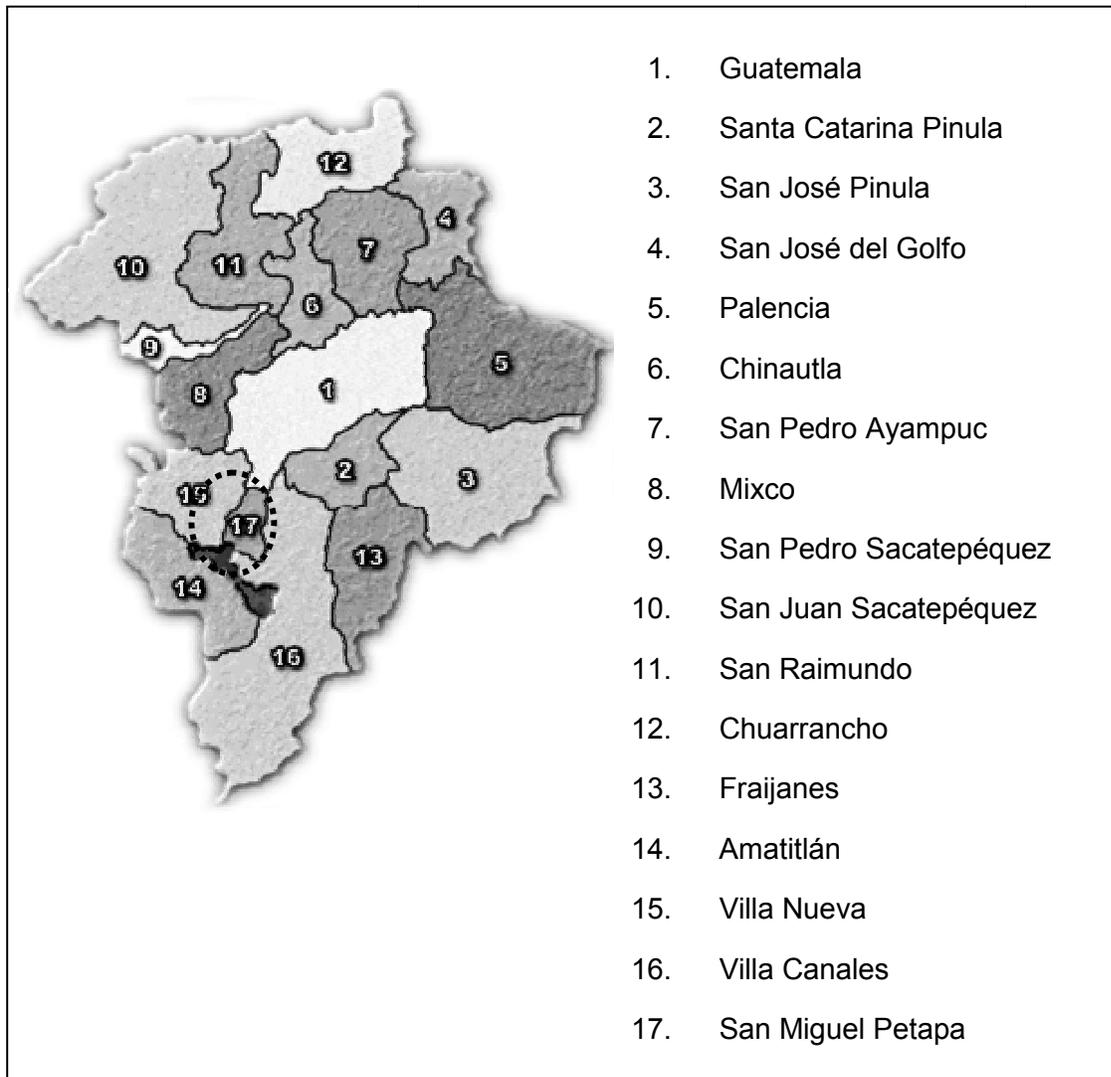
2.1.1. Macro localización

El departamento de Guatemala se encuentra ubicado en el país de Guatemala, situado en la región I o región Metropolitana, su cabecera departamental es Guatemala, limita al Norte con el departamento de Baja Verapaz; al Sur con los departamentos de Escuintla y Santa Rosa; al Este con los departamentos de El Progreso, Jalapa y Santa Rosa; y al Oeste con los departamentos de Sacatepéquez y Chimaltenango. Se ubica en la latitud 14° 38' 29" y longitud 90° 30' 47", y cuenta con una extensión territorial de dos mil doscientos cincuenta y tres kilómetros cuadrados (2 253 km²).

La mayor parte de la industria del país se encuentra en la capital. Los principales productos industriales son: alimentos procesados, productos lácteos, textiles, vestuario, productos de cuero, madera y papel, imprentas, materiales de construcción, como: tubos, ladrillo y cemento, vidrio, químicos, aceites, jabón, ensamble de automóviles y electrodomésticos; aguas gaseosas, licores, concentrados para animales, gases industriales, estructuras metálicas, etc.

El departamento de Guatemala posee diecisiete municipios, que son: Amatitlán, Chinautla, Chuarrancho, Fraijanes, Mixco, Palencia, San Miguel Petapa, San José del Golfo, San Juan Sacatepéquez, San Pedro Ayampuc, San Raimundo, Santa Catarina Pinula, Villa Canales, Villa Nueva, San José Pinula y San Pedro Sacatepéquez.

Figura 6. **Mapa departamento de Guatemala y sus municipios**



Fuente: INGUAT.

Entre sus accidentes orográficos, el volcán de Pacaya, localizado al Sur del lago de Amatitlán, con una altura de 2 250 metros. Su ascenso puede iniciarse desde Santa Elena Barillas o San Francisco de Sakes y de la meseta puede llegarse en una hora al cono, que fue formado en 1965. Es un volcán activo y últimamente ha estado en constante erupción.

Uno de los atractivos más importantes que posee es el lago de Amatitlán, a 29 kilómetros de la capital por la autopista del Pacífico, sobre él tienen jurisdicción los municipios de Villa Canales, San Miguel Petapa y Amatitlán. Puede utilizarse como sitio de pesca, balneario o para recorrerlo en embarcaciones de todo tipo.

A través del teleférico se puede llegar del Parque Las Ninfas al parque de las Naciones Unidas, además que, durante el trayecto aéreo se observa un panorama completo del lago y sus alrededores. El Parque Naciones Unidas es un área forestal, con espacios recreacionales, bosques y vistas panorámicas, así como réplicas de monumentos prehispánicos.

El departamento cuenta además con gran cantidad de turicentros artificiales, sitios recreativos, piscinas de hoteles, clubes, asociaciones públicas y privadas.

2.1.2. Micro localización

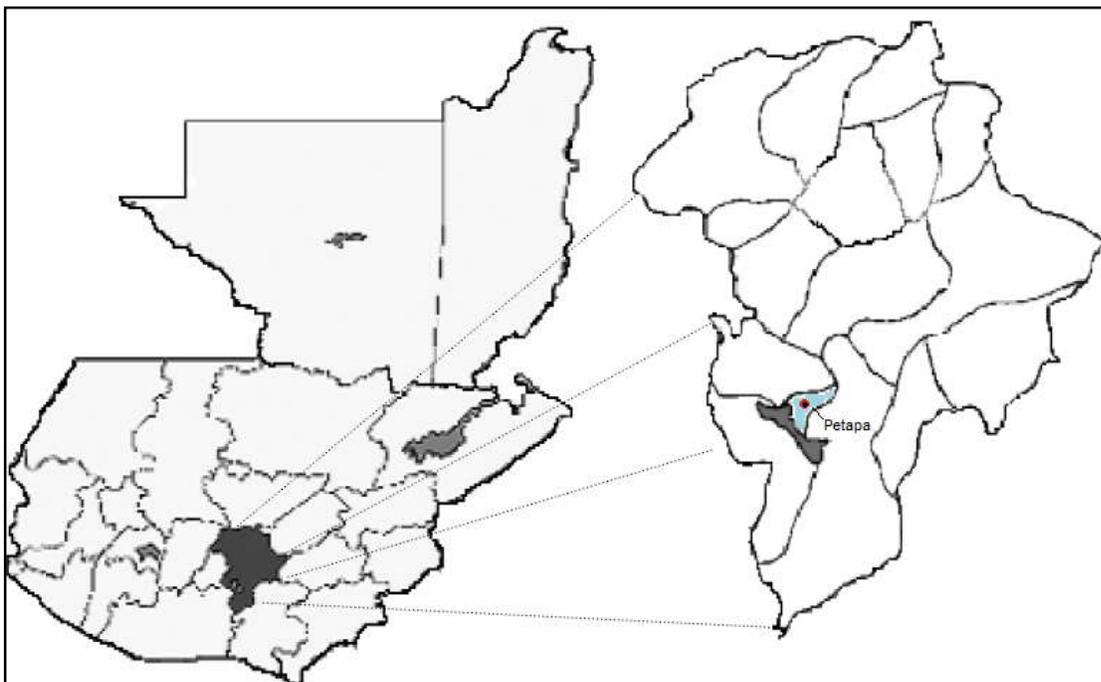
Conocido por su nombre geográfico oficial: San Miguel Petapa, pertenece al departamento de Guatemala. El área aproximada, según estimaciones del Instituto Geográfico Nacional, IGN, es de treinta kilómetros cuadrados y fracción (30 km²). Respecto a sus límites o colindancias se puede decir que, por el Norte colinda con el municipio de Guatemala, al Oriente con el municipio de Villa Canales, al Sur con el municipio de Amatitlán y al Poniente con el municipio de Villa Nueva.

El municipio se localiza a una latitud Norte de 14°24" y una longitud Oeste de 90°37". Posee una elevación de 1 200 m/nm. Es de clima templado y sus

temperaturas promedian los 20°C, la humedad es de 50%. En cuanto a su precipitación pluvial es de 100 mm/año.

Cruzan este municipio los ríos Villalobos, Ojo de Agua, Pinula, los Platanitos o Sucio, todos de menor caudal, que se unen a los ríos Tulu y Morán, formando una corriente mayor que desemboca en el lago de Amatitlán. Los ríos Villalobos y Morán sirven de límite con el municipio de Villa Nueva y Vila Canales, también algunas quebradas, así como varios manantiales uno de ellos Ojo de Agua, del cual se obtiene el agua potable para la población. Hacia el Sur se encuentra el lago de Amatitlán. Los ríos que atraviesan el municipio de San Miguel Petapa, pertenecen a la cuenca del María Linda y a la sub-cuenca del Villa Lobos.

Figura 7. **Mapa de ubicación municipio San Miguel Petapa**



Fuente: Oficina Municipal de Planificación San Miguel Petapa.

2.2. Tamaño del proyecto

2.2.1. Volumen de desechos proyectados por la demanda

Para estimar el volumen proyectado de desechos que genera la población, es necesario tomar como referencia el indicador de producción *per cápita* (PPC), según los datos proporcionados por la Comisión Nacional de Desechos Sólidos -CONADES- la producción per cápita de la población guatemalteca es PPC = 0,5 kg/habitante/día y la densidad de la basura tiene un valor de 0,40Tm/m³.

A partir de esos datos se genera la tabla IV, que demuestra un panorama del volumen de desechos para la demanda actual y futura.

Tabla IV. **Proyección de volúmenes generados de desechos para los próximos diez años**

AÑO	POBLACIÓN (habitantes)	Kg/día	Tm/día	m³/día
2011	155 167	77 583,73	77,58	193,96
2012	167 352	83 675,78	83,68	209,19
2013	180 492	90 246,18	90,25	225,62
2014	194 665	97 332,52	97,33	243,33
2015	209 951	104 975,28	104,98	262,44
2016	226 436	113 218,18	113,22	283,05
2017	244 217	122 108,32	122,11	305,27

Continuación tabla IV.

2018	263 393	131 696,54	131,70	329,24
2019	284 075	142 037,65	142,04	355,09
2020	306 382	153 190,76	153,19	382,98
2021	330 439	165 219,64	165,22	413,05

Fuente: elaboración propia.

2.2.2. Recursos disponibles

2.2.2.1. Financieros

En el de tema de presupuestos, el Subprograma de Desechos Sólidos no tiene destinado recursos de manera directa de parte del gobierno central, se sufraga en forma indirecta, transfiriendo recursos a las municipalidades a través del aporte constitucional de 10% de los ingresos corrientes. Este aporte constitucional es empleado por la municipalidad para realizar obras físicas en sus programas de inversión directa.

Es importante mencionar que dentro del presupuesto del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, MSPAS, se consideran fondos para el Departamento de Control de Disposición de Desechos Sólidos, dicha unidad pertenece a la División de Saneamiento Ambiental del MSPAS. A este departamento se le asignan funciones como la construcción de letrinas sanitarias, la revisión periódica y la actualización del reglamento de disposición de desechos, el establecimiento de procedimientos de monitoreo y control en el funcionamiento de sistemas de desechos sólidos, entre otros.

Sin embargo, a la fecha este departamento está dedicado, básicamente, al Programa Nacional de Letrinización; por lo que los recursos presupuestados no son empleados en proyectos para el manejo y disposición de los desechos sólidos.

Para el desarrollo de este proyecto es necesario tener una inversión inicial. Actualmente la municipalidad de San Miguel Petapa, según el renglón 199 31-0151-0001 tiene asignado para el programa de tren de aseo Q1 700 000,00 el cual sigue vigente.

Además, para el mantenimiento del proyecto se contará con el ingreso de los usuarios a partir de la tarifa fijada por el servicio de extracción municipal, de modo que éste sea un proyecto auto sostenible.

