



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

**CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL  
MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ,  
DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO Y PROPUESTA  
PARA RELLENO SANITARIO**

**Felipe Andrés Duarte Díaz**

Asesorada por el Ing. José Edmundo Rodríguez

Guatemala, agosto de 2008

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Angel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

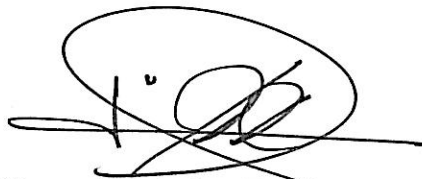
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR:	Inga. Dilma Janeth Mejicanos Jol
EXAMINADOR:	Ing. Alfredo Beber Aceituno
EXAMINADOR:	Ing. Juan Ramón Ordoñez
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivonne Veliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL  
MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ,  
DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO, Y PROPUESTA  
PARA RELLENO SANITARIO,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 17 de marzo de 2009.

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'F' and 'D' intertwined, with a horizontal line crossing through the middle.

**Felipe Andrés Duarte Díaz**

Guatemala 17 de Agosto de 2009

Ingeniero  
Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Jefe del departamento de Hidráulica  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Guatemala


Respetado Ingeniero.

Me dirijo a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado "**CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO Y PROPUESTA PARA RELLENO SANITARIO.**" Elaborado por el estudiante universitario **Felipe Andrés Duarte Diaz**, quien contó con mi asesoría.

Considero que el trabajo desarrollado por el estudiante **Duarte Diaz**, satisface los requisitos exigidos, por lo cual recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención de la presente.

Atentamente



Ingeniero José Edmundo Rodríguez  
Asesor Trabajo de Graduación





Guatemala,  
26 de agosto de 2009

FACULTAD DE INGENIERIA

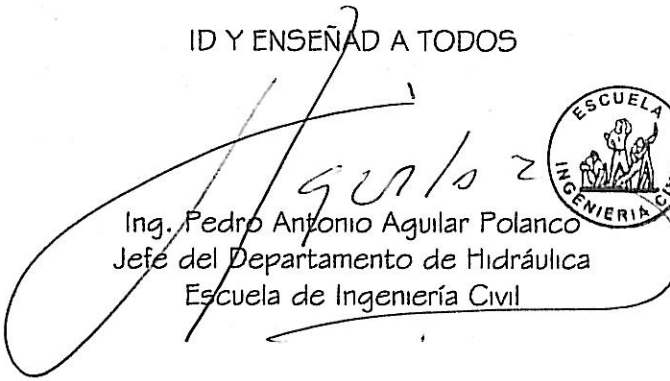
Ingeniero  
Sydney Alexander Samuels Milson  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Guatemala

Estimado Ingeniero Samuels.

Atentamente y por este medio, envío a usted, el trabajo de graduación desarrollado por el estudiante FELIPE ANDRÉS DUARTE DÍAZ, titulado CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO Y PROPUESTA PARA RELLENO SANITARIO.

Por lo que, habiendo cumplido con los objetivos y los requisitos de ley del referido trabajo; y existiendo la APROBACIÓN DEL MISMO, por parte del Asesor Ing. José Edmundo Rodríguez y habiéndose efectuado todas las observaciones técnicas, el suscrito lo da por APROBADO, solicitándole darle el trámite respectivo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Jefe del Departamento de Hidráulica  
Escuela de Ingeniería Civil



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. José Edmundo Rodríguez y del Jefe del Departamento de Hidráulica, Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco, al trabajo de graduación del estudiante Felipe Andrés Duarte Díaz, titulado **CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO Y PROPUESTA PARA RELLENO SANITARIO**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.



Mgter. Ing. Sydney Alexander Samuels-Milson

Guatemala, septiembre 2009

/bbdeb.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO Y PROPUESTA PARA RELLENO SANITARIO**, presentado por el estudiante universitario Felipe Andrés Duarte Díaz, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Palacios  
Decano



Guatemala, septiembre de 2009

/cc

## **AGRADECIMIENTOS A:**

- Dios** Por darme la vida y su bendición en todas las cosas que realizo.
- Mis padres** Hilder Abilio Duarte Beza y Fabiola Diaz Matta de Duarte por brindarme todo el amor y apoyo incondicional en toda mi vida y en mis sueños.
- Mis hermanos** José Miguel y Juan Carlos Duarte Diaz por su amistad, apoyo y por inspirarme a ser mejor cada día.
- Mis abuelos** Luis Alberto Diaz Gómez, Zoila Matta de Diaz Víctor Duarte (D.E.P), Sofía Beza de Duarte (D.E.P) por darme su amor, cariño y buenos recuerdos que nunca voy a olvidar.
- Mis tíos y primos** Familia Duarte Beza y Familia Diaz Matta por su cariño, consejos y apoyo durante toda mi vida.
- Mi asesor** Ing. José Edmundo Rodríguez por compartir sus conocimientos y experiencia para realizar este proyecto.
- Mis amigos** Por todos esos momentos que hemos compartido a lo largo de nuestras vidas, la amistad y el apoyo que me han brindado.

**La Empresa**

**FERRUN.**

**La municipalidad de San Antonio La Paz, en especial a la OMP**

**La Universidad San Carlos de Guatemala**

**Facultad de Ingeniería**

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Mis abuelos**

Luís Alberto Diaz Gómez

Zoila Matta de Diaz

Víctor Duarte (D.E.P.)

Sofía Beza de Duarte (D.E.P.)

### **Mis Padres**

Hilder Abilio Duarte

Fabiola Diaz Matta de Duarte

### **Mis Hermanos**

José Miguel Duarte Diaz

Juan Carlos Duarte Diaz

### **Mis tíos y primos**

Familia Duarte Beza

Familia Diaz Matta

### **Mis primos**

Eswin Guerra

Mynor Guerra

### **Mi asesor**

Ing. José Edmundo Rodríguez

### **La Señora**

Patricia Escobar y familia

### **Los señores**

Ing. Carlos Gálvez y familia

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y familia

Dr. Eduardo Velásquez y familia

**Mis Amigos**

Enrique de Leon, Hugo Hernández, Guillermo Estrada, Diego Mendoza, Diego Guillen, Julio Sosa, Alejandro Fonseca, Stefany Callejas, Fabiola Zuñiga, Sergio Irungaray, José Labin, Luis Trabanino, José Urzua, Adrián Soberanis, Samadevi Toledo, Haroldo Oliveros, Karen Acajabon, Leslie Orozco, Maithe Girón y los que no pude mencionar pero siempre los tendré presentes.

**Mi Patria**

Guatemala

**La Universidad de San Carlos de Guatemala, en especial a la Facultad de Ingeniería.**

# ÍNDICE GENERAL

<b>INDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b><u>VII</u></b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>X</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XII</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XIV</b>
<b>1. DEFINICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES</b>	<b>1</b>
1.1. Clasificación y composición de los residuos sólidos	1
1.1.1. Residuos domésticos y comerciales	2
1.1.2. Residuos institucionales	3
1.1.3. Residuos de la construcción y demolición	3
1.1.4. Residuos de los servicios municipales.	3
1.1.5. Residuos peligrosos	4
1.1.6. Residuos agrícolas	4
1.1.7. Producción per cápita de residuos sólidos	5
1.2. El manejo de los residuos sólidos	6
1.2.1. Aprovechamiento	6
1.2.2. El re uso o reutilización	7
1.2.3. El reciclaje	7
1.2.4. Tratamiento	8
1.2.5. Compostaje	8



1.2.6.	Lombricultura	9
1.2.7.	Incineración	9
1.3.	Recolección de los residuos sólidos municipales	9
1.3.1.	Almacenamiento de los residuos sólidos	11
1.3.2.	Recolección y transporte	12
1.3.3.	Barrido y limpieza de vías y áreas públicas	12
1.3.4.	Disposición final	13
1.4.	Riesgos y consecuencias de los residuos sólidos	14
1.4.1.	Riesgos para la salud	14
1.4.1.1.	Riesgos directos	14
1.4.1.2.	Riesgos indirectos	15
1.4.2.	Riesgos para el medio ambiente	18
1.4.2.1.	Contaminación del agua	19
1.4.2.2.	Contaminación del suelo	20
1.4.2.3.	Contaminación del aire	21
<b>2.</b>	<b>MARCO LEGAL DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN GUATEMALA</b>	<b>23</b>
2.1	Marco Jurídico Institucional	23
2.2	Código de Salud, Decreto 90-97 del Congreso de la República de Guatemala.	23
2.3	Municipalidad de Guatemala, el Concejo Municipal de la ciudad de Guatemala, Acuerdo No. 28-2002. Reglamento de manejo de desechos sólidos.	24

2.4	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Reglamento para el manejo de desechos sólidos hospitalarios, Acuerdo Gubernativo No. 509-2001.	26
<b>3.</b>	<b>EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS</b>	<b>29</b>
3.1	Botadero a cielo abierto	29
3.2	Relleno sanitario	32
3.2.1	Clasificación de los rellenos sanitarios	34
3.2.1.1	El botadero controlado o semi-controlado	34
3.2.1.2	Relleno sanitario manual	36
3.2.1.3	Relleno sanitario semi-mecanizado	38
3.2.1.4	Relleno sanitario mecanizado	40
3.3	Consideraciones a tomar en cuenta para los rellenos sanitarios	42
3.3.1	Consideraciones en la selección del sitio para la construcción de un relleno sanitario	42
3.3.2	Distancia para llevar los RSM al sitio	43
3.3.3	Vías de acceso	43
3.3.4	Distancia a los vecinos	43
3.3.5	Área disponible del terreno	44
3.3.6	Topografía	44
3.3.7	Condiciones del suelo	45
3.3.8	Condiciones del viento	45
3.3.9	Hidrología de agua superficial	45
3.3.10	Hidrogeología	45

3.3.11	Disponibilidad del material de cobertura	46
3.3.12	Uso futuro del sitio después de la clausura	46
3.4	Principales métodos de construcción y operación de un relleno sanitario	46
3.4.1	Método de trinchera o zanja	46
3.4.2	Método de área	48
3.4.3	Combinación de ambos métodos	51
3.5	Ventajas y limitaciones de un relleno sanitario	52
3.6	Operación y mantenimiento de un relleno sanitario	53
3.6.1	Administración y control de operación	53
3.6.2	Recomendaciones sanitarias y reglamento dentro de un relleno sanitario	55
3.6.3	Caseta de control	57
3.6.4	Mantenimiento de rutina	58
3.7	Clausura y fin de vida útil de relleno sanitario	61
3.7.1	Divulgación de la clausura	61
3.7.2	Clausura y uso final del relleno sanitario	62
3.7.3	Uso futuro del botadero clausurado	63
<b>4.</b>	<b>INVESTIGACIÓN DE CAMPO EN EL MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO</b>	<b>65</b>
4.1	Características generales del municipio	65
4.1.1	Densidad poblacional	66
4.1.2	Viviendas	68
4.1.3	Aspectos de Salud	69

4.2	Situación actual de los desechos sólidos	69
4.2.1	Recolección	70
4.2.1.1	Sistemas de recolección para el municipio de San Antonio La Paz:	71
4.2.2	Manejo y transporte	71
4.2.3	Disposición final	76
4.3	Caracterización de los desechos sólidos	78
4.4	Procedimiento para la definición y obtención de la muestra del municipio de San Antonio La Paz, departamento de El Progreso.	79
4.5	Cálculo del número de muestras o viviendas a evaluar	80
4.6	Procedimiento para recolección de datos y muestreo	81
4.7	Cálculo de la densidad	82
4.8	Análisis de la composición física de los desechos:	83
<b>5.</b>	<b>DATOS POBLACIONALES, MUNICIPALES RECABADOS Y PROYECCIONES A FUTURO</b>	<b>87</b>
5.1	Generación per cápita en el municipio de San Antonio La Paz	87
5.2	Distribución maestra por estrato en el municipio de San Antonio La Paz	88
5.3	Densidades orgánicas e inorgánicas	89
5.4	Resultado de los porcentajes luego de la caracterización de los desechos sólidos	92
5.5	Proyección de volumen de desechos sólidos para el 2019	93
5.6	Datos actuales de la población de San Antonio La Paz	

6.	PROPUESTA ESPECÍFICA Y RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS, PARA EL MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO	97
6.1	El manejo de los desechos sólidos	97
6.2	Recolección de los desechos sólidos	98
6.3	Separación y reciclaje de los desechos sólidos	99
6.4	Disposición final de los desechos sólidos	100
6.5	Vertedero actual y propuesta de mejoramiento	101
6.5.1	Propuesta para un relleno sanitario para San Antonio La Paz	103
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>107</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>109</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>111</b>
	<b>APÉNDICE</b>	<b>113</b>

## INDICE DE FIGURAS

1	Gestión integral	10
2	Contaminación del agua	20
3	Contaminación del aire	21
4	Contaminación del suelo	22
5	Contaminación ambiental	31
6	Segregadores expuestos	31
7	Operación adecuada de un relleno sanitario	33
8	Recubrimiento de de residuos sólidos	33
9	Relleno sanitario en su nivel óptimo	34
10	Métodos para rellenos sanitarios mecanizados	42
11	Método de trinchera para construir un relleno sanitario	48
12	Método de área para construir un relleno sanitario	49
13	Método de área para rellenar depresiones	50
14	Combinación de ambos métodos para construir un relleno sanitario	51
15	Departamento de El Progreso	65
16	Municipio de San Antonio La Paz.	65
	Recolección, manejo y transporte de desechos sólidos en San Antonio La Paz	71
17	Recolección pública municipal	72
18	Recolección pública municipal	72
19	Recolección domiciliar por método de acera	73
20	Recolección domiciliar por método de acera	73
21	Recolección municipal intra-domiciliar	74
22	Recolección municipal intra-domiciliar	74
23	Descarga de los desechos sólidos	76
24	Vista el botadero	76

25	Quema de los desechos sólidos	77
	Procedimientos estadísticos para los estudios de caracterización de	
26	residuos sólidos	82
27	Método de cuarteo de los desechos sólidos	83
28	Proceso de cuarteo de desechos sólidos	84
29	Separación de desechos	84
30	Pesaje de los desechos	85
31	Variación de la generación per cápita por vivienda	87
32	Toma de Datos	88
33	Densidades orgánicas sueltas por estrato	89
34	Densidades orgánicas compactas por estrato	89
35	Densidades inorgánicas compactas por estrato	90
36	Densidades inorgánicas compactas por estrato	90
37	Composición física de los desechos	91
38	Proyección de volumen de desechos sólidos para el 2019	92
39	Población a futuro para el 2019	93
40	Descarga de desechos sólidos	101
41	Quema de los desechos sólidos en el botadero municipal	101
42	Método de cañón	105

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### TABLAS

I	Actividades generadoras de residuos sólidos en la región de América Latina y El Caribe	5
II	Proceso de desarrollo de métodos de disposición final en ciudades en desarrollo	13
III	Enfermedades relacionadas con RSM transmitidas por vectores	18
IV	Ventajas y limitaciones de un relleno sanitario	52
V	Datos de población del municipio de San Antonio La Paz	66
VI	Formas de eliminar la basura	69
VII	Resultado de la clasificación de estratos socioeconómicos del municipio	81
VIII	Generación per cápita de desechos	86
IX	Distribución muestral por estrato en el municipio de San Antonio La Paz	87
X	Densidades orgánicas por estrato	88
XI	Densidades inorgánicas por estrato	89
XII	Porcentajes de desechos sólidos caracterizados	91
XIII	Datos actuales de la población de San Antonio La Paz	92
XIV	Situación actual de los residuos sólidos para el municipio	94
XV	Parámetros de diseño de un relleno sanitario	102
XVI	Resultados de San Antonio La Paz	115
XVII	Volúmenes de Desechos	117



## GLOSARIO

<b>Basura</b>	Es todo material considerado como desecho y que se necesita eliminar. La basura es un producto de las actividades humanas al cual se le considera de valor igual a cero por el desechado. No necesariamente debe ser odorífica, repugnante e indeseable; eso depende del origen y composición de ésta.
<b>Caracterización</b>	Es la acción o el efecto de ordenar o disponer por clases.
<b>Compostaje</b>	El compostaje o <i>composting</i> es el proceso biológico aeróbico, mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia rápidamente biodegradable (restos de cosecha, excrementos de animales y residuos urbanos), permitiendo obtener "compost", abono excelente para la agricultura.
<b>Lixiviado</b>	Es el líquido producido cuando el agua percola a través de cualquier material permeable. Puede contener tanto materia en suspensión como disuelta, generalmente se da en ambos casos.

Este líquido es más comúnmente hallado asociado a rellenos sanitarios

**Lombricultura**

La lombricultura es una biotecnología que utiliza, a una especie de lombriz, como una herramienta de trabajo, recicla todo tipo de materia orgánica obteniendo como fruto de este trabajo humus, carne y harina de lombriz.

**Reciclaje**

Consiste en someter de nuevo una materia o un producto ya utilizado a un ciclo de tratamiento total o parcial, para obtener una materia prima o un nuevo producto, útil a la comunidad.

**Relleno sanitario**

Un relleno sanitario es un lugar destinado a la disposición final de desechos o basura, en el cual se toman múltiples medidas para reducir los problemas generados por otro método de tratamiento de la basura como son los botaderos clandestinos.

**Vectores**

Seres vivos que intervienen en la transmisión de enfermedades al llevarlas de un reservorio a una persona sana.

## RESUMEN

Los desechos sólidos urbanos son una fuente de problemas para los humanos y para el medio ambiente, la falta de conocimientos para un manejo adecuado de los mismos ha dado como consecuencia la contaminación descontrolada del medio ambiente, generando así un gran número de enfermedades para la población.

La caracterización de los desechos sólidos es la base para crear un plan de manejo y tratamiento de los mismos, poder reducir a gran nivel la contaminación ambiental.

Para la disposición final de los desechos se debe crear un relleno sanitario adecuado a las características de la población y sobre todo al tipo de residuos que ésta produce.

En el presente trabajo de graduación se hace un estudio acerca del tipo de desechos sólidos que produce la población del municipio de San Antonio La Paz del departamento de El Progreso, teniendo en cuenta los lineamientos dictados por la OMS/OPS (Organización Mundial de la Salud y Organización Panamericana de la Salud). Con los resultados obtenidos se hace una propuesta para el diseño de un relleno sanitario que cumpla con todos los requisitos de funcionalidad adecuada para el tipo de población y los desechos que se producen en el municipio.

La finalidad de este trabajo es ser un manual para las municipalidades de Guatemala acerca del manejo de los residuos sólidos y su disposición final adecuada en un relleno sanitario.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL:**

Caracterizar y clasificar los desechos sólidos producidos por la población de San Antonio La Paz, municipio del Progreso, para poder determinar una gestión que mejore el manejo de los mismos y darles una disposición final adecuada en un relleno sanitario.

### **ESPECÍFICOS:**

1. Determinar la cantidad, tanto en peso como en volumen de desechos sólidos que produce la población en estudio, para plantear soluciones adecuadas para el manejo, tratamiento y disposición de los mismos.
2. Definir el contenido orgánico e inorgánico de los residuos sólidos producido por los habitantes de San Antonio La Paz.
3. Proponer la adecuada disposición final de los desechos sólidos producidos en San Antonio La Paz, y plantear el diseño de un relleno sanitario adecuado para el municipio.

## INTRODUCCIÓN

Los desechos sólidos y semisólidos que son descartados de la naturaleza o por las actividades de la sociedad que no tienen una utilidad inmediata se llaman basura. En las áreas urbanas, fuera del área metropolitana, los residuos sólidos están compuestos en su mayoría (63%) de materia orgánica altamente biodegradable.

Los desechos sólidos domésticos también llamados residuos sólidos urbanos, son un tipo de residuo que incluye principalmente los residuos domésticos (basura doméstica) a veces con la adición de productos industriales procedentes de un municipio.

El relleno sanitario es una técnica de eliminación final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia ni peligro para la salud y seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de terminado el mismo. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más pequeña posible.

Para crear formas y planes de saneamiento ambiental en el municipio de San Antonio La Paz, se realizaron estudios de caracterización de los desechos sólidos para implementar un sistema de recolección de residuos sólidos y un diseño de relleno sanitario adecuado, con el fin de mejorar el nivel y calidad de vida de los habitantes del municipio.

# **1. DEFINICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES**

Los residuos sólidos municipales (RSM) son aquellos que provienen de las actividades domésticas, comerciales, industriales (pequeña industria y artesanía), institucionales (administración pública, establecimientos de educación, etc.), de mercados, y los resultantes del barrido y limpieza de vías y áreas públicas de un conglomerado urbano, cuya gestión está a cargo de las autoridades municipales.

También puede definirse como todos aquellos elementos, objetos o sustancias generados como consecuencia del consumo humano y cuyo destino sea el desecho.

## **1.1. Clasificación y composición de los residuos sólidos**

Los residuos sólidos municipales pueden ser clasificados como sólidos, líquidos y gaseosos.

Los residuos sólidos municipales son provenientes de la generación residencial, comercial, institucional, industrial, los desechos de la construcción y demolición, y los desechos resultantes del barrido de calles y áreas públicas.

El componente residencial incluye viviendas y apartamentos unifamiliares y multifamiliares y está constituido de desechos de comida, papel y cartón, plásticos, vidrio, cuero, metales (latas), textiles, cenizas y desechos del jardín. También incluye residuos especiales como aparatos electrodomésticos, baterías, pilas, aceite de motores, llantas y neumáticos. También puede incluir desechos domésticos peligrosos como plaguicidas, solventes y algunas

pinturas. En América Latina se estima que el porcentaje de componente residencial varía entre 50 a 75 por ciento del total de los desechos sólidos municipales.

Los componentes comerciales e institucionales incluyen tiendas, restaurantes, mercados, oficinas, hoteles, gasolineras, escuelas, universidades, hospitales, y centros gubernamentales. Aquellos generan desechos de papel, cartón, plásticos, comida, vidrio, metales, y varios residuos especiales y desechos peligrosos. Los hospitales en particular generan desechos peligrosos, la mayoría en forma de desechos infecciosos. Se estima que el sector comercial puede contribuir entre 10 a 20 por ciento del total de los desechos sólidos municipales y el sector institucional entre 5 a 15 por ciento.

### **1.1.1. Residuos domésticos y comerciales**

Consisten en residuos sólidos orgánicos e inorgánicos de zonas residenciales y de establecimientos comerciales. La fracción orgánica de los residuos sólidos domésticos y comerciales está formada por materiales como residuos de comida, papel de todo tipo, cartón, plásticos de todos los tipos, textiles, goma, cuero, madera y residuos de jardín. La fracción inorgánica está formada por artículos como vidrio, cerámica, latas, aluminio y metales férreos.

Si los componentes de los desechos no se separan cuando se desechan, entonces la mezcla de estos residuos se conoce como residuos sólidos domésticos y comerciales no seleccionados.

En los residuos comerciales hay también producción de desechos especiales tales como electrodomésticos, productos de línea blanca, baterías y pilas eléctricas que producen la contaminación del agua subterránea por los

metales que contienen y luego forman parte del lixiviado que proviene del contacto del agua con los desechos.

### **1.1.2. Residuos institucionales**

Las fuentes incluyen centros administrativos, escuelas, cárceles y hospitales, excluyendo a los residuos de fabricación de las industrias y los residuos sanitarios de los hospitales. En la mayoría de los hospitales, los residuos sanitarios son manipulados y procesados separadamente de otros residuos.

### **1.1.3. Residuos de la construcción y demolición**

Son los residuos que proceden de la construcción, remodelación y arreglos de viviendas individuales, edificios comerciales y otras estructuras. Las cantidades generadas son difíciles de estimar y se componen generalmente de suciedad, piedras, hormigón, armaduras, ladrillos, yeso, madera, grava, etc.

### **1.1.4. Residuos de los servicios municipales.**

Derivan de las operaciones de mantenimiento de las instalaciones municipales, incluyendo los residuos de barrido de las calles, residuos de jardinería, animales muertos y vehículos abandonados.



### **1.1.5. Residuos peligrosos**

Dentro de esta categoría se ubican todos aquellos desechos químicos, biológicos, inflamables, explosivos o radiactivos que plantean un peligro sustancial para la vida humana, vegetal o animal.

Estos desechos son, en su mayoría, generados en la industria farmacéutica, hospitales, clínicas y laboratorios químicos. Estos desechos se presentan en forma de líquidos, pero con frecuencia se encuentran en forma de gases, sólido o lodos; en todos los casos, estos desechos deben ser manejados y dispuestos con gran cuidado y precaución.

### **1.1.6. Residuos agrícolas**

En esta clasificación se hallan los desechos y residuos que resultan de diversas actividades agrícolas, como los de la siembra y cosecha de hortalizas, campos, árboles, producción de leche, rastros municipales y la operación de corrales avícolas, porcinas, etc. Actualmente, la disposición de estos desechos no es responsabilidad de la mayoría de las autoridades municipales sino de los propietarios ganaderos y agrícolas, sin embargo, en muchas áreas la disposición de estiércol animal se ha convertido en un problema crítico, especialmente en corrales y granjas lecheras.

**Tabla I Actividades generadoras de residuos sólidos en la región de América Latina y El Caribe**

<b>Actividades generadoras</b>	<b>Componentes</b>	<b>% del total de RSM</b>
<b>Residencial y domiciliario</b>	Desperdicios de cocina, papeles, cartón, plástico, vidrio, metales, textiles, residuos de jardín, tierra, etc.	50 a 75
<b>Comercial</b> Almacenes, oficinas, mercados, restaurantes, hoteles y otros.	Papel, cartón, plásticos, madera, residuos de comida, vidrio, metales, residuos especiales y peligrosos.	10 a 20
<b>Institucional</b> Oficinas públicas, escuelas, colegios, universidades, servicios públicos y otros.	Semejantes al comercial.	5 a 15
<b>Industria</b> (Pequeña Industria y artesanía ) Manufactura, confección de ropa, zapatos, sastrería, carpinterías, etc.	Residuos de procesos industriales, materiales de chatarra, etc. Incluyendo residuos de comida, cenizas, demolición, construcción.	5 a 30
<b>Barrido de vías y áreas públicas</b>	Residuos que arrojan los peatones, tierra, hojas, excrementos de animales, etc.	10 a 20
Fuente: Diagnóstico de la situación de manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe. Washington DC, OPS/OMS;1997		

### **1.1.7. Producción per cápita de residuos sólidos**

La producción de residuos sólidos se puede medir en valores unitarios como kilogramos por habitante por día, kilogramos por vivienda por día, kilogramos por cuadra por día, kilogramos por tonelada de cosecha o kilogramos por número de animales por día.

La producción de residuos sólidos domiciliarios en la región varía de 0.3 a 1 kg/hab/día. Cuando a este tipo de residuos se agregan otros como los producidos por el comercio, las diversas instituciones, la pequeña industria, el barrido y otros, esta cantidad se incrementa entre 25 y 50%, o sea, que la producción diaria es de 0.5 a 1.2 kg/hab/día. En los países industrializados, en cambio, se tienen indicadores de producción por habitante mayores de un kilogramo por día.