2.2.2.2. Materiales

Los recursos materiales son todos los necesarios para abastecer la fase de construcción y la fase de operación del proyecto. También se deben tomar en cuenta como recursos materiales los que servirán para habilitar el área de vertedero controlado.

Es importante que la adquisición de estos recursos se ajuste al presupuesto que se tiene para este renglón y hacer uso apropiado del mismo.

2.2.2.3. Recursos humanos

Es de vital importancia que este proyecto genere fuentes de empleos directos e indirectos. De esta manera se tiene un beneficio de doble vía, en donde el proyecto se mantenga activo y el personal perciba un ingreso por el

trabajo desempeñado. Para atender el área administrativa se necesitará personal especializado en el área de preferencia.

El personal operativo, de preferencia, debe ser de la comunidad y no necesitará especialización, ya que se invertirá en capacitación constante. Por lo general, la ocupación que desempeña el personal que realiza las tareas de limpieza como el barrido, recolección y transporte, hasta la disposición final de los desechos no es valorada. Debido a que no existen instrumentos técnicos para la selección y contratación del personal, por lo regular se delegan estas actividades a personas con el mínimo nivel educativo y con oportunidades casi nulas para obtener conocimiento que les permita aspirar laboralmente, a un mejor puesto dentro del sector.

2.2.3. Análisis de las ubicaciones potenciales del vertedero

2.2.3.1. Descripción técnica

Para la selección del terreno destinado como lugar de acopio de los desechos sólidos, es necesario tomar en cuenta algunos criterios importantes:

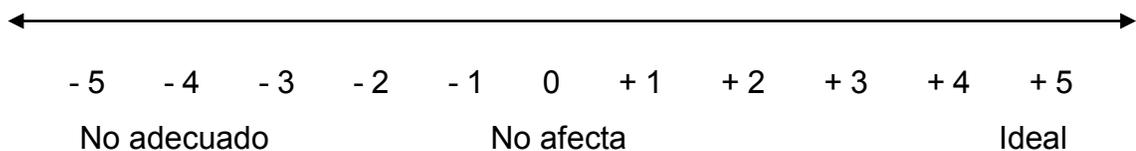
- Situación legal de los terrenos a considerar
- Accesos al lugar y calidad de los mismos
- Dimensiones del sitio a considerar
- Topografía adecuada para la disposición de los desechos sólidos
- Ubicación geográfica
- Situación hidrográfica
- Distancia de transporte
- Condiciones climatológicas
- Condiciones geológicas

- Valoración cualitativa del impacto en la zona
- Zona turística
- Riquezas culturales
- Sitios arqueológicos
- Amenazas naturales

Para realizar el análisis de las opciones se recurre a la utilización de una tabla de valorización. En la cual se evalúan seis aspectos principales, los cuales son:

- Generalidades del terreno
- Características físicas del terreno
- Técnicas constructivas para acondicionar en el terreno la solución propuesta
- Condiciones sanitarias del terreno
- Características biológicas del terreno
- Características socioeconómicas del terreno
- Criterios de la ponderación

Cada aspecto es ponderado de acuerdo a una escala de valores:



El valor +5 indica que la valoración es de mucho beneficio.

El valor -5 indica que la valoración es de mucho riesgo.

El valor 0 indica que el aspecto no influye en el análisis del tema.

Cada una de las características o factores considerados responden a las acciones que directamente influyen en el entorno, en el momento de desarrollarse o ejecutarse la opción seleccionada. En el análisis se consideran los valores positivos y negativos en cada aspecto, para luego realizar una suma algebraica y obtener cuál de los dos valores es el que predomina. La valoración de cada aspecto incluye el análisis de los efectos que puede generar la realización del proyecto en ese emplazamiento.

2.3. Técnicas y procedimientos

2.3.1. Generación de desechos sólidos

La generación de residuos es una consecuencia directa de cualquier tipo de actividad desarrollada por el hombre. Se producen grandes cantidades de residuos que es preciso recolectar, tratar y eliminar adecuadamente.

2.3.1.1. Volúmenes, tipos y características de los desechos sólidos

Para establecer los volúmenes, tipos y características de los desechos sólidos, se tomaron datos a partir de informes municipales, basados en muestreo de los desechos generados en diferentes zonas y sectores del municipio; en el muestreo realizado en estos poblados se pudo observar lo siguiente:

- En el sector domiciliario los desechos sólidos están compuestos en su mayoría por materia orgánica.

- En el sector comercial se genera en porcentajes iguales materia orgánica y tierra.
- En el sector de servicios públicos, predomina el papel en los desechos generados, esto se debe a las actividades de oficina que se realizan.
- En el sector educación predomina la madera, tierra y hojas; en los meses donde el ciclo escolar había finalizado, y en los meses de ciclo escolar regular los desechos que predominan son inorgánicos.

2.3.1.2. Recipientes para uso en calles y lugares públicos

Según el Reglamento para el Manejo Integral de los Desechos Sólidos Municipales (Reglamento para el Manejo de los Desechos Sólidos Urbanos versión 1-12-2003) del MARN Y MSPAS, acerca de los contenedores exponen los siguientes artículos.

“...Artículo 15. Localización de contenedores en áreas públicas. Se prohíbe la localización de contenedores de almacenamiento de gran volumen de desechos sólidos en áreas públicas, exceptuando cuando las necesidades del servicio lo hagan conveniente o cuando un evento o situación específica lo exija, y se encuentre establecido en los respectivos reglamentos municipales de desechos sólidos.”

“...Artículo 30. De la obligación de colocar en las calles recipientes de almacenamiento de desechos sólidos. Las entidades de aseo deberán colocar en las aceras de las calles, recipientes no desechables para almacenamiento exclusivo de desechos sólidos producidos por transeúntes en número y capacidad de acuerdo con la intensidad del tránsito peatonal y automotor.”

“...Artículo 37. Contenedor residencial. Los contenedores tendrán suficiente capacidad para los desechos sólidos que habrán de acumularse en ellos. Serán compatibles con el equipo de recolección y estarán construidos de material duradero y resistente a la corrosión. Estarán equipados con tapas o puertas de buen ajuste, serán a prueba de agua y resistente a las inclemencias del tiempo.”

Además de lo que indiquen otras disposiciones legales vigentes, también es recomendable que cumplan con los siguientes requisitos:

- Su capacidad deberá tener relación con las necesidades del caso; la altura de preferencia deberá estar entre 0,75 m. y 1,10 m. del suelo (altura de la mano para facilitar su uso) y el ancho de la abertura deberá ser como mínimo de 0,35 m.
- Los recipientes sujetos a postes o fijos en la pared, estarán a una altura de 0,70 m a 1,0 m y deben ser revisados y aseados regularmente para un adecuado mantenimiento.
- El material de los recipientes debe ser duradero, consistente y liviano; de preferencia deben estar construidos con materiales impermeables y con la resistencia mecánica necesaria para el uso a que están destinados, de manera que se evite en lo posible el contacto de la fauna nociva con los residuos sólidos.
- El color de preferencia deberá ser atractivo para la vista del usuario, pero sin alterar el ornamento del sector y podrán exhibir propaganda comercial, siempre que se cuente con la autorización respectiva.

- Deben ser fáciles de vaciar, por lo que conviene que puedan voltearse, girando sobre su propio eje horizontal y que tengan algunas perforaciones en el fondo para evitar que se llenen de agua cuando llueva.
- Deben estar sólidamente sujetos para evitar que sean robados. Los soportes tienen que ser resistentes para que los golpes ocasionales no los doblen.
- Deben ser ubicados en esquinas y áreas de mayor concentración y movimiento de personas, cuidando que no obstruyan el paso de peatones

2.3.1.3. Barrido de lugares públicos

Según el Reglamento para el Manejo Integral de los Desechos Sólidos Municipales (Reglamento para el Manejo de los Desechos Sólidos Urbanos versión 1-12-2003) del MARN y el MSPAS, acerca del barrido y limpieza de vías o áreas públicas expone:

“...Artículo 31. De la obligación de mantener limpias las vías y áreas públicas. Los vendedores ambulantes y de puestos fijos en áreas públicas, deberán mantener limpios los alrededores de sus puestos. Cuando por la naturaleza de los productos que se ofrezcan se generen desechos, los vendedores ambulantes y los de puestos fijos en vías y áreas públicas, deberán disponer de recipientes para depósitos de basuras, accesibles al público.”

“...Artículo 32. De la obligación de recoger las basuras originadas por carga y descarga de mercaderías. Los responsables de la carga, transporte y descarga de cualquier tipo de mercaderías o materiales deberán recoger las

basuras originadas por esas actividades, para luego ser trasladados a un punto adecuado de disposición final.”

“...Artículo 33. Del almacenamiento y recolección de basuras en eventos especiales y espectáculos públicos. En la realización de eventos especiales y espectáculos públicos, se deberá disponer de un sistema de almacenamiento y recolección de las basuras que allí se generen para lo cual la entidad organizadora deberá coordinar las acciones con la encargada de prestar el servicio de aseo.”

“...Artículo 34. Cumplimiento. La municipalidad deberá ejecutar el cumplimiento de lo relativo al barrido y limpieza de vías y áreas públicas, tal como lo establece el Código Municipal vigente.”

Para seleccionar el sistema adecuado de barrido se debe considerar factores importantes como: el trazo urbano de la ciudad, la topografía y condiciones socioeconómicas.

Si las vías de acceso son angostas y adoquinadas o empedradas, no es posible utilizar el sistema de barredoras mecánicas, por lo que se recomienda emplear el sistema de barrido manual; este posee ventajas como una inversión inicial y costo de mantenimiento bajo, además que la capacitación al personal no requiere que sea especializada. Por el contrario, para implementar el sistema de barrido mecánico se requiere una inversión inicial alta para la adquisición de la maquinaria, altos costos de mantenimiento y el personal de operación requiere de capacitación.

2.3.2. Recolección y transporte

2.3.2.1. Sectores donde se prestará el servicio

El servicio será prestado a todas las viviendas, comercios y oficinas de servicios públicos del municipio de San Miguel Petapa. Para el sector domiciliario, a continuación se detallan en la tabla V los sectores clasificados por categoría:

Tabla V. Sectores donde se prestará el servicio de recolección

NOMBRE DEL LUGAR	CATEGORÍA
Santa Inés Petapa	Aldea
Avenida del Ferrocarril	Asentamiento
La Paz	Asentamiento
Caserío El Cerro	Caserío
El Frutal sección A	Caserío
Playa de Oro	Caserío
Taltic	Caserío
Alamedas de San Miguel	Colonia
Altos de Fuentes del Valle	Colonia
Cendist	Colonia
Colonia El Centenario	Colonia
Condominio Santa Inés	Colonia
El Bosque	Colonia
El Cortijo	Colonia
El Frutal sección A	Colonia
El Frutal sección B	Colonia
El Frutal sección C	Colonia

Continuación tabla V.

El Frutal sección D	Colonia
Exclusivas Villas de Petapa	Colonia
Fuentes del Valle I	Colonia
Israel	Colonia
Jardín de Los Álamos	Colonia
Jardines de La Mansión	Colonia
Las Margaritas	Colonia
Llanuba	Colonia
Los Álamos	Colonia
Los Arcos	Colonia
Los Eucaliptos I	Colonia
Los Eucaliptos II	Colonia
Los Nuevos Álamos	Colonia
Los Pinos	Colonia
Luisa Alejandra I	Colonia
Luisa Alejandra II	Colonia
Panorámica del Frutal	Colonia
Papalhá	Colonia
Portales de Santa Inés	Colonia
Praderas del Sur	Colonia
Prados de Villa Hermosa	Colonia
Prados I, II Y III	Colonia
Residencial Alcázar	Colonia
Residencial Cañadas de Petapa	Colonia
Residencial Petapa I	Colonia
Residencial Petapa II	Colonia
Residencial San Miguel	Colonia
Residenciales Esmeralda	Colonia
Rivera del Río	Colonia

Continuación tabla V.

San Antonio	Colonia
San José	Colonia
Santa Teresita II	Colonia
Santa Teresita IV	Colonia
Santa Teresita V	Colonia
Valles de María	Colonia
Valles de Petapa	Colonia
Valles de San Miguel I	Colonia
Valles de San Miguel II	Colonia
Villa Hermosa I y II	Colonia
Villa Nova	Colonia
Villas de Guillén	Colonia
Villas de Petapa	Colonia
Villas de San Lázaro	Colonia
Condominio Las Casuarinas	Condominio
La Joya II	Condominio
Brisas de Gerona	Finca
El Carmen Guillén	Finca
Gerona	Finca
Las Joyas	Finca
Zamora	Paraje
Petapa	Pueblo

Fuente: XI Censo de población, VI de habitación. Características generales de habitación particulares y totales de hogares según municipio y lugar. INE

2.3.2.2. Métodos de recolección

Según el Reglamento para el Manejo Integral de los Desechos Sólidos Municipales (Reglamento para el Manejo de los Desechos Sólidos Urbanos versión 1-12-2003) del MARN y el MSPAS, acerca de la recolección de desechos sólidos expone:

“...Artículo 42. De la recolección de los desechos sólidos. La recolección de los desechos sólidos será efectuada únicamente por las personas individuales o jurídicas autorizadas por la municipalidad correspondiente.”

“...Artículo 43. De la frecuencia de la recolección. Las entidades encargadas de la recolección deberán realizarla en forma periódica, para evitar que la descomposición de los desechos sólidos propicie condiciones adversas a la salud. La regulación de la frecuencia de la recolección estará incluida en el plan de gestión de desechos sólidos de la municipalidad correspondiente.”

“...Artículo 44. De la obligación de trasladar los desechos sólidos hasta el sitio que se determine como centro de acopio. En el caso de urbanizaciones, colonias, barrios o conglomerados con calles internas o cuyas condiciones impidan la circulación de los vehículos de recolección, los habitantes están en la obligación de trasladar sus desechos sólidos hasta el sitio que se determine como centro de acopio por el servicio de recolección.”

“...Artículo 85. Permiso para recolección y transporte de desechos sólidos. Toda persona natural o jurídica que opere un servicio de recolección o transportación de desechos sólidos deberá solicitar y obtener un permiso de transportación de la municipalidad respectiva.”

Escoger el método de recolección es importante, ya que influye en las variables de recolección, como el tipo de recipiente a utilizar para el almacenamiento, la cantidad de personal necesario para la operación, la selección de los vehículos recolectores y la frecuencia de recolección. Entre los métodos más comunes, se pueden mencionar los siguientes:

- Método de parada fija o de esquina: este método consiste en la recolección en puntos específicos fijos (esquinas de las calles), con anticipación se comunica a los usuarios por medio de un sonido que identifique que el camión está pronto a pasar y los usuarios puedan entregar sus desechos. Este método es de los más comunes y con mayores ventajas desde el punto de vista económico. La ruta empleada por el vehículo recolector se limita al paso por las avenidas o por las calles únicamente, lo que representa menor tiempo de operación.
- Método de acera: este método consiste en el paso del vehículo recolector realizando su recorrido frente a las viviendas de los usuarios. El personal empleado para el servicio recoge los desechos de preferencia en bolsa plástica y los deposita en el vehículo. Es indispensable que se comunique con anticipación a los usuarios del horario regular y la frecuencia semanal. Es indispensable la colaboración del usuario, para que sea un método sincronizado, ya que cuando se colocan con demasiada anticipación al paso del vehículo puede ocurrir que los animales callejeros y mascotas rompan las bolsas y derramen los residuos.

El personal empleado deberá estar integrado por el piloto del vehículo, y a lo sumo cuatro personas que se encargarán de depositar las bolsas plásticas en el contenedor de traslado.

- Método de contenedores: para este método se necesita el empleo de vehículos recolectores especiales y que los contenedores de almacenamiento temporal estén ubicados en forma accesible al vehículo recolector. Este método es utilizado principalmente en centros de gran generación de desechos como lo es el sector hotelero, supermercados y mercados locales, sector hospitalario, sector industrial, entre otros.

Es de vital importancia mantener normas de sanidad en los lugares de almacenamiento temporal, de lo contrario, al mantener grandes cantidades de residuos almacenados se pueden originar focos de contaminación, propagación de plagas e incubación de enfermedades.

2.3.2.3. Propuesta del tren de aseo

- Recolección de los desechos sólidos: se define la recolección como la acción de tomar los desechos sólidos, desde la fuente generadora, hasta el vehículo que los transportará a su destino final. En la recolección no se hace ninguna actividad adicional para clasificar los desechos, es decir se limitará únicamente a recolectar.
- Frecuencia y horario de recolección: la frecuencia de recolección varía de una a tres veces por semana. Una frecuencia mayor puede incrementar los costos. Por ningún motivo se dejará de recolectar los residuos sólidos por más de una semana, porque origina proliferación de enfermedades, plagas y malos olores. En mercados y ferias permanentes, la frecuencia de recolección debe ser diaria. Los horarios de recolección dependerán del tránsito y de la preferencia del usuario del servicio.

- Transporte: se entiende como transporte, a la acción de trasladar los desechos sólidos de la fuente generadora, hasta su disposición final. Este procedimiento será coordinado exclusivamente por el departamento de recolección; interactuando en este proceso está el piloto de la unidad recolectora, el cual será responsable, tanto del vehículo, como también de los recolectores quiénes serán sus subordinados.

El piloto deberá regirse a lo regulado y estipulado en el Reglamento de Tránsito para el buen desempeño de sus funciones. Los vehículos utilizados en el transporte deberán estar en óptimas condiciones de funcionamiento, así como perfectamente acondicionados para prestar el servicio.

Se deberá cumplir con la programación de los días de recolección y no se depositarán los desechos en ningún otro lugar, que no sea el establecido para esta acción.

La unidad de transporte será de tipo mecánica automotriz, y estarán techados y cerrados en sus tres lados, con dos puertas abatibles hacia afuera. El tamaño del vehículo deberá estar acorde a las condiciones de las calles donde transitará, como el ancho y retorno disponible.

Los recolectores deberán portar el mínimo equipo de protección personal compuesto por: uniforme apropiado, botas con punta de acero, cinturón para esfuerzos, mascarilla, guantes y gafas industriales.

El piloto y el personal serán capacitados a fin de que conozcan los riesgos de las actividades que realizan y que no pongan en riesgo la integridad de su salud. Por ningún motivo se manipularán desechos de dudoso

contenido para evitar contacto con objetos punzocortantes, químicos corrosivos, agujas usadas, o cualquier elemento que pueda causar daño.

- Mantenimiento vehículos recolectores: los vehículos recolectores llevarán un estricto control en el mantenimiento preventivo, según las normas y especificaciones del fabricante. Con el fin de prolongar la vida útil del vehículo y reducir los costos por imprevistos, ocasionando un mantenimiento correctivo. Deberá establecerse un plan de mantenimiento para los vehículos recolectores, definiendo fechas para el cambio de aceites, fajas, filtros, revisión de neumáticos, entre otros.

Para evitar corrosión en el contenedor del vehículo, se realizará la limpieza de la unidad al finalizar cada jornada de recolección, de modo que sean retirados los lixiviados y proliferar la contaminación.

- Diagramación: ésta consiste en desarrollar una ruta de recorrido para cada sector, de modo que permita la recolección de los desechos con una menor cantidad de tiempo y distancia recorrida.

Datos necesarios: para llevar a cabo el trabajo de diagramación se necesitan los siguientes datos:

- Punto de recolección
- Lugar de disposición final
- Sentidos de circulación/ vías
- Hora de mayor cantidad de tránsito y situación de la congestión
- Condiciones de las vías de acceso
- Tipo de trazo de rutas: se puede clasificar de dos formas:

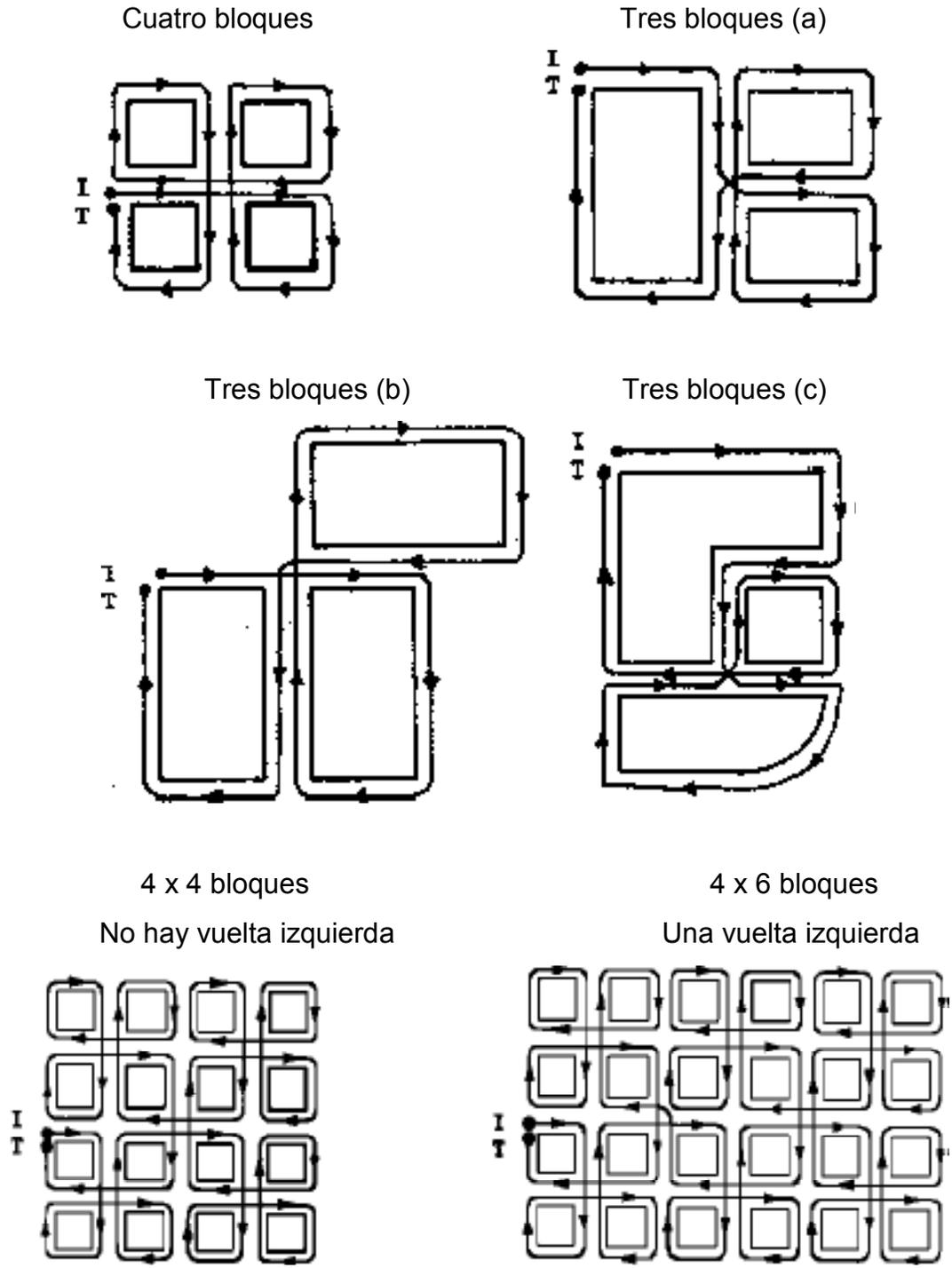
- Peine: recolección de ambos lados de las vías a la misma hora; se recorre solamente una vez por cada vía. Se recomienda en zonas de escasa densidad de población, y por lo mismo extensas.
- Doble peine: recolección de un lado de las vías; se recorre por lo menos dos veces por cada vía. Se recomienda para zonas de alta densidad de población y principalmente en zonas comerciales.

Reglas comunes de diagramación

- Evitar duplicaciones, repeticiones y movimientos innecesarios.
- Contemplar las disposiciones de tránsito.
- Minimizar el número de vueltas izquierdas y redondas, con el propósito de evitar pérdidas de tiempo al cargar, reducir peligros a la tripulación y minimizar la obstaculización del tránsito.
- Las rutas con mucho tránsito no deben recorrerse en la hora de mayor congestionamiento.
- Conforme transcurra el día, los vehículos recolectores deberán acercarse al lugar de disposición final, con el propósito de disminuir el tiempo de acarreo.
- Dentro de lo posible, las vías empinadas deben recorrerse cuesta abajo, realizando la recolección de ambos lados de las vías, con el fin de aumentar la seguridad del trabajo, acelerar la recolección, minimizar el desgaste de equipos y reducir el consumo de combustible.

- Cuando se usa el trazo de recolección de ambos lados de las vías, recorriéndose una vez por cada vía, generalmente es preferible desarrollar las rutas con recorridos largos y rectos, antes que dar vueltas a la derecha.
- Cuando se usa el trazo de recolección de un lado de las vías, necesitándose recorrer por lo menos dos veces por cada vía, generalmente es preferible desarrollar las rutas con muchas vueltas en el sentido de las agujas del reloj, alrededor de bloques o cuadras.

Figura 8. Modelos de rutas para doble peine



Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

2.3.3. Disposición final

Para la clasificación final de los desechos sólidos es necesario separar sus componentes orgánicos e inorgánicos. De esta clasificación se distribuirán los desechos que pueden reciclarse y los que formarán parte del vertedero controlado.

2.3.3.1. Clasificación de los desechos sólidos

El primer paso es la clasificación de los desechos sólidos, y lo ideal es que sea una clasificación en la fuente, ocurre cuando los desechos son separados según su tipo en la fuente generadora, es necesario suministrar de recipientes apropiados para cada uno de ellos, identificados por color de acuerdo al tipo de desechos (ver apéndice).

- Color verde: para desechos orgánicos
- Color amarillo: para desechos inorgánicos
- Color rojo: para desechos especiales o peligrosos (hospitalarios)

Los desechos orgánicos se pueden someter al proceso de reciclaje y los que se pueden reutilizar son el papel, cartón, madera y metales, entre otros.

Las principales ventajas de la reducción en la fuente son:

- Disminución de la cantidad de residuos, es mejor no producir residuos que resolver qué hacer con ellos.
- Contribuye a que los rellenos sanitarios no se saturen rápidamente.

- Ahorro de recursos financieros y naturales, energía y materia prima.
- La reducción en la fuente aminora la polución y el efecto invernadero. Requiere menos energía transportar materiales más livianos. Menos energía significa menos combustible quemado, lo que implica a su vez, menor agresión al ambiente.

Se cuenta con el apoyo de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la cuenca de lago de Amatitlán, AMSA, que tiene a su cargo la división de manejo de desechos sólidos, se encarga del buen funcionamiento del vertedero controlado, tratamiento de lixiviados y la supervisión de planta de clasificación y compostaje.

A continuación se describen los procedimientos que se deben seguir en cada caso, según el tipo de desecho:

- Desechos orgánicos
 - Material vegetal: es el desecho que se produce en mayor cantidad en los puestos de mercado, a los cuales se les debe dar un tratamiento adecuado para el reciclaje y transformarlo en abono orgánico, para que sea de utilidad y aprovechamiento para el municipio.
 - Papel y cartón: los que tengan características para el reciclaje se acopiarán en un centro de acopio temporal y cada tres meses o cuando se tenga el volumen suficiente se enviarán a un gestor calificado para su reciclaje, para este caso se envía a AMSA.