## **1.2. El manejo de los residuos sólidos**

### **1.2.1. Aprovechamiento**

El abastecimiento de materias primas no es ilimitado y la recuperación de lo que se considera como residuo constituye un elemento esencial para la conservación de los recursos naturales; por lo tanto, su reúso, reciclaje y empleo constructivo se constituyen en una actividad importante en la gestión integral de los RSM, cuyo objetivo último es la disminución de su volumen y, especialmente, su aprovechamiento económico.

Algunas de las ventajas que le podría reportar al municipio la recuperación de estos materiales en el origen son:

- Generar empleo organizado por medio de grupos cooperativos.
- Reducir el volumen de RSM.
- Disminuir las necesidades de equipo recolector.
- Aumentar la vida útil de los rellenos sanitarios y, por lo tanto, disminuir la demanda de terrenos, que son cada día más escasos y costosos.

### **1.2.2. El re uso o reutilización**

Un primer nivel de recuperación es la reutilización, es decir, la utilización directa de un producto o material sin cambiar su forma o función básica. Un ejemplo es el reúso de envases como botellas, frascos de plástico y metal o cajas de cartón y madera. La re-fabricación supone el desmonte de productos similares para su limpieza, inspección, reemplazo, restauración, ensamble, prueba y distribución subsiguientes. Los productos re manufacturados típicos son: motores o transmisiones de automóviles, compresores de refrigeración o de aire acondicionado, estufas, lavavajillas, etc. Los productos desechados también pueden ser utilizados en su forma básica pero para una nueva función, como los viejos neumáticos que sirven como rompeolas o muelles artificiales.

### **1.2.3. El reciclaje**

El reciclaje es un proceso mediante el cual los residuos se incorporan al proceso industrial como materia prima para su transformación en un nuevo producto de composición semejante (vidrios rotos, papel y cartón, metales y plásticos, etc.).

El reciclaje supone cambiar tanto la forma como la función del producto original. Por ejemplo, las llantas usadas se cortan para hacer suelas de zapatos. Los textiles se transforman en trapos para desempolvar, en rellenos de almohadas o en retazos para cobijas y alfombras.

Las ventajas ambientales que ofrece el reciclaje son indiscutibles. Sin embargo, para su ejecución siempre debe tenerse en cuenta la poca calidad de los residuos de la región y que los beneficios económicos que permiten

realizarlo de manera sostenible están sujetos a la demanda en el mercado. La tendencia mundial es incrementar al máximo el reciclaje de la basura.

#### **1.2.4. Tratamiento**

El tratamiento en el manejo integral de los residuos sólidos tiene como objetivo principal disminuir los riesgos para la salud y su potencial contaminante. Por ello se deberá optar por la solución más adecuada a las condiciones técnicas, económicas, sociales y ambientales locales. Los principales métodos de tratamiento son el compostaje, lombricultura y la incineración, este último de gran impacto en la reducción de volumen. Los métodos anteriores dejan residuos que son necesarios disponer en un relleno sanitario, de ahí que no sean considerados como soluciones finales ni definitivas.

#### **1.2.5. Compostaje**

El compostaje es un proceso mediante el cual el contenido orgánico de la basura se reduce por la acción bacteriológica de microorganismos contenidos en los mismos residuos orgánicos, de lo que resulta un producto denominado *compost*. El compost es un material similar al humus (tierra); mejora los suelos pero no es un fertilizante y puede tener un valor comercial. Sin embargo, este valor suele ser menor que el costo de producción, por lo que este sistema debe ser subsidiado por el municipio. El método de compostaje puede ser beneficioso para los países en desarrollo, ya que mediante este proceso es posible recuperar el gran porcentaje de materia orgánica que contienen los RSM y, dado que exige la separación del resto de residuos sólidos, se convierte en una buena oportunidad para iniciar el reciclaje de otros materiales. Pero antes de decidir la construcción de una planta de compostaje, se debe estudiar

cuidadosamente si el producto cuenta con un mercado potencial, ya que muchas plantas en el mundo han fracasado por no poder comercializar el producto.

#### **1.2.6. Lombricultura**

El cultivo de una lombriz especial —la *Eisenia foétida*— con ciertos residuos orgánicos como sustrato o alimento (sobre todo, estiércol de ganado y residuos de cosechas) permite la conversión de este recurso en humus (mejorador de suelos) y proteína (como alimento de animales e incluso para el consumo humano), soluciona en parte el problema de la disposición de RSM y puede producir beneficios económicos. Es necesario tener cuidado especial con estas prácticas, pues solo deben ser consideradas como alternativas complementarias en la gestión integral de los residuos sólidos y de ninguna manera como la solución al problema.

#### **1.2.7. Incineración**

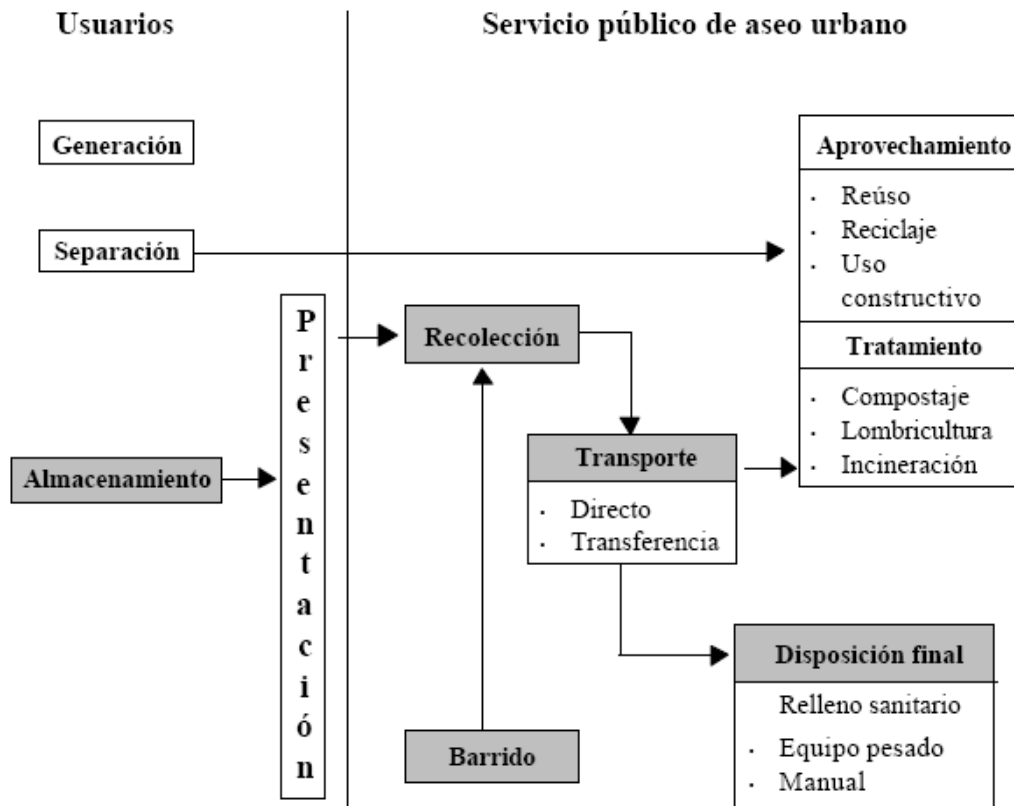
La incineración de los residuos sólidos permite la reducción de su volumen al dejar un material inerte (escorias y cenizas) cercano a 10% del inicial. Tal reducción es obtenida con hornos especiales en los que se puede garantizar suficiente aire de combustión, turbulencia, tiempos de retención y temperaturas adecuadas. Una combustión incompleta, como es el caso de las quemas a cielo abierto, generará humos, cenizas y olores indeseables.

### **1.3. Recolección de los residuos sólidos municipales**

El servicio de aseo urbano o limpieza urbana tiene como principales objetivos proteger la salud de la población y mantener un ambiente agradable y

sano. Consta de las siguientes actividades: separación, almacenamiento, presentación para su recolección, recolección, barrido, transporte, tratamiento y disposición sanitaria final de los residuos sólidos; esta última es *imprescindible* para su manejo. Las primeras tres actividades son responsabilidad del generador de dichos residuos; las demás son competencia del municipio o del organismo encargado de la prestación del servicio.

**Figura 1 Gestión integral**



Actividades básicas en un servicio de aseo urbano

Actividades complementarias

Como se puede deducir de la figura 1, el generador de RSM (vivienda, establecimiento comercial, industria) pasa a ser un usuario de los servicios de aseo urbano y tiene como responsabilidades separar sus residuos, almacenarlos en un recipiente adecuado y depositarlos con la frecuencia establecida, en el lugar y horario indicados por el operador del servicio. Cabe destacar que, a diferencia de épocas pasadas, ahora existe la tendencia de separarlos en su lugar de origen a fin de facilitar el desarrollo de programas de recuperación y reciclaje.

En consecuencia, al municipio u operador del servicio de limpieza les corresponde recoger, transportar, barrer las vías y áreas públicas y colocar los RSM en un relleno sanitario. De manera complementaria, podrán asumir el procesamiento para su aprovechamiento o tratamiento a fin de obtener beneficios económicos y ambientales o de hacerlos inocuos.

### **1.3.1. Almacenamiento de los residuos sólidos**

El almacenamiento es la actividad de colocar los residuos sólidos en recipientes apropiados, de acuerdo con las cantidades generadas, el tipo de residuos y la frecuencia del servicio recolección. Los recipientes deben tener un peso y diseño específicos que faciliten el manejo por los operarios y equipos; deben garantizar que el contenido no pueda entrar en contacto con el medio, es decir, estar dotados de tapas con buen ajuste que permitan la entrada de agua, insectos o roedores, ni el escape de líquidos por sus paredes o el fondo; tampoco deben ser difíciles de vaciar. Podrán ser retornables desechables.

La presentación de los RSM para su recolección es también una responsabilidad del generador o usuario del servicio de limpieza y consiste en colocar los recipientes en el lugar indicado (al borde de la acera, junto a la



puerta de la casa, en una caja estacionaria o contenedor multifamiliar, en una canastilla, etc.), con la debida frecuencia el día y horario establecidos por el municipio o la entidad que presta el servicio de recolección.

### **1.3.2. Recolección y transporte**

La recolección de los residuos sólidos implica su transporte al lugar donde deberán ser descargados.

Este puede ser una instalación de procesamiento, tratamiento o transferencia de materiales o bien un relleno sanitario. La recolección y transporte es la actividad más costosa del servicio de aseo urbano; en la mayoría de los casos representa entre 80 y 90% del costo total.

Los vehículos destinados al transporte de RSM deben reunir las condiciones propias para esta actividad. Pueden ser compactadores tradicionales, que se utilizan en las ciudades o también equipos no convencionales para las pequeñas poblaciones y áreas marginales, tales como el tractor agrícola conectado con un remolque, carretas de tracción animal, triciclos, etc.

### **1.3.3. Barrido y limpieza de vías y áreas públicas**

El barrido y limpieza se complementa con la recolección y se le podría llamar “el maquillaje de los centros urbanos”; y tiene como propósito mantener las vías y áreas públicas libres de los residuos que arrojan al suelo los peatones, los asistentes a eventos especiales y espectáculos masivos, los responsables de la carga y descarga de mercancía o de materiales diversos,

etc. La entidad encargada del aseo debe realizarla con una frecuencia tal que garantice que las vías y áreas públicas estén siempre limpias.

### 1.3.4. Disposición final

El método de disposición final de prácticamente todos los residuos sólidos lo constituye el relleno sanitario. Es el único admisible, ya que no representa peligro alguno ni riesgos para la salud pública. Además, minimiza la contaminación y otros impactos negativos en el ambiente. En los capítulos siguientes se consignarán los detalles más importantes sobre esta obra de saneamiento básico.

**Tabla II. Proceso de desarrollo de métodos de disposición final en ciudades en desarrollo**

Alternativa / Situación	Descripción
Disposición en la vía pública	Esto es común en zonas que no cuentan con un servicio de recolección. El generador de RSM los dispone en algún lugar o botadero público.
Disposición local sin control en pequeños botaderos	Existe un servicio de recolección primaria y un transporte incipiente hacia un sitio cercano (por lo general, dentro de la ciudad) donde se colocan los residuos sin control alguno.
Botadero o vertedero municipal sin control	Existe recolección primaria y secundaria. Los RSM se transportan y disponen sin control alguno en un sitio alejado de la ciudad o bien fuera de ella.
Relleno controlado	Existe recolección primaria y secundaria. Los RSM se transportan y disponen con un control moderado en un sitio deliberadamente diseñado para tal fin y ubicado fuera de la ciudad. Los RSM se entierran con una frecuencia regular.
Relleno Sanitario	El relleno sanitario es diseñado, construido, y operado con criterios de ingeniería sanitaria y ambiental. El sitio cuenta con los permisos y requisitos de ley, y existe un programa de monitoreo ambiental. Los impactos ambientales marginales y la población no se oponen al proyecto.
Fuente: Framework for the disposal of municipal solid waste in developing countries, Andrew Cotton, WEDC;1998	

## **1.4. Riesgos y consecuencias de los residuos sólidos**

### **1.4.1. Riesgos para la salud**

La importancia de los residuos sólidos como causa directa de enfermedades no está bien determinada; sin embargo, se les atribuye una incidencia en la transmisión de algunas de ellas, al lado de otros factores, principalmente por vías indirectas.

Para comprender con mayor claridad sus efectos en la salud de las personas, es necesario distinguir entre los riesgos directos y los riesgos indirectos que provocan.

#### **1.4.1.1. Riesgos directos**

Son los ocasionados por el contacto directo con la basura, por la costumbre de la población de mezclar los residuos con materiales peligrosos tales como: vidrios rotos, metales, jeringas, hojas de afeitar, excrementos de origen humano o animal, e incluso con residuos infecciosos de establecimientos hospitalarios y sustancias de la industria, los cuales pueden causar lesiones a los operarios de recolección de basura.