- Madera: la madera residual de la construcción deberá almacenarse en un sitio de acopio temporal y es recomendable que dos veces al año por lo menos o cuando se tenga el volumen suficiente, se venda para reutilizarla. Incluso se puede utilizar en el ornamento de parques, construyendo cercas, bancas de descanso y juegos infantiles.
- Desechos inorgánicos
 - Plásticos: tienen características de reciclaje y deben acopiarse de forma ordenada. La clasificación debe realizarse por tipo de plástico y color. Cuando se tienen plásticos mixtos compactados son acopiados a la intemperie, pero existen controles para el acopio prolongado en estas condiciones, ya que la radiación ultravioleta puede afectar a la estructura del material, razón por la cual se aconseja no tener el material expuesto más de tres meses.
 - Desechos metálicos: los metales tienen la característica de poder volver a usarse y reciclarse indefinidamente. Las latas de aluminio y acero se comprimen. Entre los materiales más comunes que pertenecen a este grupo se encuentran: latas de conservas, de gaseosas, tapas de metal, botones de metal, papel aluminio, interior del empaque de productos en bolsa metalizada, alambre, cacerolas de aluminio, entre otros.

2.3.3.2. Personal empleado

Por lo general, el servicio de aseo público no cuenta con el personal necesario y capacitado técnicamente para realizarlo con eficiencia y bajo las

normas de seguridad apropiadas. Ante la falta de procedimientos técnicos para la contratación de personal que opere el servicio, regularmente se asignan estas tareas a las personas que poseen el mínimo nivel educativo. Sumado a lo anterior, los incentivos deficientes y la baja remuneración es delimitada a un salario mínimo.

En casos particulares se dota al personal con uniformes para distinguirlos, y guantes para la manipulación de los desechos, no obstante, existen sectores donde no se emplea equipo de protección personal, por lo que el contacto directo y frecuente con contaminantes ambientales resultan perjudiciales para la salud ocupacional.

Es necesario que el personal sea capacitado y conozca de los siguientes temas:

- Señalización de seguridad industrial para el manejo de desechos.
- Clasificación de desechos.
- Transporte y procedimientos de almacenamiento temporal de desechos.
- Uso de equipo de protección personal para el manejo de desechos peligrosos.

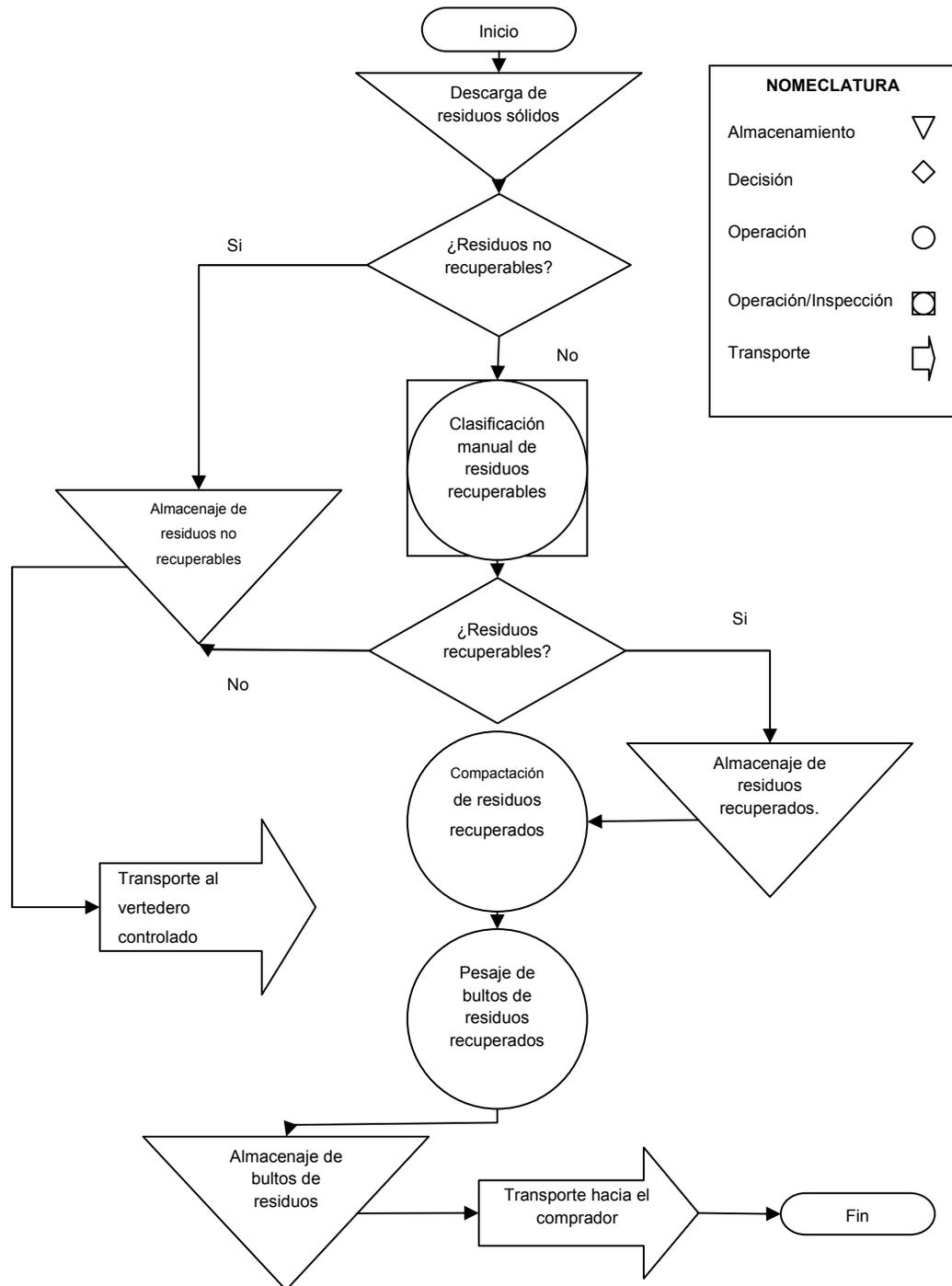
2.3.3.3. Diagrama de flujo del funcionamiento

El desarrollo del diagrama de flujo del funcionamiento permite identificar las principales actividades que se realizan, para posteriormente realizar la disposición final.

La separación de materiales residuales de los desechos sólidos puede conseguirse manualmente o mecánicamente. La separación manual se utiliza solamente para la separación de residuos en la fuente generadora.

El plástico, papel, cartón y recipientes metálicos se clasifican como materiales que poseen mayor volumen en relación con su peso, en este diagrama se identifican como residuos voluminosos. Con una compactación adecuada, el volumen de una cierta cantidad de estos materiales se puede reducir considerablemente. La compactación permite bajar los costos de transporte, que es uno de los más importantes factores en la eficiencia económica.

Figura 9. Diagrama de flujo del funcionamiento



Fuente: elaboración propia.

3. ESTUDIO ADMINISTRATIVO

3.1. Organización para la ejecución del proyecto

3.1.1. Programa de ejecución

Según el Reglamento para el Manejo Integral de los Desechos Sólidos Municipales (Reglamento para el Manejo de los Desechos Sólidos Urbanos versión 1-12-2003) del MARN y el MSPAS, del plan y programas municipales, expone:

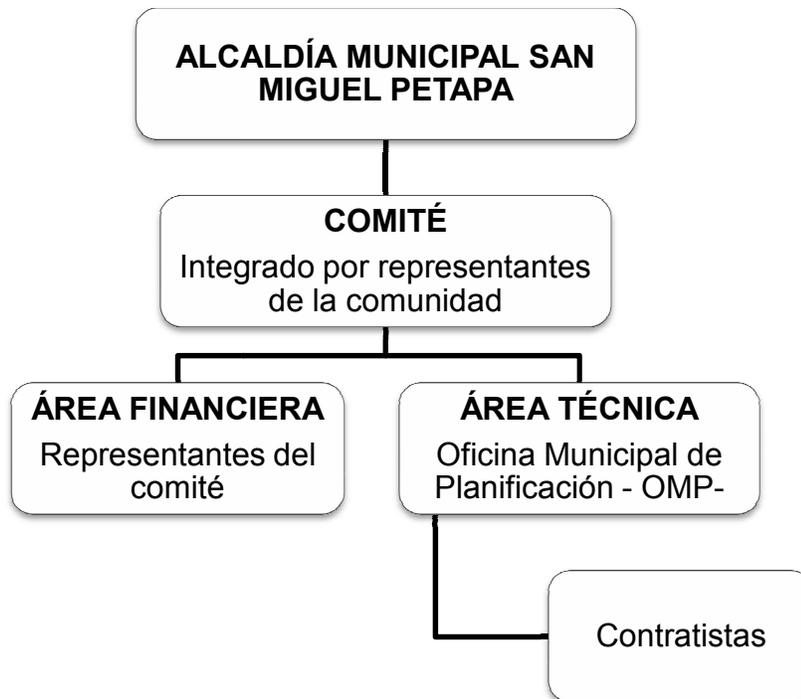
“...Artículo 18. Plan municipal para el manejo integrado de desechos sólidos. Toda municipalidad debe presentar un Plan de Manejo para los desechos sólidos municipales al MARN, que contenga los siguientes aspectos:

- Técnico-sanitario
- Económico-financiero-administrativo
- Social
- Educación ambiental
- Legal”

“...Artículo 19. Autorización del plan municipal. Todas las municipalidades deberán de contar con un Plan de Manejo de los Desechos Sólidos Municipales, de conformidad con lo dispuesto en el presente reglamento, si las municipalidades ya cuentan con un plan deberán presentarlo al MARN conforme lo establece el artículo anterior.”

3.1.2. Diseño organizacional

Figura 10. Diseño organizacional del proyecto



Fuente: elaboración propia.

- **Comité:**

Según el Código Municipal, Decreto número 12-2002 de la República de Guatemala, acerca de la organización, constitución y particularidades de comités expone:

“..Artículo 18. Organización de vecinos. Los vecinos podrán organizarse en asociaciones comunitarias, incluyendo las formas propias y tradicionales

surgidas en el seno de las diferentes comunidades, en la forma que las leyes de la materia y este Código establecen.”

“...Artículo 19. Autorización para la organización de vecinos. Las asociaciones de vecinos a las que se refiere el artículo anterior, se constituirán mediante escritura pública, cuyo testimonio será presentado al registrador civil, para los efectos del otorgamiento de la personalidad jurídica, la que será efecto de su inscripción en el libro correspondiente del registro civil, en un tiempo no mayor de treinta (30) días calendario. Los requisitos que debe cumplir la escritura pública, sin perjuicio de lo que establece el artículo veintinueve (29) del Código de Notariado, serán: nombre, sede y la duración de la asociación, establecer claramente sus fines, objetivos, el ámbito de su acción, forma de su organización, la identificación fehaciente de las personas que la integran, y designación de quién o quiénes ejercerán su representación legal.”

“...Artículo 175. Asociaciones civiles y comités. Las asociaciones civiles y comités, a que se refieren los artículos 18 y 19 de este Código, autorizados por las gobernaciones departamentales y otras autoridades, quedarán, a partir de la vigencia de este Código, bajo la competencia técnica y legal del alcalde municipal de su circunscripción territorial.

De conformidad con la ley respectiva las asociaciones civiles y comités quedan exentos del pago del impuesto de timbres fiscales.”

El comité estará bajo la responsabilidad de la municipalidad, para la formación del mismo se sugiere realizar una convocatoria en donde se logre involucrar al comité a personas de varios sectores interesados en el tema, como sector salud, educación, asociaciones de vecinos, entre otros.

Las figuras que integran el comité deberán ser, un presidente, un secretario, un tesorero y dos vocales. Estos deberán ser elegidos entre los que hayan asistido a la convocatoria; el comité deberá contar con personería jurídica, esto les dará respaldo a nivel legal y para la obtención de fondos para financiamiento o de cualquier trámite relacionado.

- Área financiera

Estará integrado por representantes del comité, y su función será llevar el control de gastos en los que se incurra con el desarrollo del proyecto. Se sugiere que sean 2 vocales, los que lo integren, y que reporten directamente al tesorero del comité todos los gastos. No podrán efectuar ningún movimiento de dinero, sin la previa autorización del comité.

- Área técnica

La Oficina Municipal de Planificación -OMP- es la encargada de coordinar y consolidar los diagnósticos, planes, programas y proyectos de desarrollo del municipio, desde la perspectiva técnica, legal, financiera y política.

Los objetivos primordiales de esta oficina son propiciar la elaboración, integración y seguimiento de los planes, programas y proyectos de trabajo de las diferentes unidades municipales, a efecto de optimizar el empleo de los recursos disponibles, tendientes a la materialización de las metas y consecución de los objetivos institucionales, en congruencia con sus programas de gobierno.

En este caso en particular, tendrán bajo su responsabilidad el monitoreo y control del avance físico del proyecto, el control sobre los gastos y monitoreo de

los costos, sin que se salgan de presupuesto, la OMP reportará al comité el avance del proyecto. Tendrán bajo su cargo a los contratistas en el caso que sea necesario la prestación de los servicios.

- **Contratistas**

La relación entre el área técnica y el contratista deberá estar normada según el Reglamento de la Ley de Contrataciones del Estado, Acuerdo Gubernativo No. 1056-92.

Los contratistas serán los encargados de desarrollar la infraestructura física del proyecto, serán supervisados durante el desarrollo de la obra civil por el área técnica, en este caso la OMP.