El servicio de recolección de basura es considerado uno de los trabajos más arduos: se realiza en movimiento, levantando objetos pesados y, a veces, por la noche o en las primeras horas de la mañana; condiciones que lo vuelven de alto riesgo y hacen que la morbilidad pueda llegar a ser alta. Las condiciones anteriores se vuelven más críticas si las jornadas son largas y si, además, no se aplican medidas preventivas o no se usa equipo de protección adecuado. Asimismo, los vehículos de recolección no siempre ofrecen las mejores

condiciones: en muchos casos, los operarios deben realizar sus actividades en presencia continua de gases y partículas emanadas por los propios equipos, lo que produce irritación en los ojos y afecciones respiratorias; por otra parte, estas personas están expuestas a mayores riesgos de accidentes de tránsito, magulladuras, etc. En peor situación se encuentran los segregadores de basura, cuya actividad de separación y selección de materiales se realiza en condiciones infrahumanas y sin la más mínima protección ni seguridad social. En general, por su bajo nivel socioeconómico, carecen de los servicios básicos de agua, alcantarillado y electricidad y se encuentran sometidos a malas condiciones alimentarias, lo que se refleja en un estado de desnutrición crónica. Los segregadores de basura suelen tener más problemas gastrointestinales de origen parasitario, bacteriano o viral que el resto de la población. Además, sufren un mayor número de lesiones que los trabajadores de la industria; estas lesiones se presentan en las manos, pies y espalda, y pueden consistir en cortes, heridas, golpes y hernias, además de enfermedades de la piel, dientes y ojos, infecciones respiratorias, etc. Frecuentemente, estos problemas son causantes de incapacidad. Los mismos segregadores de basura se transforman en vectores sanitarios y potenciales generadores de problemas de salud entre las personas con las cuales conviven y están en contacto.

#### **1.4.1.2. Riesgos indirectos**

El riesgo indirecto más importante se refiere a la proliferación de animales, portadores de microorganismos que transmiten enfermedades a toda la población, conocidos como vectores. Estos vectores son, entre otros, moscas, mosquitos, ratas y cucarachas, que, además de alimento, encuentran en los residuos sólidos un ambiente favorable para su reproducción, lo que se convierte en un caldo de cultivo para la transmisión de enfermedades, desde

simples diarreas hasta cuadros severos de tifoidea u otras dolencias de mayor gravedad.

**Las moscas:** Su ciclo de reproducción depende de la temperatura ambiental. Pueden llegar a su estado adulto en un lapso de entre 8 y 20 días y su radio de acción puede ser de 10 Km. en 24 horas. Su medio de reproducción está en los excrementos húmedos de humanos y animales (criaderos, letrinas mal construidas, defecar al aire libre, lodos de tratamiento, basuras, etc.). Se estima que un kilogramo de materia orgánica permite la reproducción de 70.000 moscas.

La basura es la fuente principal de reproducción de la mosca doméstica, que transmite enfermedades y causa la muerte de millones de personas en todo el mundo. Por tanto, el elemento clave para el control de la mosca doméstica es un buen almacenamiento, seguido de la recolección y disposición sanitaria final de la basura en rellenos sanitarios.

**Las cucarachas:** Existen desde hace 350 millones de años y, dada su extraordinaria resistencia a la mayoría de los insecticidas y capacidad de adaptación a cualquier medio, sería el único ser apto para sobrevivir a una guerra nuclear. Viven alrededor de los recipientes de basura, en los mostradores de cocina, cerca de la mesa del comedor y en los baños. Se alimentan de desperdicios y caminan durante la noche sobre la comida, animales dormidos o los seres humanos, contaminándolos con sus vómitos y excrementos. Transmiten más de 70 enfermedades y cerca de 8% de la población humana es alérgica a ellas y desarrolla graves dolencias respiratorias si se exponen a lugares frecuentados por estos bichos. A pesar de tratarse de uno de los insectos más antiguos y desagradables, los problemas de salud e higiene asociados a esta plaga persisten y afectan cada día más.

**Las ratas:** A través de los siglos han acompañado al hombre en la tierra y siempre han sido consideradas como una de las peores plagas. Además de transmitir graves enfermedades como la leptospirosis, salmonelosis, peste y parasitismo, también atacan y muerden a los seres humanos. Las ratas causan importantes daños en la infraestructura eléctrica y telefónica de las ciudades, ya que pelan y se comen los cables de las respectivas redes, lo que ocasiona un buen número de incendios. También contribuyen al deterioro y a la contaminación de buena parte de los alimentos. Se reproducen rápidamente. Dan de seis a doce crías por camada y una pareja de ratas llega a tener hasta 10.000 descendientes por año.

Asimismo, se puede afirmar que otro factor que pone en riesgo la salud pública y que, por tanto, obliga a disponer correctamente los residuos sólidos es la alimentación de animales con basura (vacas, cerdos, cabras, aves) sin vigilancia sanitaria. Esta práctica no es recomendable, ya que se corre el riesgo de propagar diversos tipos de enfermedades, pues no se debe olvidar que estos residuos suelen estar mezclados con desechos infecciosos provenientes de hospitales y centros de salud o de otros lugares contaminados donde la basura se descarga sin ninguna separación previa ni tratamiento. Por último, otros riesgos que pueden presentarse por la mala disposición de estos residuos en los botaderos de basura, en las orillas de las carreteras y cerca de aeropuertos, son los accidentes provocados por la disminución de la visibilidad a causa de los humos producidos por las frecuentes quemas de basura o por colisiones con las aves asociadas a estos sitios.

**Tabla III. Enfermedades relacionadas con RSM transmitidas por vectores**

<b>Vectores</b>	<b>Formas de transmisión</b>	<b>Principales enfermedades</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ratas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mordisco, orina y heces</li> <li>• Pulgas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peste bubónica</li> <li>• Tifus murino</li> <li>• Leptospirosis</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moscas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vía mecánica (alas, patas y cuerpo)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fiebre tifoidea</li> <li>• Salmonellosis</li> <li>• Cólera</li> <li>• Amibiasis</li> <li>• Disenteria</li> <li>• Giardiasis</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mosquitos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Picadura del mosquito hembra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Malaria</li> <li>• Leishmaniasis</li> <li>• Fiebre amarilla</li> <li>• Dengue</li> <li>• Filariasis</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cucarachas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vía mecánica (alas, patas y cuerpo)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fiebre tifoidea</li> <li>• Heces</li> <li>• Cólera</li> <li>• Giardiasis</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cerdos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingestión de carne contaminada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cisticercosis</li> <li>• Toxoplasmosis</li> <li>• Triquinosis</li> <li>• Teniasis</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aves</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Heces</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toxoplasmosis</li> </ul>
<p><i>Fuente: Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, DESA/UPMG. Fundação Estadual do Meio Ambiente. FEMA/MG. 1995.</i></p>		

#### **1.4.2. Riesgos para el medio ambiente**

El efecto ambiental más obvio del manejo inadecuado de los residuos sólidos municipales lo constituye el deterioro estético de las ciudades, así como del paisaje natural, tanto urbano como rural. La degradación del paisaje natural, ocasionada por la basura arrojada sin ningún control, va en aumento; es cada

vez más común observar botaderos a cielo abierto o basura amontonada en cualquier lugar.

#### **1.4.2.1. Contaminación del agua**

El efecto ambiental más serio pero menos reconocido es la contaminación de las aguas, tanto superficiales como subterráneas, por el vertimiento de basura a ríos y arroyos, así como por el líquido percolado (lixiviado), producto de la descomposición de los residuos sólidos en los botaderos a cielo abierto. Es necesario llamar la atención respecto a la contaminación de las aguas subterráneas, conocidas como mantos freáticos o acuíferos, puesto que son fuentes de agua de poblaciones enteras. Las fuentes contaminadas implican consecuencias para la salud pública cuando no se tratan debidamente.

La descarga de residuos sólidos a las corrientes de agua incrementa la carga orgánica que disminuye el oxígeno disuelto, aumenta los nutrientes que propician el desarrollo de algas y dan lugar a la eutrofización, causa la muerte de peces, generan malos olores y deteriora la belleza natural de este recurso. Por tal motivo, en muchas regiones las corrientes de agua han dejado de ser fuente de abastecimiento para el consumo humano o de recreación de sus habitantes.

La descarga de la basura en arroyos y canales o su abandono en las vías públicas, también trae consigo la disminución de los cauces y la obstrucción tanto de éstos como de las redes de alcantarillado. En los períodos de lluvias, provoca inundaciones que pueden ocasionar la pérdida de cultivos, de bienes materiales y, lo que es más grave aún, de vidas humanas.



**Figura 2. Contaminación del agua**



#### **1.4.2.2. Contaminación del suelo**

Otro efecto negativo fácilmente reconocible es el deterioro estético de los pueblos y ciudades, con la consecuente desvalorización, tanto de los terrenos donde se localizan los botaderos como de las áreas vecinas, por el abandono y la acumulación de basura. Además, la contaminación o el envenenamiento de los suelos es otro de los perjuicios de dichos botaderos, debido a las descargas de sustancias tóxicas y a la falta de control por parte de la autoridad ambiental.

**Figura 3. Contaminación del suelo**



#### **1.4.2.3. Contaminación del aire**

Los residuos sólidos abandonados en los botaderos a cielo abierto deterioran la calidad del aire que se respira, tanto localmente como en los alrededores, a causa de las quemas y los humos, que reducen la visibilidad, y del polvo que levanta el viento en los periodos secos, ya que puede transportar a otros lugares microorganismos nocivos que producen infecciones respiratorias e irritaciones nasales y de los ojos, además de las molestias que dan los olores pestilentes.

**Figura 4. Contaminación del aire**



## **2. MARCO LEGAL DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN GUATEMALA**

### **2.1 Marco Jurídico Institucional**

La Legislación vigente ha creado múltiples instituciones, a las cuales el Estado les ha asignado atribuciones y funciones vinculadas con los recursos naturales. Las instituciones asociadas al tema ambiental se agrupan y dividen en aquellas que se vinculan con el Marco Jurídico del tema ambiental y las vinculadas con la administración de justicia. En este capítulo se hará una breve descripción de las instituciones cuyas responsabilidades ambientales fueron delegadas por parte del Estado. También se citara textualmente y en forma resumida la legislación vigente hasta la fecha en materia ambiental, la cual está conformada desde la misma Constitución de la República de Guatemala, varios acuerdos legislativos, ministeriales, decretos gubernativos, leyes y convenios internacionales.

### **2.2 Código de Salud, Decreto 90-97 del Congreso de la República de Guatemala.**

**Artículo 103.** Disposición de los desechos sólidos. Se prohíbe arrojar o acumular desechos sólidos de cualquier tipo en lugares no autorizados, alrededor de zonas habitadas y en lugares que puedan producir daños a la salud a la población, al ornato o al paisaje, utilizar medios inadecuados para su transporte y almacenamiento o proceder a su utilización, tratamiento y disposición final, sin la autorización municipal correspondiente, la que deberá tener en cuenta el cumplimiento de las medidas sanitarias establecidas para evitar la contaminación del ambiente, específicamente de los derivados de la contaminación de los afluentes provenientes de los botaderos de bausa legales o clandestinos.

### **2.3 Municipalidad de Guatemala, el Concejo Municipal de la ciudad de Guatemala, Acuerdo No. 28-2002. Reglamento de manejo de desechos sólidos.**

**Artículo 1.** El presente Reglamento regula el sistema de almacenamiento, limpieza, recolección, transporte, reciclaje y disposición final de los desechos sólidos en el Municipio de Guatemala.

**Artículo 2.** Las disposiciones del presente Reglamento, son de observancia general para toda la persona individual o jurídica, pública o privada. Es obligación de todo habitante del Municipio de Guatemala cumplir y velar porque se cumpla el presente Reglamento y todas las disposiciones existentes en materia de medio ambiente.

**Artículo 3.** Los habitantes del Municipio de Guatemala a su costa, están obligados a enviar al vertedero, autorizado por la Municipalidad de Guatemala, los desechos sólidos que produzcan, por los medios determinados en el presente reglamento.

**Artículo 5.** La Municipalidad de Guatemala para el manejo de los desechos sólidos tiene las funciones siguientes:

- a. Regular y controlar el almacenamiento temporal de los desechos sólidos en: Industrias, mercados, comercios, plazas, calles, demás lugares públicos o privados, así como en las edificaciones nuevas que se autoricen, deberá preverse el depósito adecuado y accesible al recolectar.

- b.** Establecer, regular, autorizar, controlar y supervisar el sistema de almacenamiento, recolección y transporte de los desechos sólidos de industrias, mercados, comercios, parques, plazas, calles y demás lugares públicos o privados, con cobertura en todo el Municipio, pudiendo establecer áreas de trabajo y procedimientos específicos en cada caso.
- c.** Controlar técnicamente, la disposición final de los desechos sólidos en los lugares autorizados.
- d.** Establecer y promover programas de concientización, sensibilización y educación ambiental para la población, incluyendo el conocimiento de la normativa ambiental existente; y promover e incentivar programas de investigación y estudios específicos para el mejor conocimiento de los desechos sólidos que se generan, sus características y como reducir los efectos contaminantes y las formas para un manejo adecuado.
- e.** Coordinar con instituciones públicas o privadas, las actividades que permitan eliminar y prevenir los focos de contaminación y mantener la limpieza del Municipio.
- f.** Sobre la base de lo estipulado en el Código Municipal y demás, Leyes aplicables, contratar, administrar o dar en concesión la operación y mantenimiento del vertedero de desechos sólidos, ubicado en la zona 3 y otros sitios para la disposición final que en el futuro se autoricen.
- g.** Promover la clasificación, selección, recuperación, reutilización y reciclado de los desechos sólidos que así lo permitan.

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

**Artículo 1.** El presente reglamento tiene como finalidad el dar cumplimiento a lo preceptuado en el artículo 106 del Código de Salud, así como de las disposiciones relativas a la preservación del medio ambiente contenidas en la Ley del Organismo Ejecutivo y la ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente en cuanto a las descargas y emisiones al ambiente, concernientes, particularmente al manejo de desechos que comprende la recolección, clasificación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de los mismos, provenientes de los hospitales públicos o privados, centros de atención médica autónomos o semiautónomos y de atención veterinaria. Los desechos generados por los mataderos o rastros deben manejarse de conformidad con el reglamento que para tal efecto se emita.

**Artículo 2.** Para dar cumplimiento a leyes indicadas con anterioridad, este reglamento, regula los aspectos relacionados con la generación, clasificación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de los desechos hospitalarios que por su naturaleza se consideran tóxicos, radiactivos o capaces de diseminar elementos patógenos, sí como los desechos que se producen en las actividades normales de los centros de atención de salud humana o animal, tales como: hospitales tanto públicos como privados, clínicas, laboratorio y cualquier otro establecimiento de atención en salud y veterinario.

**Artículo 3.** Definiciones. Para efectos de este reglamento se entenderá por:

**a) Empresa de Disposición:** Cualquier entidad pública o privada, individual o jurídica, que se dedique a la recolección, transporte y disposición final de los

desechos sólidos infecciosos, químicos peligrosos, farmacéuticos y radiactivos decaídos.

**b) Ente Generador:** Se define como ente generador a toda unidad del sector público o privado en donde exista práctica de la medicina humana o veterinaria, incluyendo a las morgues, los laboratorios, así como a todo tipo de centro que con fines de prevención, diagnóstico, recuperación, tratamiento o investigación, produzca desechos sólidos de los incluidos dentro de presente Reglamento.

**c) Desecho Hospitalario:** Son los desechos durante el desarrollo de sus actividades por lo entes generadores, tales como hospitales públicos o privados, sanatorios, clínicas, laboratorios, bancos de sangre, centros clínicos, casas de salud, clínicas odontológicas, centros de maternidad y en general, cualquier establecimiento donde se practiquen los niveles de atención humana o veterinaria, con fines de prevención, diagnóstico, tratamiento, recuperación y rehabilitación de la salud.

**d) Desecho Hospitalario Bioinfeccioso:** Son los desechos generados durante las diferentes etapas de la atención de salud (diagnóstico, tratamiento, inmunizaciones, investigaciones y otros), y que por lo tanto han entrado en contacto con pacientes humanos o animales y que representan diferentes niveles de peligro potencial, de acuerdo al grado de exposición que han tenido con los agentes infecciosos que provocan las enfermedades.

**Artículo 8.** Obligación de Incineradores. Los entes generadores, tanto público como privados, quedan obligados de conformidad con las disposiciones del Código de Salud, a adquirir, instalar y mantener en forma individual o conjunta, incineradores para la disposición final de los desechos que produzcan y que sean considerados como infecciosos de conformidad con el presente



reglamento, cuyas especificaciones y normas quedarán establecidas de conformidad con lo preceptuado en el capítulo sexto del presente reglamento. Podrán asimismo, contratar los servicios de empresas de disposición que se encuentren debidamente autorizadas por el Departamento de Salud y Ambiente.

**Artículo 41.** Disposición General. Todo lo referente al régimen de infracciones y sanciones se estará a lo que sobre dicha materia disponen los artículos 216, 217, 218, 219, 220, 221 y 222 del Decreto Número 90-97 del Congreso de la República de Guatemala, Código de Salud.

A pesar de la legislación existente, los principales problemas son:

- Escasa recolección de basura que se traduce en gran cantidad de botaderos ilegales.
- Asentamientos ubicados en lugares inaccesibles que dificultan la recolección.
- Sitio inadecuado para la disposición final.
- Inexistencia de una unidad de control y monitoreo de manejo adecuado de los desechos metropolitanos.
- Ausencia de catastro de usuarios del servicio de recolección y de generadores de desechos especiales.
- Poca voluntad de una gran parte de la población para pagar los servicios de un adecuado sistema de recolección y disposición final de los desechos.
- Ausencia de procesos sistematizados de separación, recuperación y reciclaje.
- Inexistencia de programas de educación ambiental sobre el tema.
- Contaminación de cauces de aguas subterráneas y superficiales.

### **3. EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

En Centroamérica, el manejo inadecuado de los desechos sólidos provoca que diariamente se tiren a los botaderos miles de dólares. En una región donde la pobreza y el desempleo marcan el día a día.

#### **3.1 Botadero a cielo abierto**

El botadero de basura es una de las prácticas de disposición final más antiguas que ha utilizado el hombre para tratar de deshacerse de los residuos que él mismo produce en sus diversas actividades. Se le llama botadero al sitio donde los residuos sólidos se abandonan sin separación ni tratamiento alguno. Este lugar suele funcionar sin criterios técnicos en una zona de recarga situada junto a un cuerpo de agua, un drenaje natural, etc. Allí no existe ningún tipo de control sanitario ni se impide la contaminación del ambiente; el aire, el agua y el suelo son deteriorados por la formación de gases y líquidos lixiviados, quemas y humos, polvo y olores nauseabundos.

Los botaderos de basura a cielo abierto son cuna y hábitat de fauna nociva transmisora de múltiples enfermedades. En ellos se observa la presencia de perros, vacas, cerdos y otros animales que representan un peligro para la salud y la seguridad de los pobladores de la zona, especialmente para las familias de los segregadores que sobreviven en condiciones inhumanas sobre los montones de basura o en sus alrededores.

La segregación de subproductos de la basura promueve la proliferación de negocios relacionados con la reventa de materiales y el comercio ilegal. Ello ocasiona la depreciación de las áreas y construcciones colindantes;

asimismo, genera suciedad, incremento de contaminantes atmosféricos y falta de seguridad por el tipo de personas que concurren a estos sitios.

En la actualidad, el hecho de que los municipios abandonen sus basuras en botaderos a cielo abierto es considerado una práctica irresponsable para con las generaciones presentes y futuras, así como opuesta al desarrollo sostenible.

Los botaderos a cielo abierto presentan dos tipos de problemas serios: los problemas relacionados a la salud pública y los problemas relacionados al medio ambiente. Mientras que los países industrializados se enfocan más en problemas ambientales relacionados al manejo de los desechos sólidos, la situación en América Latina, por factores socioeconómicos, requiere un enfoque diferente, con énfasis en la salud pública, primero a los segregadores, y segundo a la población contigua al botadero, y tercero la población general.

La contaminación del medio ambiente también es un problema serio, pero secundario con relación a la salud pública. Como resultado, la disposición final adecuada de desechos sólidos en América Latina, y especialmente en las municipalidades de Centroamérica, será diferente a lo que han realizado en los países industrializados.

Figura 5. Contaminación ambiental



Figura 6. Segregadores expuestos



### **3.2 Relleno Sanitario**

El relleno sanitario es una técnica de disposición final de los residuos sólidos en el suelo que no causa molestia ni peligro para la salud o la seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de su clausura. Esta técnica utiliza principios de Ingeniería para confinar la basura en un área lo más estrecha posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos por efecto de la descomposición de la materia orgánica.

Hace poco menos de un siglo, en Estados Unidos, surgió el relleno sanitario como resultado de las experiencias, de compactación y cobertura de los residuos con equipo pesado; desde entonces, se emplea este término para aludir al sitio en el cual los residuos son primero depositados y luego cubiertos al final de cada día de operación.

En la actualidad, el relleno sanitario moderno se refiere a una instalación diseñada y operada como una obra de saneamiento básico, que cuenta con elementos de control lo suficientemente seguros y cuyo éxito radica en la adecuada selección del sitio, en su diseño y, por supuesto, en su adecuada operación y control.

**Figura 7. Operación adecuada de un relleno sanitario**



**Figura 8. Recubrimiento de de residuos sólidos**



**Figura 9. Relleno sanitario en su nivel óptimo**



### **3.2.1 Clasificación de los rellenos sanitarios**

#### **3.2.1.1 El botadero controlado o semi-controlado**

El botadero semi-controlado o controlado puede ser el primer paso para muchas ciudades y municipalidades en la evolución de mejoramiento. Generalmente, el botadero controlado existe lejos de la municipalidad o está ubicado donde el público no puede verlo, y por lo tanto se puede controlar más fácilmente el acceso. El diseño no tiene muchos criterios de Ingeniería para operación, aunque puede utilizarse, por ejemplo, drenaje para el control de agua pluvial. El diseño físico puede incluir cercas con puertas en la entrada, una caseta de control en la entrada, y también, en los botaderos controlados de las ciudades grandes, básculas para pesar las cargas que entran. La operación del botadero controlado incluye un vigilante u operador en la entrada para

inspeccionar las cargas y pesarlas si hay una báscula, y dar direcciones a los chóferes de los camiones al lugar específico de descarga. Porque no se utiliza cobertura para los desechos, la operación de los botaderos controlados, especialmente de las municipalidades, puede incluir la quema intencional de desechos para reducir el volumen. Por otra parte, la quema espontánea puede ocurrir con frecuencia, y la presencia de animales domésticos y silvestres es común como en cualquier botadero a cielo abierto.

La presencia de segregadores en botaderos controlados puede ser controlada y ordenada, como se ve en los botaderos controlados de las ciudades grandes. Si está bien hecha, la entrada de segregadores puede ayudar a la operación del botadero en el reciclaje de materiales. Los botaderos controlados de las ciudades grandes, como los de Guatemala, San Pedro Sula, Tegucigalpa, y Managua, tienen una característica distinta de operación que no existe en los botaderos controlados más pequeños en otras municipalidades: El uso de maquinaria pesada en la operación. Se utiliza la maquinaria, principalmente tractores de oruga, de una manera diferente a la que se utilizaría en un relleno sanitario bien diseñado y operado. El uso es más para empujar los desechos hacia un pendiente o una cañón o quebrada, en vez de compactarlos y cubrirlos con tierra como en un relleno sanitario mecanizado bien operado. La utilización de tractores de oruga, y a veces compactadoras de rodo con punta, es una necesidad por el volumen diario de los RSM que llega a los botaderos. Esta práctica común no tiene nada que ver con el uso adecuado de maquinaria pesada en un relleno sanitario mecanizado, que tiene criterios de ingeniería de compactación y cobertura de desechos utilizando la maquinaria.



### **3.2.1.2 Relleno sanitario manual**

El relleno sanitario manual se presenta como una alternativa técnica y económicamente factible, tanto en beneficio de las poblaciones urbanas y rurales con menos de 30.000 habitantes que no tienen la forma de adquirir equipo pesado para construir y operar un relleno sanitario convencional como de las áreas marginadas de algunas ciudades.

Las poblaciones asentadas en los alrededores de las grandes ciudades generalmente son afectadas por la presencia de botaderos de basura e incluso suelen carecer del servicio de recolección. Esta técnica de operación manual solo requiere equipo pesado para la adecuación del sitio, es decir, para la construcción de la vía interna, la preparación de la base de soporte o la excavación de zanjas y la extracción de material de cobertura de acuerdo con el avance y método de relleno. Los demás trabajos pueden realizarse con los propios trabajadores, lo que permite a las pequeñas comunidades de escasos recursos incapaces de adquirir y mantener en forma permanente un tractor de orugas o una retroexcavadora, disponer adecuadamente la reducida cantidad de basura generada por ellas empleando mano de obra poco calificada. Un relleno sanitario puede servir a dos o más poblaciones, hasta llegar a convertirse en una solución regional; es decir, estar en condiciones de brindar el servicio de disposición final de RSM a varias poblaciones cercanas. En tal sentido, los municipios pequeños deben evaluar la conveniencia técnica, económica, social y ambiental de llevar sus residuos a un relleno sanitario regional o al del municipio vecino o tener uno propio. El relleno sanitario manual es adecuado para poblaciones que generen hasta 15 toneladas diarias. Sin embargo, se precisa de un análisis detenido de las condiciones locales en cada región, puesto que por las características del sitio, la disponibilidad de material de cobertura, el clima, el costo de la mano de obra, etc., tal vez resulte preferible que la construcción y la operación del relleno sanitario se realicen,

parcial o permanentemente, con equipo pesado. La operación de un relleno sanitario manual que reciba más de 15 toneladas diarias de basura puede complicarse bastante, ya que requiere un mayor número de personas, sobre todo para los procesos de esparcido y compactación y para la extracción y el acarreo del material de cobertura. Por lo tanto, en estos casos la operación deberá ser apoyada al menos con un tractor agrícola.

Un relleno sanitario manual, aunque sea una obra pequeña, no deja de ser un proyecto de Ingeniería, en el que gran parte de los problemas futuros se previenen con una buena planificación que va desde la concepción y diseño de la obra hasta su construcción, operación y clausura. La planificación inicial sentará las bases para las diferentes actividades que se deberán cumplir. Esta fase consiste en la evaluación de criterios para la selección del sitio y de las diversas alternativas de terrenos para su localización, diseño, construcción, operación, mantenimiento y monitoreo. La planificación, además, permite contar con la información básica sobre la población beneficiada; la procedencia, cantidad y calidad de RSM; el uso futuro del terreno una vez clausurado el relleno sanitario; los recursos para su financiamiento y la asesoría de un profesional competente.

La planificación debe incluir un programa de información al público que explique cuáles son las ventajas y desventajas de la implantación de un relleno sanitario y la importancia de la clausura del botadero de basura. El apoyo del público es una de las metas que debe procurar cualquier administración local que esté interesada en construir esta obra de saneamiento básico, puesto que sin este respaldo es muy probable que ella no pueda llevarse a la práctica o que su operación y mantenimiento sean deficientes.