3.1.3. Supervisión, control y evaluación de la obra física del proyecto

- **Obligaciones y atribuciones de la OMP**

Esta oficina será el intermediario del empleador ante el contratista durante la operación, mantendrá informado al comité y éste dará las instrucciones al contratista por intermedio de la OMP. Podrá actuar en nombre del comité de acuerdo a lo previsto en el contrato.

El seguimiento y monitoreo de la obra también estará a cargo de la OMP, se comprometerá a supervisar la obra periódicamente en cada fase del proyecto y velar por la calidad del mismo.

La OMP tendrá la autorización de rechazar un trabajo que no esté bajo los términos y condiciones estipulados en el contrato. La OMP a su vez, también tendrá la potestad de solicitar una auditoría que se someta a ensayo el trabajo, ya sea que esté elaborado, instalado o terminado.

- Obligaciones y responsabilidades generales del contratista

El contratista deberá actuar conforme a lo estipulado en el contrato. Las obligaciones principales serán las de ejecutar y completar la obra; si fuera necesario rectificar algún defecto, deberá realizarlo bajo estricta autorización de la OMP. El contratista, de acuerdo a lo estipulado en el contrato, será el responsable de proporcionar de manera provisional o indefinida, la mano de obra, los materiales de construcción y todo lo que sea necesario para la ejecución, terminación, y rectificación del proyecto.

El contratista estará bajo las instrucciones y direcciones de la OMP sobre cualquier cuestión que se refiera a la obra, también asumirá la total responsabilidad por la competitividad, estabilidad y seguridad de las actividades y las técnicas de construcción en el emplazamiento, pero no tendrá la responsabilidad de diseñar o elaborar las características técnicas de la obra permanente, ni de ninguna de las obras provisionales preparadas por la OMP.

Para evitar la duplicidad en el mando, el contratista no aceptará instrucciones de otra autoridad que no provengan del comité, las cuales serán canalizadas y transmitidas por la OMP. El contratista se abstendrá de adoptar medida alguna que pueda perjudicar al comité y cumplirá sus compromisos, teniendo en cuenta plenamente los intereses del comité.

Todos informe financiero, mapas, dibujos técnicos y planos, fotografías, presupuestos y cualesquier otro dato compilado por el contratista o recibidos por éste con relación al contrato, será propiedad de la municipalidad y tendrá carácter confidencial, teniendo acceso el comité encargado. El contratista no podrá dar a conocer el contenido de estos documentos a ninguna persona, a menos que sea de utilidad para personal del contratista que preste servicios en relación con el proyecto.

Si fuera necesario alterar la programación de las actividades del proyecto, el contratista notificará por escrito a la OMP, si la marcha de la obra se vea afectada con demoras, a menos que la OMP en un plazo razonable, presente un nuevo plano o imparta una nueva orden, que puede ser una dirección, instrucción o aprobación. En la notificación figurarán los pormenores del plano o de la orden requerida y las razones del motivo del retraso.

El comité llevará bajo su responsabilidad un libro de órdenes de trabajo de la obra con páginas numeradas y dos copias. En este libro la OMP tendrá plenos poderes y facultades para supervisar periódicamente el curso del proyecto, planos e instrucciones, como sean necesarias, para la ejecución debida y adecuada de la obra, el contratista los ejecutará y estará obligado a seguirlos. Cada orden llevará fecha y firma de la OMP y del comité, en señal de constancia de recepción de la misma.

Las órdenes de cambio (ampliación o reducción) las tiene que cumplir el contratista. Los acuerdos de trabajo extra, si son convenios de mutuo acuerdo. El original del libro de órdenes será entregado al comité en el momento de la entrega definitiva de la obra, quedando una copia en poder de la OMP y otra en poder del contratista.

Como garantía de ejecución del proyecto, el contratista dará a la OMP y al comité una garantía de cumplimiento (caución bancaria o fianza solidaria) emitida a nombre del comité. El importe y la naturaleza de la garantía de cumplimiento serán tal como quede especificado en el contrato. La garantía de cumplimiento debe ser emitida por una firma aseguradora o un banco acreditado. Deberá tener una validez de hasta veintiocho días después de que la OMP haya emitido el certificado de terminación definitiva.

La garantía de cumplimiento será irrevocable, incondicional y pagadera a la vista, y será devuelta al contratista dentro de los veintiocho días posteriores, a la emisión por la OMP del certificado de terminación definitiva, siempre y cuando el contratista haya pagado al comité toda suma adeudada en relación con el contrato.

Dentro del límite de tiempo especificado en el contrato, el contratista presentará a la OMP para su aprobación un programa de trabajo pormenorizado en que se indique el orden de procedimiento y el método que propone para ejecutar la obra. En la preparación de su programa de trabajo, el contratista prestará la debida atención a la prioridad que requieren ciertos trabajos.

En caso de que la OMP, en el curso de la obra, demande nuevas modificaciones del programa de trabajo, el contratista revisará dicho programa, además, el contratista, siempre que la OMP se lo solicite, presentará por escrito información pormenorizada sobre los arreglos que haya concertado para ejecutar la obra y sobre la planta en construcción.

Todas las operaciones necesarias para la ejecución de la obra o para la construcción de obras provisionales se realizarán, hasta donde lo permita el

cumplimiento con los requisitos del contrato, de manera que no interfieran innecesaria o indebidamente con la conveniencia pública, propiedades o el acceso a las vías públicas o privadas.

El tiempo que dure la ejecución del proyecto, el contratista mantendrá la obra libre de toda obstrucción innecesaria y almacenará o desechará cualquier material de construcción o sobrante, y además despejará y trasladará cualquier escombros, basura u obra provisional que no se esté utilizando.

El contratista prestará asistencia y proporcionará los instrumentos, las máquinas, la mano de obra y los materiales que se requieran normalmente para examinar, medir y ensayar cualquier trabajo, el peso o la cantidad de materiales utilizados. No se podrá utilizar para la obra ningún material que no se ajuste a las características técnicas especificadas en el contrato, sin la aprobación previa por escrito del comité y la instrucción de la OMP.

El contratista brindará a la OMP todas las oportunidades para que examine y mida cualquier trabajo que esté a punto de quedar cubierto por completo o de quedar oculto a la vista. El contratista notificará debidamente a la OMP, cada vez que uno de esos trabajos esté listo para su inspección.

En caso de que el contratista no cumpla una instrucción de la OMP, el comité tendrá derecho a emplear o pagar a otras personas para que ejecuten esa instrucción y todos los gastos en que se incurra o que se deriven de ello, serán sufragados por el contratista o podrán ser reducidos por el comité de las sumas adeudadas o que se puedan adeudar al contratista.

Todos los materiales, la instalación y la mano de obra que proporcione el contratista, así como la modalidad, el método y la rapidez de ejecución y

terminación de la obra deberán tener la total aprobación de la OMP. Si ésta considera en cualquier momento que el ritmo de ejecución de la obra o parte de ella es demasiado lento, deberá notificar al contratista por escrito y éste deberá adaptar de inmediato las condiciones que considere necesarias; la OMP deberá aprobar los términos y condiciones para acelerar la obra, de manera que quede terminada en su totalidad en la fecha prevista o en la fecha de la prórroga.

En caso de que la obra no se estuviera ejecutando en jornada diurna o nocturna y el contratista solicite permiso para trabajar en alguna de las dos jornadas, si la OMP otorga el permiso, el contratista no podrá reclamar ningún pago adicional. Todo trabajo nocturno se llevará a cabo sin ruidos innecesarios y sin causar molestias a los vecinos. El contratista indemnizará al comité por cualquier reclamación o responsabilidad por daños ocasionados por el ruido o cualquier molestia ocasionada mientras se trabaja.

El contratista presentará a la OMP, al finalizar cada mes, copias por triplicado de los informes o cualquier otro material que muestre el progreso de la obra o enviará a un agente calificado que preste asistencia a la OMP en la medición y proporcionará todos los detalles que cualquiera de ellos necesite.

A menos que en el contrato se disponga otra cosa, no se harán ajustes del precio del contrato respecto de las fluctuaciones del mercado. Los costos de la mano de obra, los materiales, los elementos de construcción o el equipo, ni debido a la fluctuación de los tipos de interés o a la devaluación o a cualquier otro asunto que afecte a la obra.

El contratista será responsable de coordinar la fabricación, entrega, instalación y puesta en servicio de la maquinaria y el equipo de la planta que formen parte de la obra. De la misma forma tendrá la responsabilidad de velar

por que todos los subcontratistas cumplan esos programas como se ha convenido y sea necesaria para terminar la obra en el periodo de terminación previsto.

3.2. Diseño para la operación, administración y mantenimiento del sistema

Una vez, la infraestructura física del proyecto esté definida, y sea entregada a la municipalidad para su funcionamiento, la siguiente fase será administrar el sistema, para lo cual se considera establecer dos alternativas:

- La municipalidad sea la encargada de administrar todo el sistema.
- Ceder la prestación del servicio a una empresa privada.

Estas consideraciones son importantes, ya que por una decisión adecuada de la alternativa, pueden existir ingresos extras para la municipalidad, conociendo y manejando adecuadamente la recolección de la basura.

El sistema no puede ser gratuito, ya que los costos en los que se incurre, debido a su funcionamiento, son altos y es necesario que el mismo sea autofinanciable.

La administración del sistema de recolección de basura se refiere al proceso de administración, ya que el proceso técnico lo dará la OMP, dicha unidad será responsable de dar seguimiento al proceso de acondicionamiento de la basura y las medidas correctivas que se puedan dar en el proceso.

- Objetivos de la administración
 - Administrar el servicio de extracción de basura.
 - Controlar el flujo de efectivo del proyecto.
 - Dar seguimiento al proceso de la recolección de la basura.
 - Velar por el mantenimiento adecuado de los vehículos y maquinaria

- Funciones
 - Dirección del proceso de recolección de la basura.
 - Administración de los bienes y servicios del servicio de recolección de basura.
 - Control del mantenimiento de la maquinaria.
 - Contratación del personal que trabaja en la oficina del servicio municipal de extracción de la basura.

Los puestos y características de las personas que intervendrán en este proceso serán las siguientes:

- Administración: cumplirá las funciones de planificar, administrar, coordinar y controlar el proceso de recolección y acondicionamiento de la basura. Será el encargado de llevar los registros contables del presupuesto y reportarlos a la OMP, contará con un presupuesto para el funcionamiento del departamento, tanto del material de oficina, como también a la

maquinaria y el personal. El presupuesto lo ejecutará de la siguiente manera:

- Reportar y solicitar el trámite a los cheques de pago, en cuanto al personal, mantenimiento de la maquinaria, el alquiler de la sede, papelería y otros gastos propios de su función.
 - No podrá autorizar pagos por cantidades mayores de Q.5 000,00. En caso de requerir un pago mayor, solicitará el trámite de pago.
 - Tiene la facultad de contratar personal o rescindir.
- Departamento de recolección: el piloto de vehículo recolector deberá recibir instrucción, en cuanto al trato con las personas que serán los usuarios del servicio recolección de los desechos.

De preferencia que sea una persona mayor de edad y que posea licencia de conducir tipo A, también deberá de tener conocimientos básicos de mecánica en general. Además de manejar el camión recolector, será el responsable de coordinar la actividad de los recolectores de basura.

Los recolectores, al igual que el piloto recibirán capacitación de servicio al usuario. Su función será la de recolectar la basura directamente del usuario al vehículo recolector, además de acondicionarla adecuadamente en el vehículo, para evitar que se caiga durante el recorrido hasta su disposición final.

Se considera necesaria la contratación de cuatro personas fijas, para el servicio de extracción de la basura, y se presupuestó el salario para dos

personas más en épocas de mayor producción de basura: feria del municipio, navidad, año nuevo, vacaciones escolares, semana santa, entre otras, lo cual constituye la cantidad necesaria de acuerdo al volumen de basura que se manejará.

El pago lo deberán hacer efectivo directamente al piloto del camión recolector, el cual extenderá recibo a los usuarios del servicio y éste lo transferirá directamente al administrador.

Es importante que el administrador verifique, eventualmente, los ingresos y los compare con los documentos o recibos de cada cobro.