Tanto la administración como la comunidad en general deben tener presente que un relleno sanitario manual, como cualquier obra de saneamiento básico, requiere recursos para su financiación en lo que concierne a los estudios para la selección del sitio, el diseño, la construcción y la fase inicial de operación. Igualmente, durante todo el tiempo de su vida útil, la administración municipal, o quien opere el sistema, debe incluir en el presupuesto un rubro para la operación y mantenimiento del relleno. Es fundamental que la población sea consciente de los beneficios que le reporta eliminar el botadero de basura municipal y construir un relleno sanitario, así como del costo que demanda este proyecto. Si la comunidad está dispuesta a pagar, se garantizará la sostenibilidad de un buen servicio de limpieza pública y de la operación y el mantenimiento de la obra.

### **3.2.1.3 Relleno sanitario semi-mecanizado**

El relleno sanitario semi-mecanizado tiene todas las características de un relleno diseñado, construido, y operado con criterios de Ingeniería Civil y Sanitaria mencionados anteriormente. Se llama semi-mecanizado porque requiere maquinaria pesada solamente de vez en cuando, principalmente para la excavación de zanjas o trincheras. También, dependiendo del sitio y el tamaño del relleno, puede requerir maquinaria para la construcción de vías internas, la preparación de la base de soporte impermeable y el sistema de drenaje de agua pluvial, los lixiviados, y las chimeneas para la ventilación de biogás, y la aplicación del material de cobertura.

El relleno sanitario semi-mecanizado no utiliza maquinaria pesada para la compactación de desechos para aumentar su densidad y reducir su volumen, más bien, se utiliza mano de obra para la compactación y cobertura diaria, por lo que se llama un relleno sanitario manual, o compactación natural, lo que es

una combinación de reducción de volumen por la compactación por el peso de material excavado de la trinchera próxima que se pone encima de la trinchera llena de RSM. Se estima que el relleno sanitario semi-mecanizado es factible para poblaciones de hasta 100,000 habitantes. Se reporta que el llamado relleno sanitario manual es factible para poblaciones de hasta 30,000 habitantes. Los criterios de Ingeniería del relleno semi-mecanizado incluyen el análisis del sitio seleccionado con respecto a la Hidrogeología, el diseño por el método de trinchera (que requiere menos uso de maquinaria). La selección de maquinaria apropiada (alquilada o comprada) para las excavaciones de las trincheras (por ejemplo, se selecciona una excavadora que puede excavar en uno o dos días una trinchera que durará un mes), la impermeabilización del fondo, y el control de agua pluvial, lixiviados, y biogás.

Las características físicas de los rellenos sanitarios semi-mecanizados incluyen cercos con puertas de entrada, una caseta de control, una báscula, impermeabilización con arcilla, y sistemas de recolección de escurrimiento, lixiviados, y ventilación de biogás. Como en un botadero controlado, la operación de un relleno semi-mecanizado debe incluir el control en la entrada y una báscula para pesar las cargas de RSM. Se puede prohibir la entrada de segregadores, o permitirlos si se hace en una manera organizada.

Un operador debe inspeccionar las cargas que entran para separar los residuos especiales y los desechos peligrosos y almacenarlos en una zona especial reservada para ellos. Los operadores deben prohibir la entrada de animales domésticos, y controlar las poblaciones de animales silvestres. Como se presenta en las siguientes secciones, la excavación de las trincheras para minimizar el área superficial de las celdas diarias, y la ubicación apropiada de la materia excavada para la compactación natural de la trinchera llenada previamente, son las tareas que dan éxito al proceso. El operador de la

excavadora tiene que tener capacitación no solamente en la operación de una excavadora, sino en el método de trinchera.

#### **3.2.1.4 Relleno sanitario mecanizado**

El relleno sanitario mecanizado también, como lo de semi-mecanizado, tiene todas las características de criterios de Ingeniería. La diferencia de un relleno semi-mecanizado y uno mecanizado es el requisito de traer el material de cobertura para la celda diaria. Como resultado, el diseño de un relleno mecanizado tiene que utilizar el método de área o de cañón.

En el método de área, se hace la celda diaria utilizando maquinaria para compactar los desechos y para excavar y traer la materia de cobertura de otro lugar; en el método de cañón se consigue el material para la cobertura de las laderas del cañón. La compactación con equipo pesado es necesaria no solamente para maximizar el área y la vida útil del relleno, sino también para minimizar el consumo de cobertura y entonces los costos de operación; se puede desperdiciar mucho material de cobertura por los huecos en los desechos no bien compactados. Cuando el primer nivel del diseño se llena con celdas diarias, se sigue al segundo nivel, hasta que se llega finalmente al último nivel del diseño. La maquinaria requerida en un relleno mecanizado puede incluir una excavadora y un volquete para excavar y llevar la materia de cobertura, y un tractor de oruga para la compactación de desechos y la aplicación de la cobertura. Los rellenos mecanizados grandes utilizan también compactadoras de rodo con punta.

Los rellenos mecanizados normalmente utilizan arcilla o geomembranas para la impermeabilización, recolección y tratamiento de los lixiviados y recolección y desvío del agua pluvial. También se debe tener un cerco con

puerta, una caseta de control, y una báscula en la entrada. La operación ideal de un relleno mecanizado es igual como uno semi-mecanizado analizado anteriormente, con control de la entrada, pesa de cargas, separación de residuos especiales y desechos peligrosos, control de segregadores, y control de animales domésticos y silvestres.

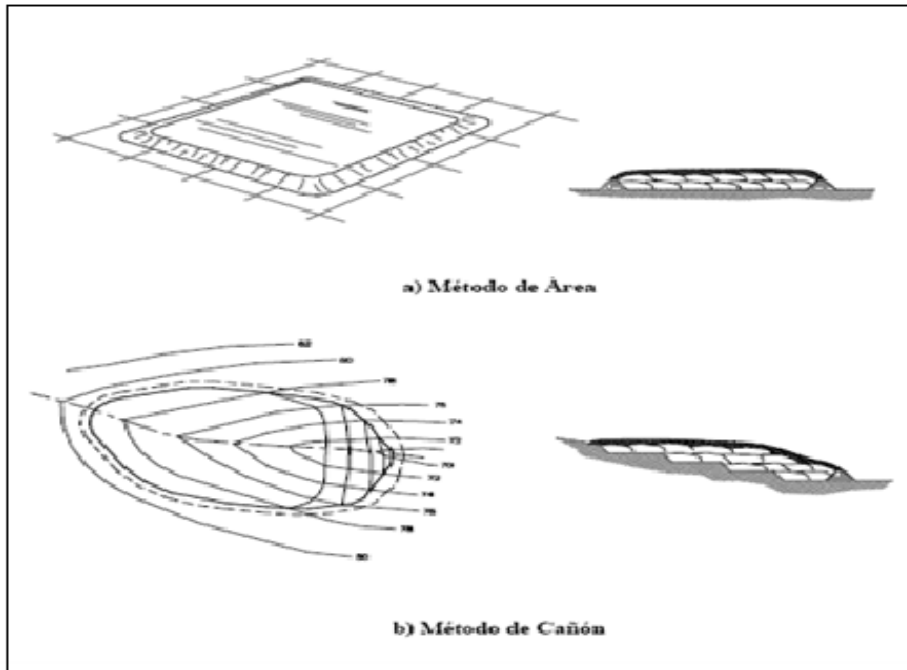
En el relleno sanitario mecanizado se puede utilizar el método de área, donde se hace la celda diariamente utilizando maquinaria no solamente para compactar los desechos, sino para excavar y traer el material de cobertura. Cuando el primer nivel del diseño se llena con celdas, se siga al segundo nivel, hasta se llega finalmente al último nivel del diseño. El relleno sanitario mecanizado que utiliza el método de cañón consigue la materia de cobertura excavando las laderas de un cañón. La maquinaria requerida en un relleno mecanizado puede incluir una excavadora y un camión de volteo para excavar y llevar la materia de cobertura, y un tractor de oruga para la compactación de desechos y la aplicación del material de cobertura. En los EE.UU. los rellenos mecanizados frecuentemente utilizan geomembranas para la impermeabilización, y recolección y tratamiento de los lixiviados.

La principal diferencia entre un relleno mecanizado y uno semi-mecanizado está en la necesidad de usar maquinaria pesada de tiempo completo para la compactación de los desechos y para la excavación, transporte, y aplicación de la cobertura (generalmente el mismo equipo que se compacta los desechos se aplica la cobertura). Por los altos costos de operación, se estima que el relleno sanitario mecanizado es apropiado en Centroamérica para ciudades con más de 100,000 habitantes. Las municipalidades más pequeñas, generalmente, no tienen los recursos para poder manejar adecuadamente toda la maquinaria necesaria, y por lo tanto no

deberían aceptar un relleno mecanizado como una solución de la disposición final de los RSM.

### Métodos para rellenos sanitarios mecanizados

Figura 10. Métedos para rellenos sanitarios mecanizados



### 3.3 Consideraciones a tomar en cuenta para los rellenos sanitarios

#### 3.3.1 Consideraciones en la selección del sitio para la construcción de un relleno sanitario

La ubicación apropiada de un relleno sanitario, que sea semi-mecanizado o mecanizado, juega un papel fundamental en el éxito del sistema de la vista de salud pública, protección ambiental, y economía, y la aceptación general del público. Porque ningún terreno cumple todos los criterios, hay que escoger el mejor terreno teniendo en cuenta los recursos que existen y las condiciones de cada localidad.

### **3.3.2 Distancia para llevar los RSM al sitio**

La distancia debería ser suficientemente corta para que el transporte de los RSM de la zona urbana al relleno sea económico. El tiempo que tarda un camión recolector en el transporte de los RSM a su destino final determina el número de viajes diarios con cargas de desechos que puede hacer. Esto también determina la cobertura los RSM transportados y los costos que se tienen que cobrar para el servicio de recolección. Además, en el caso de un relleno semi-mecanizado, el costo de transportar equipo pesado de vez en cuando al sitio puede ser significativo si el relleno está ubicado demasiado lejos de centros urbanos. Como resultado de la complejidad de los factores en la selección del sitio, no existen criterios técnicos sobre una distancia óptima. Sin embargo, algunos estudios han recomendado una distancia que permite un viaje de camiones recolectores de ida y regreso de no más de 30 minutos, especialmente en municipalidades pequeñas.

### **3.3.3 Vías de acceso**

El relleno debería estar cerca de una vía principal pavimentada. Esto permite el transporte fácil y económico de los RSM en camiones, y el transporte de maquinaria pesada. También, una vía pavimentada previene el deterioro en el equipo que, por ejemplo, resultaría en una vía larga no pavimentada con baches.

### **3.3.4 Distancia a los vecinos**

No existe consenso sobre una distancia mínima entre un relleno y un centro poblado para minimizar los riesgos para la salud y el medio ambiente. Un relleno bien diseñado, construido, y operado no debería presentar problemas serios para la salud o el medio ambiente. Sin embargo, hay pocos ejemplos



buenos en Centroamérica de un relleno bien operado, y las percepciones de los vecinos, si viven cerca del sitio, probablemente serán negativas. Por esa razón se recomienda que la distancia a los vecinos debería estar lo más lejos posible mientras que pueda satisfacer los otros criterios. El diseño físico del relleno debería incluir una zona de separación, preferiblemente cercado o sembrado con vegetación, entre el sitio y poblaciones cercanas si existen.

### **3.3.5 Área disponible del terreno**

Es preferible que la capacidad del sitio tenga una vida útil de, por lo menos, 10 años. La tasa anual de crecimiento de las poblaciones urbanas en Centroamérica excede 3.5%, lo que tiende a duplicar la población en 20 años. El sitio tiene que ser lo suficientemente grande para poder absorber los RSM de la población existente y así el crecimiento de la población futura para que su vida útil sea compatible con los costos de construcción y operación.

### **3.3.6 Topografía**

La topografía determina el método de relleno utilizado, como el de trinchera, área o cañón, y por lo tanto los requerimientos de maquinaria pesada en su construcción y operación. Un terreno plano es apropiado para el método de trinchera, y terreno accidentado o quebrado es apropiado para los métodos de área o cañón y se describe con más detalle adelante, los métodos de área y cañón tienen más requisitos, como el uso de maquinaria pesada de tiempo completo, y como resultado el costo de operación es mayor que el método de trinchera.

### **3.3.7 Condiciones del suelo**

El suelo del terreno debería ser arcilloso para impermeabilizar el relleno al fondo para que el lixiviado no contamine el agua subterránea, y arriba en la cobertura diaria y final para que el agua pluvial no entre el relleno. Si sea posible, el suelo arcilloso debería tener una permeabilidad máxima de  $1 \times 10^{-6}$  cm/s.

### **3.3.8 Condiciones del viento**

La dirección del viento predominante debería ser desde las poblaciones de los vecinos hacia el relleno, porque hay muchos olores que pueden ocasionar la descarga de los desechos, y porque la operación de rutina de un relleno produce polvo

### **3.3.9 Hidrología de agua superficial**

Es importante conocer la Hidrología del sitio para establecer los canales naturales del drenaje y escurrimiento, para así evitar corrimientos de desechos y la contaminación del agua superficial y subterránea. Sería importante minimizar la necesidad de tener que desviar significativamente el escurrimiento natural.

### **3.3.10 Hidrogeología**

El nivel freático y el tipo de suelo deben ser adecuados para evitar la contaminación del agua subterránea y terrenos cercanos con lixiviados y biogases. Se recomienda que cuando se tenga un suelo limo arcilloso, tener por lo menos una distancia de 1.0 m entre el nivel freático y los desechos sólidos en el relleno.

### **3.3.11 Disponibilidad del material de cobertura**

El terreno debe tener abundante material arcilloso de cobertura, particularmente para rellenos diseñados con los métodos de área o cañón. La cobertura debe ser de fácil extracción y suficiente para la vida útil del diseño. Si no hay en el sitio, el material debe estar suficientemente cercano para que los costos de transporte no sean muy altos.