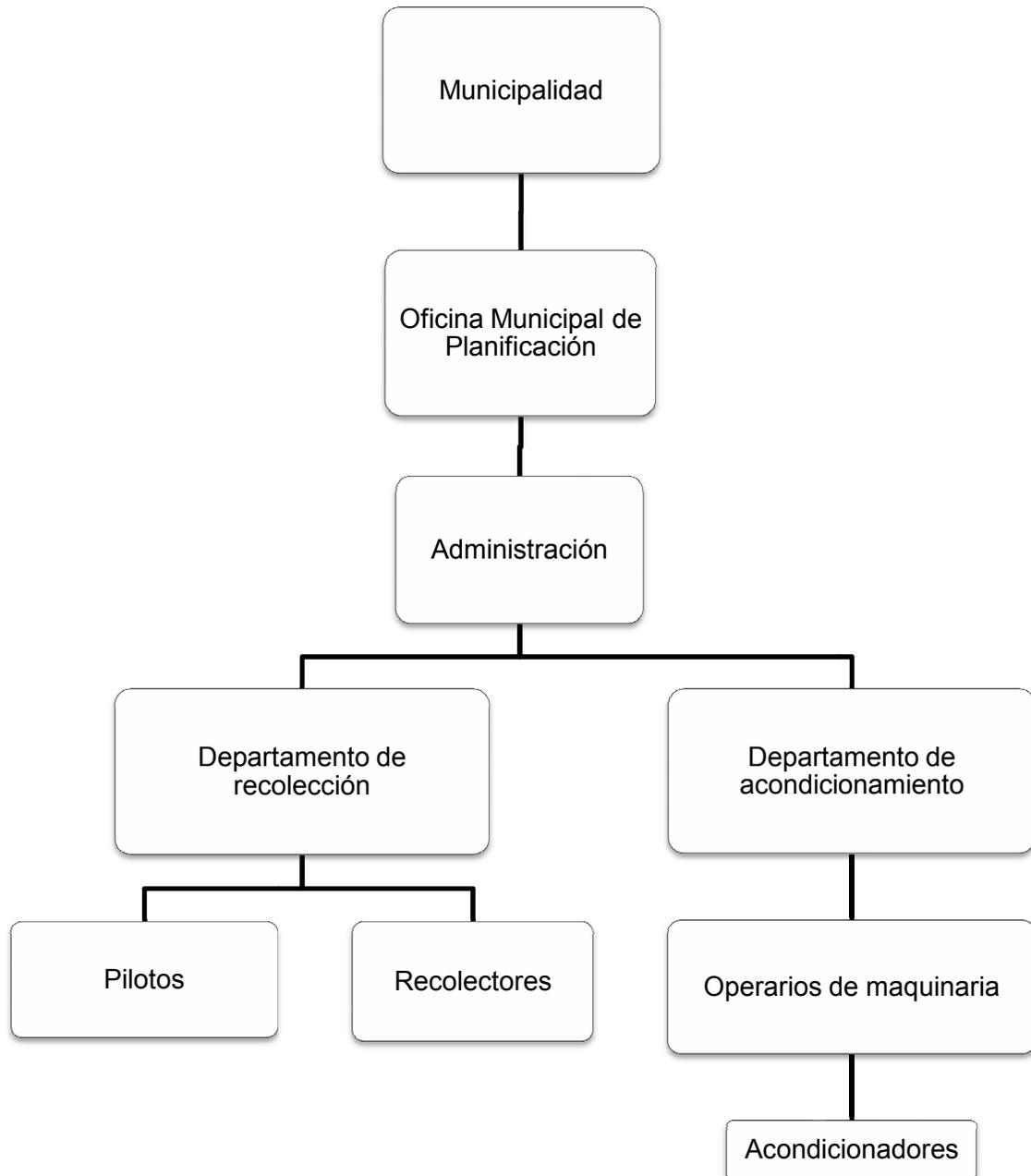
- Departamento de acondicionamiento: se considera necesaria la contratación de tres personas para el servicio de acondicionamiento de la basura en el vertedero controlado, lo cual constituye la cantidad necesaria de acuerdo al volumen que se manejará. La periodicidad del servicio será dos veces a la semana.

Los acondicionadores tendrán a su cargo las siguientes funciones:

- Brindar seguridad en cuanto a protección de la maquinaria que se utilizará en el basurero, tanto de día como de noche.
- Asistir al operador de la maquinaria, en el proceso de acondicionamiento de la basura.

3.2.1. Organigrama

Figura 11. Organigrama del proyecto



Fuente: elaboración propia.

4. ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

4.1. Ubicación y descripción general de la obra o actividad proyectada

Conocido por su nombre geográfico oficial, San Miguel Petapa, pertenece al departamento de Guatemala. El área aproximada según estimaciones del Instituto Geográfico Nacional, IGN, es de treinta kilómetros cuadrados y fracción (30 km²).

Límites o colindancias: al Norte colinda con el municipio de Guatemala, al Oriente con el municipio de Villa Canales, al Sur con el municipio de Amatitlán y al Poniente con el municipio de Villa Nueva.

El municipio se localiza a una latitud Norte de 14°24" y una longitud Oeste de 90°37". Posee una elevación de 1 200 m/nm. Es de clima templado y sus temperaturas promedian los 20°C, la humedad es de 50%. La precipitación pluvial es de 100 mm/año.

4.2. Identificación del impacto ambiental

4.2.1. Fase de construcción

- Movimiento de tierras: preparación del terreno para la disposición de los desechos sólidos. En este renglón también se adecuará la topografía del terreno para tener acceso al mismo.

- Necesidades del suelo: para la propia estructura, acopio de materiales.
- Vías de acceso, cerco perimetral: comunicar el terreno con las vías existentes, y proteger las instalaciones por medio del muro perimetral, éste será del tipo prefabricado.

4.2.2. Fase de operación

- Vertido: los desechos sólidos serán colocados en el terreno, para su clasificación en orgánicos e inorgánicos, paso previo a su disposición.
- Disposición: distribuir uniformemente los desechos inorgánicos que previamente fueron clasificados en la fase de vertido. Esta disposición se realizará de modo que la distribución sea uniforme en toda la superficie del terreno, para el apropiado aprovechamiento de la tierra.
- Recubrimiento de tierras: cada nueva celda construida con material inorgánico será cubierta con tierra, distribuida uniformemente sobre dicho material, terminando el proceso con la compactación.

4.3. Control ambiental

4.3.1. Residuos y/o contaminantes que serán generados

La gestión de los residuos sólidos debe tener un adecuado control para evitar afectaciones al ambiente, consistentes en la contaminación del suelo y las aguas (superficiales y subterráneas), malos olores, procreación de vectores de enfermedades y otras molestias públicas.

4.3.2. Emisiones a la atmosfera

Las emisiones de gases se deben, principalmente, a la descomposición de la materia orgánica en medio anaerobio, lo que produce fundamentalmente gas carbónico y metano, aunque en menor proporción, también se generan amoníaco, monóxido de carbono, hidrógeno, sulfuro de hidrógeno, nitrógeno y oxígeno.

Por la composición de los residuos depositados, no es necesaria la recolección de biogás. Sin embargo, en dependencia de la posibilidad de formación de gases tóxicos, es recomendable instalar un área de disposición para los residuos que puedan producir estos gases y donde exista un sistema de recolección con tratamiento posterior. Se recomienda un estudio más profundo de los aspectos mencionados durante el proyecto ejecutivo del relleno de seguridad.

4.3.3. Descarga de aguas residuales

No será necesario hacer uso de agua para desarrollar el proceso, por lo tanto no es práctico aplicar medidas para contrarrestar los efectos producidos por descargas de aguas residuales.

4.3.4. Desechos sólidos

El estudio está destinado a mejorar las condiciones de manejo, disposición y tratamiento de los desechos sólidos.

4.3.5. Ruidos

Las fuentes de emisiones sonoras en el centro de acopio son:

- Camiones que ingresan los residuos a clasificar
- Camiones que extraen los residuos clasificados y descartes
- Compactadora de fardos
- Camión de carga de fardos de residuos clasificados

4.3.6. Contaminación visual

Tanto el impacto visual, como la modificación urbanística producida por la implantación de este tipo de proyectos son inevitables. En ese sentido, existen una serie de medidas que disminuyen estos impactos, entre las que se pueden mencionar:

- Cercar el entorno.
- Lograr un diseño de la estación de transferencia en sintonía arquitectónica con su entorno.
- Minimizar alturas excesivas.
- Evitar el impacto cromático.
- Evitar colocar la infraestructura en lugares de visión abierta.

4.4. Plan de mitigación

4.4.1. Identificación de impactos y medidas de mitigación

Para valorar los impactos se tienen en cuenta las siguientes características:

- **Magnitud:** es la dimensión que mide el grado de amplitud y extensión del impacto desde el punto de vista del aspecto que lo genera. La magnitud normalmente define las características del aspecto en cuanto a su potencialidad de impactar. Esta magnitud se graduará en baja, media y alta
- **Importancia:** es la dimensión que mide el impacto desde el factor ambiental afectado. Un impacto podría tener gran magnitud, al no estar afectando un factor relevante, por lo que su importancia sería baja. También podría darse el caso contrario cuando un factor muy relevante puede tener un impacto de gran importancia, aunque la magnitud del aspecto sea baja. También la importancia se graduará en baja, media y alta
- **Temporalidad:** refiere a la duración en el tiempo prevista para el impacto analizado, la cual se determinará como permanente, intermitente o temporal.
- **Probabilidad:** refiere a la probabilidad de que un impacto ocurra pudiendo ser mayor o menor en función, tanto de la del aspecto, como de la afectación del impacto. También se graduará en baja, media y alta.

- **Significancia:** se entiende la conjunción de las cuatro variables anteriores y se utilizará una escala de tres valores. Se advierte que la incidencia de la variable en la significancia del impacto es mayor que la de la magnitud o la probabilidad.

4.4.1.1. Identificación de impactos

Tabla VI. **Matriz de valorización de impactos generados al medio ambiente**

Impacto	Magnitud	Importancia	Temporalidad	Probabilidad	Significancia
Cambios en el escurrimiento superficial	Media	Baja	Permanente	Media	Baja
Pérdida de vegetación	Media	Baja	Temporal	Alta	Baja
Contaminación del suelo	Baja	Baja	Permanente	Baja	Baja
Cambios de uso del suelo	Alta	Media	Permanente	Alta	Media
Emisiones	Baja	Baja	Temporal	Alta	Baja
Contaminación subterránea del agua	Baja	Alta	Temporal	Baja	Media
Afectación a la población por la generación de olores	Media	Media	Temporal	Alta	Baja
Afectación al tránsito por los camiones recolectores	Baja	Baja	Permanente	Alta	Baja
Percepción social negativa	Media	Media	Temporal	Alta	Media

Fuente: Banco Interamericano de Desarrollo, “Guía para evaluación de impacto ambiental para proyectos de residuos sólidos municipales” 2002

4.4.1.1.1. Impactos positivos

- Se brinda un servicio de recolección de residuos sólidos más racional y adecuado a las características de cada zona.
- Se mejoran las condiciones de limpieza de las calles.
- Incorporación de un sistema de tratamientos de residuos sólidos mejorando las condiciones sanitarias de la población.
- Se eliminan los botaderos actuales, los que son fuente de contaminación.
- Mejoramiento significativo de la calidad ambiental al contar con un lugar para la disposición final adecuada.
- Para la población: mejoras en la salud y generación de más empleo.
- Creación de una conciencia social e institucional sobre los efectos ambientales negativos derivados de la ausencia de tratamientos de residuos sólidos.

4.4.1.1.2. Impactos negativos

- Emisiones a la atmósfera por la operación de maquinaria y vehículos de transporte de residuos.
- Generación de polvo en las distintas fases del proyecto.

- Emisión de olores desagradables originados por los procesos de descomposición orgánica natural, gases y compuestos volátiles originados de los sistemas de conducción de lixiviados.
- Contaminación del suelo por filtraciones de lixiviados, pérdida de estabilidad del suelo provocando fracturas en el subsuelo y alteración de la permeabilidad natural del suelo.
- Contaminación de aguas superficiales y subterráneas por un inadecuado sistema de lixiviación. Alteración del drenaje natural de aguas de lluvia.
- Afectará la flora y la fauna.
- Reproducción de vectores y de enfermedades infectocontagiosas.
- Alteración del paisaje.

4.4.1.2. Medidas de mitigación

Las medidas de mitigación propuestas deberán de ser implantadas por la entidad ejecutora del proyecto y por la municipalidad de San Miguel Petapa.

- Se considera conveniente, tanto para el rendimiento económico del proyecto, la protección del medio ambiente, el utilizar únicamente maquinaria que satisfaga no sólo requisitos de eficiencia, si no que sus sistemas mecánicos estén en perfecto estado de funcionamiento.
- Se deberá dotar al personal que trabaje en la extracción del suelo con mascarillas para evitar el brote de enfermedades respiratorias.

- Se recomienda darle mantenimiento a la maquinaria y vehículos. La flotilla de vehículos de acarreo deberá cumplir con las normas mínimas de seguridad.
- Se deberá construir un muro perimetral que impida la formación de vertedero abierto y el exceso de vectores de enfermedades, se recomienda arborizar en toda la periferia del muro, para tener una barrera natural contra el polvo ruido y gases tóxicos emanados por la descomposición de la basura.
- Se deberá proporcionar aislamiento a las áreas de descarga, así como ventilación y filtración del aire.
- Se recomienda el monitoreo y control permanente del vertedero controlado e incorporar un plan de control de plagas.
- Colocar un adecuado sistema de impermeabilización que impida la filtración de lixiviados al suelo. De preferencia se deben colocar geotextiles o geomembranas para impermeabilizar el suelo.
- La construcción y adecuación de sistemas de drenaje para la intersección y desvío del escurrimiento de agua de lluvia, evitando así la contaminación de fuentes de agua por el arrastre de sólidos y lixiviados provenientes del vertedero controlado.
- Realizar un programa de concienciación social y de educación ambiental.

4.4.2. Programa de monitoreo ambiental

- Dar mantenimiento del muro perimetral: revisión del muro cada seis meses para controlar su estado físico.
- Supervisar el procedimiento de impermeabilización de cada celda, por parte de un ingeniero civil.
- Supervisar que la laguna de evaporación, la conducción y evacuación de los lixiviados estén cumpliendo con su objetivo realizando un programa de control de cada tres meses.
- Supervisar que se cumpla un plan de mantenimiento preventivo para todos los vehículos y maquinaria que se utilizan en la recolección de basura y en el vertedero.

El monitoreo de lixiviados es un indicativo del proceso de estabilización de los residuos confinados en el sitio, nos determina el nivel de contaminación sobre los elementos agua y aire, debido a emanaciones tóxicas generadas por los mismos, las muestras se extraen directamente de la fosa séptica antes de pasar por el pozo de absorción, los parámetros a determinar (de acuerdo a la composición de los desechos recolectados, en este caso el 26% son desechos orgánicos y un 50% es de fácil degradación), la frecuencia de muestreo así como los equipos a emplear se indican en la tabla VII.