### **3.3.12 Uso futuro del sitio después de la clausura**

El sitio debe tomar en cuenta el uso que se le dará después de la clausura del relleno, a fin de integrarlo al medio ambiente. Ejemplos típicos del uso de rellenos terminados son zonas verdes, áreas deportivas, jardines, viveros, o bosques.

## **3.4 Principales métodos de construcción y operación de un relleno sanitario**

El método constructivo y la subsiguiente operación de un relleno sanitario están determinados principalmente por la topografía del terreno, aunque dependen también del tipo de suelo y de la profundidad del nivel freático. Existen dos maneras básicas de construir un relleno sanitario.

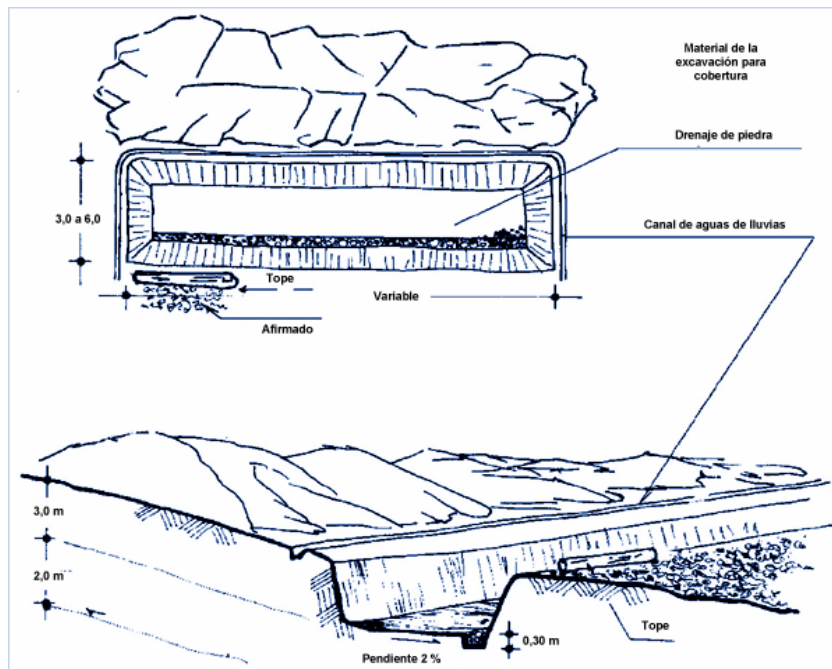
### **3.4.1 Método de trinchera o zanja**

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

Se debe tener especial cuidado en períodos de lluvias dado que las aguas pueden inundar las zanjas. De ahí que se deba construir canales perimétricos para captarlas y desviarlas e incluso proveer a las zanjas de drenajes internos. En casos extremos, se puede construir un techo sobre ellas o bien bombear el agua acumulada. Sus taludes o paredes deben estar cortados de acuerdo con el ángulo de reposo del suelo excavado.

La excavación de zanjas exige condiciones favorables tanto en lo que respecta a la profundidad del nivel freático como al tipo de suelo. Los terrenos con nivel freático alto o muy próximo a la superficie no son apropiados por el riesgo de contaminar el acuífero. Los terrenos rocosos tampoco lo son debido a las dificultades de excavación.

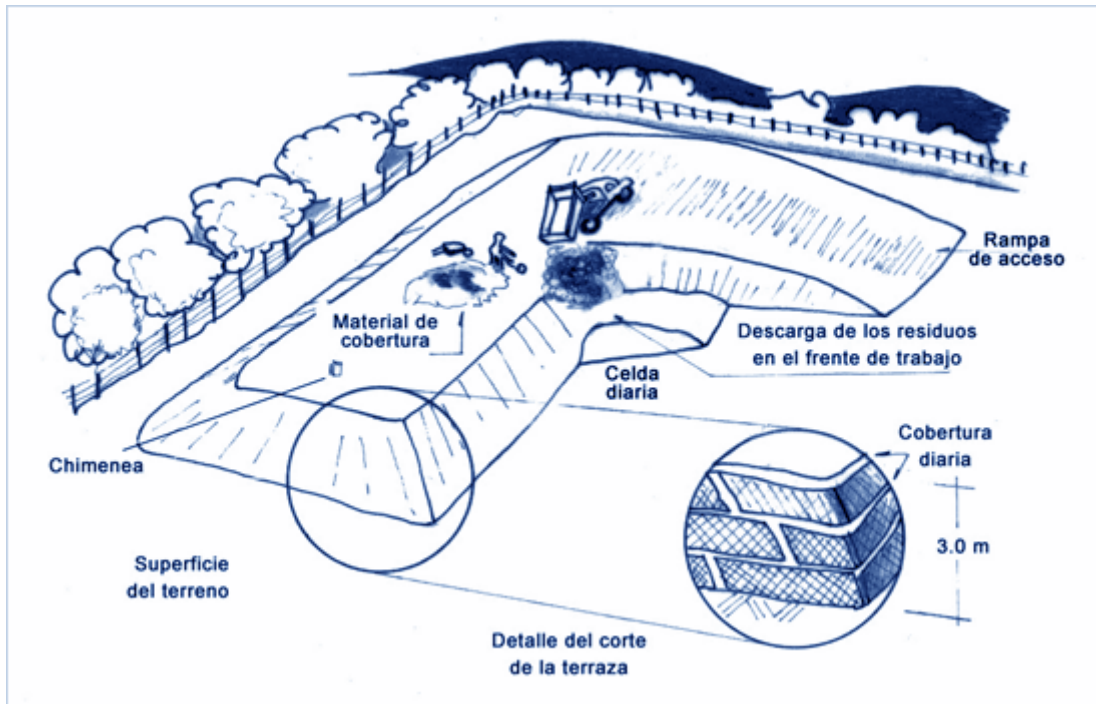
Figura 11. Método de trinchera para construir un relleno sanitario



### 3.4.2 Método de área

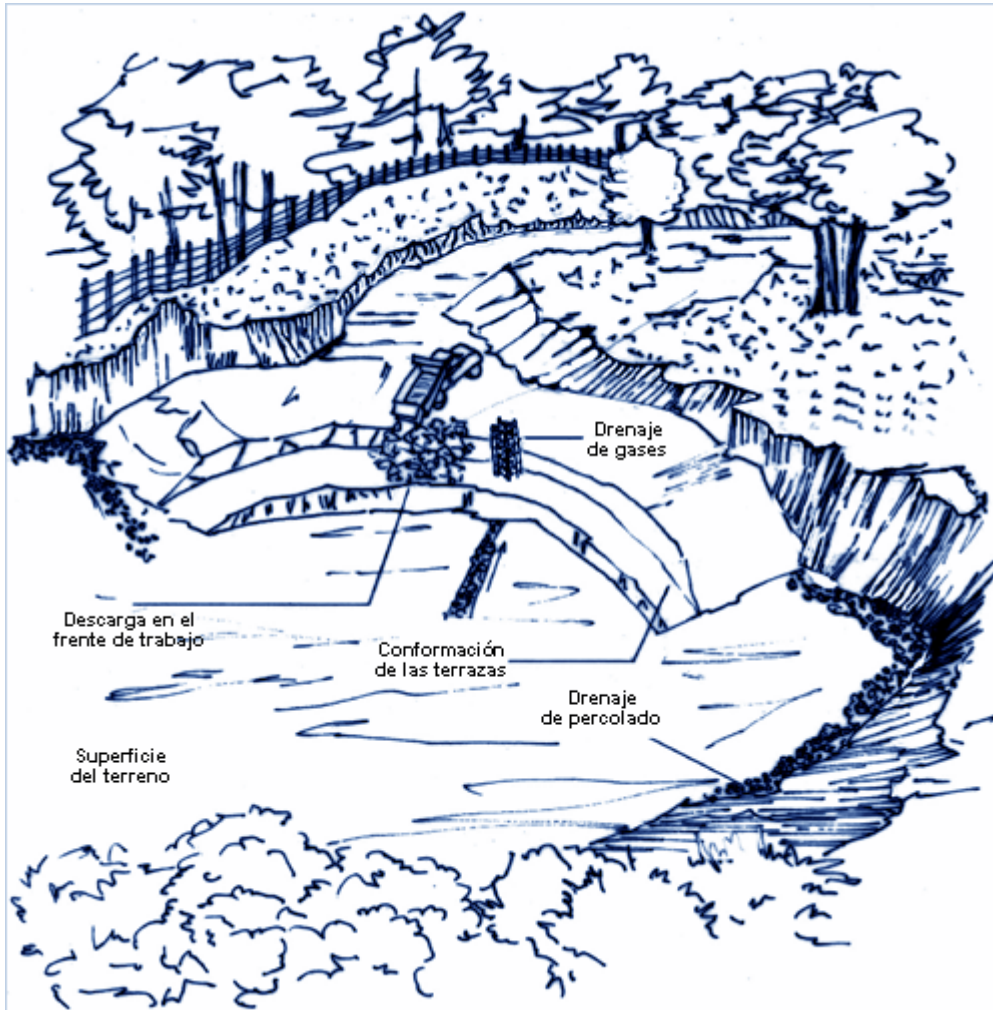
En áreas relativamente planas, donde no sea factible excavar fosas o trincheras para enterrar la basura, ésta puede depositarse directamente sobre el suelo original, el que debe elevarse algunos metros, previa impermeabilización del terreno. En estos casos, el material de cobertura deberá ser transportado desde otros sitios o, de ser posible, extraído de la capa superficial. Las fosas se construyen con una pendiente suave en el talud para evitar deslizamientos y lograr una mayor estabilidad a medida que se eleva el relleno.

Figura 12. Método de área para construir un relleno sanitario



Sirve también para rellenar depresiones naturales o canteras abandonadas de algunos metros de profundidad. El material de cobertura se excava de las laderas del terreno o, en su defecto, de un lugar cercano para evitar los costos de acarreo. La operación de descarga y construcción de las celdas debe iniciarse desde el fondo hacia arriba.

Figura 13. Método de área para rellenar depresiones



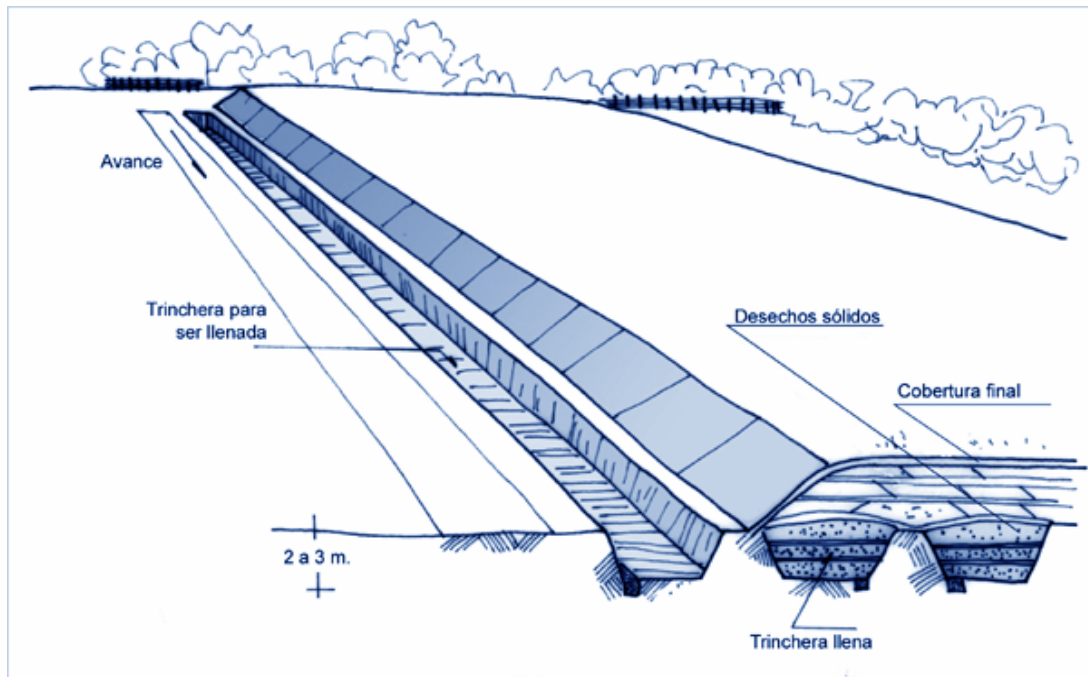
El relleno se construye apoyando las celdas en la pendiente natural del terreno; es decir, la basura se descarga en la base del talud, se extiende y apisona contra él y se recubre diariamente con una capa de tierra. Se continúa la operación avanzando sobre el terreno, conservando una pendiente suave de

unos 18,4 a 26,5 grados en el talud; es decir, la relación vertical/horizontal de 1:3 a 1:2, respectivamente, y de 1 a 2 grados en la superficie, o sea, de 2 a 3,5%.

### 3.4.3 Combinación de ambos métodos

Dado que estos dos métodos de construcción de rellenos sanitarios tienen técnicas similares de operación, es posible combinar ambos para aprovechar mejor el terreno y el material de cobertura, así como para obtener mejores resultados.

Figura 14. Combinación de ambos métodos para construir un relleno sanitario





### 3.5 Ventajas y limitaciones de un relleno sanitario

En el siguiente cuadro se hace un resumen de las ventajas y limitaciones que tiene el trabajo completo de un relleno sanitario.