Tabla VII. **Monitoreo de lixiviados**

Parámetro	Equipo utilizado	Frecuencia (meses)
pH	Potenciómetro	6
Conductividad eléctrica	Conductímetro	6
Temperatura	Termómetro	6
Sólidos totales	Mufla, crisoles, pipetas, estufas	6
Sólidos volátiles	Mufla, crisoles, pipetas, estufas	6
Sólidos suspendidos fijos	Mufla, crisoles, pipetas, estufas	6
DQO	Pipetas, frascos Winkler, bureta	6
DBO ₅	Refrigerante, matraces y pipetas	6
Cadmio	Espectrofotometría	6
Cobre	Espectrofotometría	6
Cromo total	Espectrofotometría	6
Mercurio	Espectrofotometría	6
Níquel	Espectrofotometría	6
Zinc	Espectrofotometría	6
Plomo	Espectrofotometría	6
Arsénico	Espectrofotometría	6
Cianuros	Aparato de destilación, parrilla eléctrica, espectrofotómetro	6
Grasas y aceites	Bomba de vacío, filtros	6
Nitrógeno orgánico	Equipo Kjendall, pipetas	6
N ₂ amoniacal	Equipo Kjendall, pipetas	6
Coliformes fecales	NMP/100 ml	6
Coliformes totales	NMP/100 ml	6

Fuente: MARN.

Los reportes de laboratorio deben incluir: interpretación de resultados en términos de degradación de residuos.

Monitoreo del acuífero: tiene como objetivo fundamental conocer la calidad del agua subterránea, aguas arriba y aguas debajo del terreno, con los parámetros conocidos en estos dos puntos se realiza una comparación entre ambos, debiendo ser similares sus caracterizaciones, lo contrario sería un indicativo de filtraciones o escorrentías provenientes de los lixiviados, que están provocando contaminación del manto subterráneo de agua.

La ubicación de los pozos de monitoreo del acuífero es:

- Aguas arriba
- Aguas abajo

Si se determina una diferencia entre las caracterizaciones de los dos puntos, se recomienda efectuar un muestreo adicional para confirmar los primeros resultados y con base a ellos determinar las acciones a seguir.

Tabla VIII. **Monitoreo del acuífero**

Parámetro	Equipo utilizado	Frecuencia (meses)
pH	Potenciómetro	3
Conductividad eléctrica	Conductímetro	3
Temperatura	Termómetro	3
Sólidos totales	Mufla, crisoles, pipetas, estufas	3
Sólidos volátiles	Mufla, crisoles, pipetas, estufas	3
Sólidos suspendidos fijos	Mufla, crisoles, pipetas, estufas	3
DQO	Pipetas, frascos Winkler, bureta	3
DBO5	Refrigerante, matraces y pipetas	3
Cadmio	Espectrofotometría	3
Cobre	Espectrofotometría	3
Cromo total	Espectrofotometría	3
Mercurio	Espectrofotometría	3
Níquel	Espectrofotometría	3
Zinc	Espectrofotometría	3
Plomo	Espectrofotometría	3
Arsénico	Espectrofotometría	3
Cianuros	Aparato de destilación, parrilla eléctrica, espectrofotómetro	3
Grasas y aceites	Bomba de vacío, filtros	3
Nitrógeno orgánico	Equipo Kjendall, pipetas	3
N ₂ amoniacal	Equipo Kjendall, pipetas	3
Coliformes fecales	NMP/100 ml	3
Coliformes totales	NMP/100 ml	3

Fuente: MARN

Monitoreo de partículas aerotransportables: son ocasionadas por el viento, la circulación de los vehículos, la operación de la maquinaria.

Existen tres clases de partículas de interés para el monitoreo dentro del vertedero controlado, que son:

- Partículas suspendidas totales (PST)
- Partículas fracción respirable (PM-10)
- Partículas viables (aerobiológicas)

Los puntos en los que se realiza el muestreo de estas partículas son:

- En el frente de vertido
- Oficinas

Los parámetros y técnicas empleadas y frecuencia en el muestreo se describen en la tabla IX.

Tabla IX. **Monitoreo de partículas aerotransportables**

Parámetro	Equipo utilizado	Frecuencia de medición
PST	Equipo para muestreo de alto volumen	Semestral por laboratorio
PM-10	Equipo para muestreo de alto volumen	Semestral por laboratorio
Partículas viables	Equipo Andersen para muestreo de partículas viables, equipo de laboratorio para determinación de UFC/m ³	Semestral por laboratorio

Fuente: MARN.

Monitoreo de ruido: este parámetro es indicativo de las condiciones de trabajo prevalecientes en el sitio, por lo que los lugares en los que se monitorea son:

- Frente de vertido
- Oficinas
- Almacén

En el vertedero controlado, este parámetro se monitorea por personal asignado por la OMP utilizando un decibelímetro y basándose en los valores establecidos en los niveles permisibles por el MARN.

4.4.3. Programa de contingencia y prevención de accidentes

Protección de los trabajadores de acuerdo a la legislación vigente, principalmente en lo que respecta al Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, IGSS. Dotar de equipo de protección (mascarillas, guantes, botas de hule), a los trabajadores del proyecto. Se debe contar con botiquín de primeros auxilios, en caso de accidentes en el trabajo, ubicado dentro de las instalaciones administrativas.

Suministrar extinguidores a la oficina de administración y adiestrar a una persona responsable. Las vías de salida del proyecto deben mantenerse despejadas, y el personal de seguridad deberá tener conocimiento del plan de respuesta a emergencias. Se deberá tener en un lugar visible los contactos de emergencia (nombre y número telefónico), además de un listado actualizado del personal que se encuentra dentro de las instalaciones, para agilizar la ubicación en caso ocurriera un desastre.

4.4.4. Plan de manejo y disposición final de desechos en las diferentes fases de desarrollo

- Fase de limpieza y preparación del terreno

Los árboles que se tengan que botar, se desramarán y las trozas serán convertidas en tablas para formaleta de trabajos de obra civil y las ramas grandes se convertirán en leña.

La maleza resultante del movimiento de la capa vegetal, será incinerada y los residuos se almacenarán y cuando el proyecto esté en funcionamiento, se descargarán en el vertedero.

- Fase de construcción

Toda la tierra producto del movimiento de adecuación del vertedero, la parte que no se vaya a usar para recubrimiento, será botada en un lugar autorizado para botadero de ripio. Asimismo, se ubicarán letrinas portátiles, las cuales estarán debidamente ubicadas para ser utilizadas por los trabajadores. Se colocarán toneles para disposición de basura, la cual se incinerará en el mismo.

- Fase de operación

Todo el edificio administrativo contará con instalaciones hidrosanitarias conectadas a un sistema de tratamiento mediante fosa séptica y pozo de absorción. En cuanto al manejo de lixiviados en el vertedero, ya tienen su sistema de tratamiento en el mismo vertedero.

- Fase de retiro

Uso del suelo al término de la vida útil, esta área se habilitará para un centro recreacional con áreas verdes, y las instalaciones existentes se seguirán utilizando para la administración de dicho centro. (Se sugiere un área reforestada con recorrido para bicicletas, y una cancha de básquetbol o parque infantil, no podrá construirse ningún tipo de edificio formal, como pudiera ser casa de habitación, camino de tránsito pesado o edificios.

Esto se debe a que los residuos poseen una limitada capacidad de carga al presentar asentamiento diferenciales, que puedan colapsar o afectar cualquier construcción, por lo que se debe considerarse la construcción de estructuras ligeras.

5. ESTUDIO ECONÓMICO

5.1. Fijación de la tarifa de recolección

Para fijar la tarifa de recolección es necesario tomar en cuenta la demanda de viviendas. A partir de los datos de los últimos censos nacionales de población y habitación, se puede proyectar la cantidad de viviendas demandantes del servicio de recolección. La tarifa de recolección será cobrada por la municipalidad.

Tabla X. **Proyección viviendas demandantes del servicio de recolección en San Miguel Petapa**

CENSO	AÑO	VIVIENDAS
V	1994	9 189
VI	2002	26 721
	2011	88 794
	2012	101 469
	2013	115 953
	2014	132 504
	2015	151 418
	2016	173 032
	2017	197 730
	2018	225 955
	2019	258 208
	2020	295 065
	2021	337 183

Fuente: elaboración propia.

El proyecto se basa en el principio de autosostenibilidad, por lo tanto el objetivo es que se genere una tarifa que sea capaz de cubrir los costos operativos a lo largo de la vida del proyecto, y además sea una tarifa accesible para la población.

Tabla XI. **Proyección tarifa del servicio de recolección**

CENSO	AÑO	POBLACIÓN (habitantes)	VIVIENDAS	TARIFA
V	1994	41 506	9 189	Q 20,00
VI	2002	101 242	26 721	Q 25,00
	2011	155 167	88 794	Q 30,00
	2012	167 352	101 469	Q 31,00
	2013	180 492	115 953	Q 31,00
	2014	194 665	132 504	Q 32,00
	2015	209 951	151 418	Q 32,00
	2016	226 436	173 032	Q 33,00
	2017	244 217	197 730	Q 33,00
	2018	263 393	225 955	Q 34,00
	2019	284 075	258 208	Q 34,00
	2020	306 382	295 065	Q 35,00
	2021	330 439	337 183	Q 35,00

Fuente: elaboración propia.

5.2. Costos generales del proyecto

Los costos son la estimación de las necesidades totales de recursos financieros para la inversión y ejecución; los costos generales del proyecto se dividen en: costos de equipo y material, de operación, de mantenimiento y de mano de obra.

5.2.1. Costo del equipo y materiales

- Contenedores de metal: servirán para depositar los desechos que pueden ser recuperados, capacidad de 2 m³.
- Depósitos de basura: serán colocados para recolectar la basura en calles en puntos estratégicos del municipio.
- Equipo y suministros para personal operativo: se refiere al equipo de protección personal y herramientas.

Tabla XII. Costo del equipo y materiales

DESCRIPCIÓN	CANT.	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Contenedores de metal (capacidad 2 m ³)	4	Unidad	Q 1 275,00	Q 5 100,00
Guantes de nitrilo (caja de 72 pares)	1	Caja	Q 1 055,00	Q 1 055,00
Mascarillas (caja de 160 unidades)	1	Caja	Q 780,00	Q 780,00
Lentes policarbonato (caja de 12 unidades)	1	Caja	Q 1 900,00	Q 1 900,00
Uniformes	21	Unidad	Q 325,00	Q 6 825,00
Chalecos reflectivos	21	Unidad	Q 32,00	Q 672,00
Depósitos de basura (capacidad 0,2 m ³)	6	Unidad	Q 210,00	Q 1 260,00
Botas impermeables	21	Par	Q 78,50	Q 1 648,50
Pala	6	Unidad	Q 45,00	Q 270,00
Escobas	6	Unidad	Q 52,00	Q 312,00
Carretillas de mano	6	Unidad	Q 185,00	Q 1 110,00
Costales de kenaf	15	Unidad	Q 3,75	Q 56,25
			TOTAL	Q 20 988,75

Fuente: elaboración propia.

5.2.2. Costo de operación

- Capital de trabajo: es necesario para funcionar en la etapa de operación, se consideran en estos costos los salarios del personal: administrador (1), pilotos (3), personal para recolección (6), barrenderos (6), personal para clasificar (4) y guardián (1).
- Camiones recolectores: comprende el alquiler de camiones recolectores (3) y el combustible para su funcionamiento.

Tabla XIII. Costo de operación

DESCRIPCIÓN	CANT.	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL MENSUAL	COSTO TOTAL ANUAL
Alquiler camiones recolectores	3	Global	Q 3 500,00	Q 10 500,00	Q 126 000,00
Combustible	300	Galones	Q 32,00	Q 9 600,00	Q 115 200,00
Administrador	1	Global	Q 2 500,00	Q 2 500,00	Q 30 000,00
Pilotos	3	Global	Q 1 937,54	Q 5 812,62	Q 69 751,44
Personal para recolección	6	Global	Q 1 937,54	Q 11 625,24	Q 139 502,88
Barrenderos	6	Global	Q 1 937,54	Q 11 625,24	Q 139 502,88
Personal para clasificar	4	Global	Q 1 937,54	Q 7 750,16	Q 93 001,92
Guardián	1	Global	Q 1 937,54	Q 1 937,54	Q 23 250,48
			TOTAL	Q 61 350,80	Q 736 209,60

Fuente: elaboración propia.

5.2.3. Costo de mantenimiento

- Mantenimiento de contenedores de metal: éste es necesario, ya que por el uso normal y las propiedades químicas de los lixiviados el deterioro será común.
- Mantenimiento de depósitos de basura: contempla el recubrimiento antioxidante.
- Mantenimiento de camiones recolectores: estos gastos servirán para mantener en operación del camión recolector.

Tabla XIV. Costo de mantenimiento

DESCRIPCIÓN	CANT.	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL TRIMESTRAL	COSTO TOTAL ANUAL
Mantenimiento contenedores metálicos	4	Global	Q 500,00	Q 2 000,00	Q 8 000,00
Mantenimiento depósitos de basura	6	Global	Q 50,00	Q 300,00	Q 1 200,00
Mantenimiento camiones recolectores	3	Global	Q 1 500,00	Q 4 500,00	Q 18 000,00
			TOTAL	Q 6 800,00	Q 27 200,00

Fuente: elaboración propia.

5.2.4. Costo de mano de obra

Mano de obra: se considera en este rubro, el salario del administrador que estará a cargo nombrado por la OMP y llevará el control de los ingresos y gastos que se registren. Pilotos, recolectores y barrenderos que estarán al frente del tren de aseo. Personal para clasificar y guardián directamente en el centro de acopio.

Tabla XV. Costo de mano de obra

DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL MENSUAL	COSTO TOTAL ANUAL
Administrador	Q 2 500,00	Q 2 500,00	Q 30 000,00
Pilotos	Q 1 937,54	Q 5 812,62	Q 69 751,44
Personal para recolección	Q 1 937,54	Q 11 625,24	Q 139 502,88
Barrenderos	Q 1 937,54	Q 11 625,24	Q 139 502,88
Acondicionadores	Q 1 937,54	Q 7 750,16	Q 93 001,92
Guardián	Q 1 937,54	Q 1 937,54	Q 23 250,48
	TOTAL	Q 41 250,80	Q 495 009,60

Fuente: elaboración propia.

6. ESTUDIO FINANCIERO

6.1. Flujo de fondos del proyecto

Esta herramienta permite proyectar el movimiento de flujos monetarios que se presentarán en cada uno de los años del horizonte del proyecto.

Tabla XVI. Flujo de fondos del proyecto

AÑO	n	INGRESOS	EGRESOS	FLUJO NETO
2011	0		(Q784 398,35)	(Q784 398,35)
2012	1	Q2 131 063,85	(Q896 364,67)	Q1 234 699,18
2013	2	Q2 516 430,60	(Q1 024 313,24)	Q1 492 117,36
2014	3	Q2 875 630,06	(Q1 170 525,40)	Q1 705 104,66
2015	4	Q3 392 105,54	(Q1 337 608,13)	Q2 054 497,41
2016	5	Q3 876 300,28	(Q1 528 540,52)	Q2 347 759,76
2017	6	Q4 568 035,09	(Q1 746 726,92)	Q2 821 308,17
2018	7	Q5 220 083,96	(Q1 996 057,60)	Q3 224 026,35
2019	8	Q6 145 971,22	(Q2 280 978,16)	Q3 864 993,06
2020	9	Q7 023 257,30	(Q2 606 568,75)	Q4 416 688,55
2021	10	Q8 261 820,66	(Q2 978 634,67)	Q5 283 185,98

Fuente: elaboración propia.

6.1.1. Ingresos

Tabla XVII. Ingresos del proyecto

AÑO	POBLACIÓN (Habitantes)	DEMANDA TOTAL (100% DE VIVIENDAS)	DEMANDA PROYECTADA (80% DE VIVIENDAS)	TARIFA	INGRESO ANUAL
2012	167 352	101 469	81 175	Q31,00	Q 2 516 430,60
2013	180 492	115 953	92 762	Q31,00	Q 2 875 630,06
2014	194 665	132 504	106 003	Q32,00	Q 3 392 105,54
2015	209 951	151 418	121 134	Q32,00	Q 3 876 300,28
2016	226 436	173 032	138 425	Q33,00	Q 4 568 035,09
2017	244 217	197 730	158 184	Q33,00	Q 5 220 083,96
2018	263 393	225 955	180 764	Q34,00	Q 6 145 971,22
2019	284 075	258 208	206 566	Q34,00	Q 7 023 257,30
2020	306 382	295 065	236 052	Q35,00	Q 8 261 820,66
2021	330 439	337 183	269 746	Q35,00	Q 9 441 126,58
				TOTAL	Q 53 320 761,26

Fuente: elaboración propia.

6.1.2. Egresos

Tabla XVIII. Egresos del proyecto

AÑO	DEMANDA TOTAL (100% DE VIVIENDAS)	DEMANDA PROYECTADA (80% DE VIVIENDAS)	COSTO DE EQUIPO Y MATERIALES	COSTO DE MANTENIMIENTO	COSTO DE OPERACIÓN	INGRESO ANUAL
2011	88 794	71 035	Q 20 988,75	Q 27 200,00	Q 736 209,60	Q 784 398,35
2012	101 469	81 175	Q 23 984,72	Q 31 082,57	Q 841 297,37	Q 896 364,67
2013	115 953	92 762	Q 27 408,34	Q 35 519,35	Q 961 385,55	Q 1 024 313,24
2014	132 504	106 003	Q 31 320,65	Q 40 589,44	Q 1 098 615,31	Q 1 170 525,40
2015	151 418	121 134	Q 35 791,41	Q 46 383,25	Q 1 255 433,47	Q 1 337 608,13
2016	173 032	138 425	Q 40 900,33	Q 53 004,07	Q 1 434 636,12	Q 1 528 540,52
2017	197 730	158 184	Q 46 738,52	Q 60 569,95	Q 1 639 418,45	Q 1 746 726,92
2018	225 955	180 764	Q 53 410,05	Q 69 215,81	Q 1 873 431,74	Q 1 996 057,60
2019	258 208	206 566	Q 61 033,89	Q 79 095,79	Q 2 140 848,48	Q 2 280 978,16
2020	295 065	236 052	Q 69 745,96	Q 90 386,05	Q 2 446 436,73	Q 2 606 568,75
2021	337 183	269 746	Q 79 701,62	Q 103 287,91	Q 2 795 645,15	Q 2 978 634,67
					TOTAL	Q 18 350 716,41

Fuente: elaboración propia.

6.2. Evaluación financiera

6.2.1. Análisis del valor actual neto (VAN)

El valor actual neto financiero es Q 16 729 612,23 utilizando la tasa del 12% (costo de oportunidad adoptado para la evaluación del proyecto)

$$VPN = VF * Factor P/F$$

$$VF = Valor Futuro$$

$$Factor P/F = \frac{1}{(1 + i)^n}$$

Donde i = interés efectivo

n = período

Tabla XIX. Valor actual neto, desde el punto de vista financiero

AÑO	COSTO ANUAL	INGRESOS	FACTOR P/F	VAN EGRESOS	VAN INGRESOS	VAN NETO
2011	Q 784 398,35		1,00000	Q 784 398,35		Q (784 398,35)
2012	Q 896 364,67	Q 2 516 430,60	0,89286	Q 800 328,16	Q 2 246 820,22	Q 1 446 492,07
2013	Q 1 024 313,24	Q 2 875 630,06	0,79719	Q 816 572,27	Q 2 292 423,52	Q 1 475 851,25
2014	Q 1 170 525,40	Q 3 392 105,54	0,71178	Q 833 156,57	Q 2 414 432,88	Q 1 581 276,31
2015	Q 1 337 608,13	Q 3 876 300,28	0,63552	Q 850 076,72	Q 2 463 466,35	Q 1 613 389,64
2016	Q 1 528 540,52	Q 4 568 035,09	0,56743	Q 867 339,75	Q 2 592 040,15	Q 1 724 700,40
2017	Q 1 746 726,92	Q 5 220 083,96	0,50663	Q 884 944,26	Q 2 644 651,13	Q 1 759 706,88
2018	Q 1 996 057,60	Q 6 145 971,22	0,45235	Q 902 916,66	Q 2 780 130,08	Q 1 877 213,42
2019	Q 2 280 978,16	Q 7 023 257,30	0,40388	Q 921 241,46	Q 2 836 553,16	Q 1 915 311,70
2020	Q 2 606 568,75	Q 8 261 820,66	0,36061	Q 939 954,76	Q 2 979 295,15	Q 2 039 340,39
2021	Q 2 978 634,67	Q 9 441 126,58	0,32197	Q 959 031,01	Q 3 039 759,52	Q 2 080 728,52
				Q 9 559 959,95	Q 26 289 572,17	Q 16 729 612,23

Fuente: elaboración propia.

6.2.2. Relación beneficio costo (B/C)

El análisis de relación beneficio costo representa un índice de comparación de ingresos con relación a los costos. En otras palabras, representa el porcentaje (%) de utilidad sobre los costos incurridos.

$$\text{Relación B/C} = \frac{\text{VAN Ingresos}}{\text{VAN Egresos}}$$

Donde:

$$\text{VAN Ingresos} = \text{Q } 26\,289\,572,17$$

$$\text{VAN Egresos} = \text{Q } 9\,559\,959,95$$

$$\text{Relación B/C} = \frac{\text{Q } 26\,289\,572,17}{\text{Q } 9\,559\,959,95} = 2,75$$

El resultado obtenido confirma lo presentando por el VAN, indicando que los ingresos superan a los egresos en el proyecto. En otras palabras, por cada unidad de moneda por cada quetzal Q 1,00 invertido, se recuperará Q 2,75, lo que representa un beneficio.

6.2.3. Tasa interna de retorno (TIR)

El análisis de la tasa interna de retorno representa la tasa de descuento que aplicada a todos los ingresos y gastos del proyecto durante su vida útil, hace equivalentes los valores de los ingresos y gastos actualizados.

Tabla XX. Tasa Interna de Retorno TIR

TASA DE DESCUENTO	VALOR ACTUAL NETO
4%	Q 26 831 215,80
8%	Q 20 995 836,66
12%	Q 16 729 637,89
22%	Q 10 161 911,23
32%	Q 6 698 683,87
42%	Q 4 703 131,83
TIR 42,47%	Q -
52%	Q (6 342 367,08)
62%	Q (12 656 470,76)

Fuente: elaboración propia.

La TIR mide la rentabilidad económica del proyecto. Como criterio general, la institución pública debe comparar la TIR del proyecto con la tasa del 12% (que se asume como la tasa de oportunidad promedio de la inversión social pública), para este caso se acepta el proyecto de inversión como factible desde el punto económico $TIR\ 42,47\% > 12\%$

Criterios:

$TIR \leq 12\%$, se rechaza el proyecto

$TIR > 12\%$, se acepta el proyecto

CONCLUSIONES

1. La pobreza indirectamente repercute desfavorablemente, debido a que los asentamientos ubicados en lugares inaccesibles, dificultan la recolección y por consiguiente dan lugar a sitios inadecuados para la disposición final.
2. Se estima que con el proyecto se cubrirá el 80% de la demanda de viviendas, lo que reduce significativamente la contaminación ambiental por mala disposición final de los desechos sólidos.
3. El volumen de desechos sólidos que se genera en el municipio de San Miguel Petapa es directamente proporcional al crecimiento de la población.
4. Para el mantenimiento del proyecto se contará con ingresos a partir de la tarifa fijada por el servicio de extracción municipal por vivienda, de modo que éste sea un proyecto autosostenible.
5. Se generarán fuentes de empleos como un beneficio de doble vía, en donde el proyecto se mantenga activo y el personal perciba un ingreso por el trabajo desempeñado.
6. Al percibir ingresos anuales que superan los bajos costos anuales, se obtiene una relación beneficio costo, que permite dar credibilidad al proyecto de carácter social.

7. La separación de los desechos voluminosos como papel, cartón y plástico, permite identificar áreas de oportunidad para un programa de compra y venta de estos materiales que genere ingresos extras.

8. El tren de aseo municipal está compuesto por tres camiones recolectores que salen a ruta de manera intersemanal con el fin de prestar un servicio digno y eficiente.

RECOMENDACIONES

1. Realizar control y monitoreo adecuado de las áreas inaccesibles para evitar la proliferación de vertederos clandestinos y la contaminación ambiental.
2. Divulgar e informar a los pobladores acerca de los múltiples beneficios que se obtienen al tener un manejo integral de los desechos sólidos.
3. Actualizar periódicamente los datos poblacionales para que al finalizar la proyección de este estudio se pueda continuar con el proyecto, y mantener la relación proporcional del servicio con el crecimiento de la población.
4. Generar reportes financieros periódicos de los ingresos, para conocer la salud financiera del proyecto y el horizonte financiero del mismo.
5. Capacitar adecuadamente al personal con respecto a técnica y seguridad industrial y dotar de equipo de protección personal, según las tareas que desempeñe.
6. Invertir de manera transparente los beneficios económicos que genere el proyecto, de modo que los pobladores crean en él, el cuál es de carácter ambiental responsable.
7. Involucrar a la población en las tareas de separación en la fuente, para que sea más fácil la clasificación de los residuos.

8. Monitorear la frecuencia de recolección, a partir de las proyecciones de desechos sólidos a lo largo del horizonte del proyecto.
9. Revisar periódicamente el estudio tarifario para adecuarlo a los cambios financieros y sociales.

BIBLIOGRAFÍA

1. DOMÍNGUEZ DE FRANCO, Vicelda María. “Manejo integral de los desechos sólidos en San Lucas Sacatepéquez”. Trabajo de Graduación de Maestría Ing. Sanitaria. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1996. 92 p.
2. GUILLÉN FERNÁNDEZ, Eduardo José. “Manejo de los desechos sólidos en el área urbana del municipio de Jutiapa”. Trabajo de Graduación de Ing. Mecánica Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1995. 60 p.
3. HENRY, J. Glynn; HEINKE, Gary W. *Ingeniería ambiental*. 2ª ed. México: Prentice-Hall, 1999. 788 p.
4. MEDRANO PÉREZ, Justo Enrique. “Manejo, disposición final y reglamentación municipal de los desechos sólidos en la cabecera departamental de Santa Cruz del Quiché”. Trabajo de Graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1998. 73 p.
5. OTERO DEL PERAL, Luis Ramón. *Residuos sólidos urbanos*. Madrid: MOPT, 1992. 198 p.
6. TCHOBANOGLIOUS, George; THEISEN, Hillary; VIGIL, Samuel. *Gestión integral de residuos sólidos*. Madrid: McGraw-Hill, 1994. 765 p.

APÉNDICE

Formato para el control del volumen de materiales recolectados por semana que ingresen al vertedero controlado.

Producto	Días														Promedio		
	0		1		2		3		4		5		6			7	
	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%		kg	%
Papeles																	
Plástico																	
Metales																	
Vidrio																	
Madera																	
Materia orgánica																	
Otros materiales																	
Total																	

Fuente: elaboración propia.