**Tabla 4. Ventajas y limitaciones de un relleno sanitario**

Ventajas	Limitaciones
<p>La inversión inicial de capital es inferior a la que se necesita para instaurar el tratamiento de residuos mediante plantas de incineración o de compost.</p>	<p>La adquisición del terreno es difícil debido a la oposición de los vecinos al sitio seleccionado, fenómeno conocido como NIMBY (<i>not in my back yard</i> 'no en mi patio trasero'), por diversas razones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La falta de conocimiento sobre la técnica del relleno sanitario.</li> <li>• Se asocia el término <i>relleno sanitario</i> al de botadero a cielo abierto.</li> <li>• La evidente desconfianza mostrada hacia las administraciones locales que no garantizan la calidad ni sostenibilidad de la obra.</li> <li>• La falta de saneamiento legal del lugar.</li> </ul>
<p>Tiene menores costos de operación y mantenimiento que los métodos de tratamiento.</p>	<p>El rápido proceso de urbanización, que limita y encarece el costo de los pocos terrenos disponibles, lo que obliga a ubicar el relleno sanitario en sitios alejados de la población.</p>
<p>Un relleno sanitario es un método completo y definitivo, dada su capacidad para recibir todo tipo de RSM.</p>	<p>La vulnerabilidad de la calidad de las operaciones del relleno y el alto riesgo de transformarlo en un botadero a cielo abierto, principalmente por la falta de voluntad política de las administraciones municipales para invertir los fondos necesarios a fin de asegurar su correcta operación y mantenimiento.</p>
<p>Genera empleo de mano de obra poco calificada, disponible en abundancia en los países en desarrollo.</p>	<p>No se recomienda el uso del relleno clausurado para construir viviendas, escuelas, etc.</p>
<p>Recupera gas metano en los rellenos sanitarios que reciben más de 500 t/día, lo que puede constituir una fuente alternativa de energía para algunas ciudades.</p>	<p>La limitación para construir infraestructura pesada por los asentamientos y hundimientos después de clausurado el relleno.</p>

<p>Su lugar de emplazamiento puede estar tan cerca del área urbana como lo permita la existencia de lugares disponibles, lo que reduce los costos de transporte y facilita la supervisión por parte de la comunidad.</p>	<p>Se requiere un monitoreo luego de la clausura del relleno sanitario, no solo para controlar los impactos ambientales negativos, sino también para evitar que la población use el sitio indebidamente.</p>
<p>Permite recuperar terrenos que se consideraban improductivos o marginales, tornándolos útiles para la construcción de parques, áreas recreativas y verdes, etc.</p>	<p>Puede ocasionar impacto ambiental de largo plazo si no se toman las previsiones necesarias en la selección del sitio y no se ejercen los controles para mitigarlos. En rellenos sanitarios de gran tamaño conviene analizar los efectos del tráfico vehicular, sobre todo de los camiones que transportan los residuos por las vías que con-fluyen al sitio y que producen polvo, ruido y material volante. En el vecindario el impacto lo generan los líquidos, gases y malos olores que pueden emanar del relleno.</p>
<p>Un relleno sanitario puede comenzar a funcionar en corto tiempo como método de eliminación de residuos.</p>	<p>Los predios o terrenos situados alrededor del relleno sanitario pueden devaluarse.</p>
<p>Se considera flexible porque puede recibir mayores cantidades adicionales de residuos con poco incremento de personal.</p>	<p>En general, no puede recibir residuos peligrosos.</p>

### 3.6 Operación y mantenimiento de un relleno sanitario

Se debe tener un especial cuidado y control en el manejo del relleno sanitario, ya que éstas acciones garantizarán la vida útil del mismo

#### 3.6.1 Administración y control de operación

El relleno debe tener un plan de operación con una secuencia de llenado definida durante las diferentes fases de la vida útil del sitio. Este plan sirve para optimizar la operación para que sea más económico que el diseño original. El plan también debería estar revisado anualmente en el caso que las cantidades y características de los desechos llegando al relleno hayan cambiados, y como resultado la operación necesitaría un ajustamiento.

Es obvio que cualquier relleno fracasará si no existe el personal capacitado para su operación adecuada. Para efectuar las labores de operación de una manera eficiente, lo que incluirían los costos, especialmente la operación de maquinaria pesada y el desarrollo de tarifas apropiadas para cubrir los gastos, se debería contratar personal calificado.

Todos los rellenos requieren un Ingeniero Supervisor de tiempo parcial con capacitación en la operación de rellenos semi-mecanizados y mecanizados. La responsabilidad del profesional es supervisar la operación entera, analizar todos los datos de operación para mejorar su eficiencia, contratar personal, capacitar u organizar la capacitación de personal contratado, contratar especialistas cuando es necesario, y seleccionar maquinaria.

Todos los rellenos también requieren un operador de tiempo completo que es capaz de inspeccionar y pesar las cargas (o medir el volumen si no hay báscula), registrar todos los datos recolectados en el archivo de operación, y responsable para tomar las decisiones necesarias en la operación de rutina del relleno. El operador necesita capacitación en la operación de rellenos, y algo de experiencia en construcción.

Los trabajadores y los operadores de equipo pesado necesitan capacitación en la operación de rellenos sanitarios, la construcción de celdas, trincheras, y niveles, y la construcción de zanjas para lixiviados y chimeneas para biogás. Los operadores de maquinaria especialmente requieren capacitación orientada en la construcción de celdas diarias, compactación de desechos, y aplicación de cobertura.

Cada instalación requiere un vigilante de tiempo completo para que personas no autorizadas o animales domésticos o silvestres no entren el sitio.

Finalmente, se contratan especialistas cuando sea necesario para obras específicas, como construcción de vías internas o canaletas para el escurrimiento, o trabajos específicos como muestreos de lixiviados o biogás.

Un programa de seguridad y salud ocupacional es fundamental en la operación apropiada de un relleno sanitario. Todo el personal debería recibir capacitación en primeros auxilios, seguridad y salud ocupacional, seguridad de uso de maquinaria pesada, control de incendios, identificación de desechos peligrosos, y control y limpieza de derrames de desechos peligrosos. También, el relleno debería tener un programa médico, que incluye la administración de vacunas, como, por ejemplo, para el tétanos, y chequeos médicos para todo el personal una vez por año. Finalmente, deberían mantener equipo de protección para la seguridad del trabajo.

### **3.6.2 Recomendaciones sanitarias y reglamento dentro de un Relleno Sanitario**

- El relleno debe contar siempre con una fuente de agua limpia, jabón y cloro. Es aconsejable utilizar toallas desechables de papel para evitar que, debido a la necesidad de transporte para la limpieza de las toallas de tela, éstas permanezcan demasiado tiempo sin lavar y pueden servir como un foco de infecciones.
- La caseta de control debe contar con un botiquín en el que se incluya, como mínimo, tela adhesiva, algodón, alcohol, mercromina o similar, una

solución detergente desinfectante, tijeras, y pinzas, y un repelente para mosquitos e insectos. También debe contar con extintores y un teléfono.

- El trabajador debe disponer de guantes y botas de hule, casco de trabajo, protectores de orejas, y al menos dos trajes de trabajo. Todas las prendas utilizadas en la instalación deben permanecer en ella al finalizar la jornada laboral.
- Siempre que se vaya a comer o beber, los operarios se deben lavar las manos con agua limpia y jabón. Si se hace alguna comida en el recinto de la instalación, se debe designar un área para ese fin, y evitar en todo momento comer a la vez que se está efectuando alguna labor que ponga en contacto a la comida con algún elemento que haya estado en contacto con desechos contaminados. Lo más recomendable es no comer cerca de desechos depositados o almacenados.
- Todas las herramientas de trabajo deben lavarse con agua limpia antes de ser guardadas después de haberlas usado.
- Los cortes, arañazos y contusiones que pueda sufrir el trabajador deben desinfectarse inmediatamente después de que se hayan producido.
- Si el sitio dispone de electricidad, y el trabajador debe ocuparse del mantenimiento de equipos eléctricos, debería asegurarse de que sus manos, ropas y calzado estén siempre secos.
- La entrada del sitio debe mantenerse cerrada cuando está fuera de operación. Se deberían recordar los riesgos higiénicos para los visitantes si no están suficientemente informados.

- El trabajador debe vacunarse contra el tétanos, fiebre tifoidea y otras posibles enfermedades que indiquen las autoridades sanitarias del área. También debe someterse a un chequeo médico periódico.
- Todos los trabajadores deben recibir capacitación en primeros auxilios, seguridad y salud ocupacional, seguridad de uso de maquinaria pesada, control de incendios, identificación de desechos peligrosos, y control y limpieza de derrames de desechos peligrosos.

### **3.6.3 Caseta de control**

La caseta de control es el corazón de la operación del relleno. Aquí se controla lo que entra el relleno; se pesan los camiones con una báscula (o se mide el volumen con cinta de medir sí no hay); se revisan las cargas para desechos peligrosos o residuos sólidos especiales; se facturan los camiones descargadores; se registran todos los datos en los archivos de operación; y se dirigen los camiones a la zona de descarga. Además, la caseta sirve como almacenaje de herramientas, ropa, y botiquín, y como baño con ducha.

Se debe llevar un registro diario de los desechos que entran al relleno. Este registro es fundamental para calcular el peso y volumen de los desechos y el volumen de relleno.

Toda la información registrada diariamente tiene que ser registrada en los archivos de operación para que se pueda calcular el tonelaje de desechos diarios, mensuales, y anuales; las cantidades y características de desechos peligrosos y residuos sólidos especiales almacenados; establecimiento de

tarifas; historia de mantenimiento de equipo; y costos de materiales utilizados en la operación del relleno.

#### **3.6.4 Mantenimiento de rutina**

La operación y mantenimiento de rutina incluye i) la revisión de los camiones, la zona de descarga de la celda diaria y la zona de almacenamiento; ii) el mantenimiento y reparación de maquinaria; iii) la construcción y mantenimiento de vías internas; iv) la construcción y limpieza de canales de drenaje de escurrimiento y la laguna de sedimentación; y v) la disposición final de los desechos almacenados (peligros o especiales).

Si se acepta o se encuentran desechos peligrosos o residuo sólidos especiales, los operadores o los trabajadores tendrían que llevarlos a la zona designada de almacenamiento. Como se discutió anteriormente, todos los empleados del relleno requieren capacitación en la identificación y manejo de desechos peligrosos. Para llevar los desechos los trabajadores necesitarán, dependiendo de la naturaleza de los desechos, su cantidad, y la distancia a la zona de almacenamiento, equipo especial de protección y herramientas o maquinaria para recoger y llevarlos. Equipo de protección incluiría botas, guantes, visores, cinturones para la espalda, cascos, y mascarillas contra el polvo. La maquinaria necesaria podría ser una simple carretilla o un camión, dependiendo sobre la cantidad de desechos encontrados. La operación de maquinaria pesada, y su mantenimiento y reparación, generalmente es el costo mayor en la operación de un relleno mecanizado utilizando el método de área o cañón. El descuido del único cargador de oruga, por ejemplo, puede causar una parada en la operación del relleno si se fallara por falta de mantenimiento adecuado. Por esa razón, cada relleno mecanizado debe tener un programa de mantenimiento de equipo, donde toda la maquinaria utilizada recibe revisión de

rutina, alguna diariamente y otra semanalmente. La construcción y el mantenimiento de vías internas son tareas de rutina muy importantes en la operación diaria del relleno. Se clasifican las vías internas como las de acceso primario, secundario, y terciario. El acceso primario es la vía desde la puerta de entrada hasta la caseta de control y la báscula; normalmente está pavimentada en rellenos grandes, y de grava en rellenos más pequeños. El acceso secundario es la vía desde la báscula hasta la zona de descarga de la celda diaria; típicamente en rellenos grandes es de grava, pero puede ser de arcilla u otro material duro en rellenos más pequeños. El acceso terciario es la vía encima del relleno que normalmente es utilizado solamente por la maquinaria pesada. Los accesos primarios y secundarios deben tener pendientes para el drenaje de agua pluvial, y para que los camiones pasen sin problema, no deben tener baches ni lodo. Cuando las vías empiezan a deteriorarse por el uso de camiones pesados o la lluvia, los operadores y trabajadores tienen que mantenerlas manualmente o con equipo, y de vez en cuando puede ser necesario utilizar equipo especializado como un nivelador. Lo más importante es mantener los accesos primarios y secundarios con pendientes para drenaje y sin baches significativos que puedan dañar los camiones. La construcción y mantenimiento de sistemas de drenaje de escurrimiento es otra tarea muy importante en el buen funcionamiento del relleno. El escurrimiento puede dañar la estructura del relleno y las vías internas, y contaminar las aguas abajo con sólidos, a través de erosión de la superficie; también, a través de percolación por la superficie con producción excesiva de lixiviado se puede contaminar agua subterránea o superficial. El control de escurrimiento es un proceso continuo porque el sistema de drenaje cambia con el llenado del relleno; canaletas existentes tendrán que ser modificados con tiempo con los cambios de la topografía y asentamientos del relleno.



Los factores claves en el control de drenaje de escurrimiento son:

- Minimizar el flujo superficial que pasaría sobre la superficie del relleno a través de pendientes y sistemas de canales para la recolección y desvío de escurrimiento.
- Eliminar depresiones en la superficie del relleno que recolectan y estancan escurrimiento. Las depresiones deben ser llenadas o la superficie nivelada con pendiente para promover drenaje.
- Sembrar vegetación, como pasto, en la superficie del relleno. Vegetación bien seleccionada desvía el escurrimiento sin provocar erosión y reduce la percolación.
- Mantener el sistema de drenaje limpio. Sistemas de drenaje con sólidos acumulados puedan desviar el agua o estancarla. La limpieza de rutina, especialmente durante la época lluviosa, de canaletas, alcantarillas, y lagunas de sedimentación promueve el buen funcionamiento del sistema.

Finalmente, cuando se llenan las zonas de almacenamiento de desechos peligrosos o residuos sólidos especiales, los desechos tendrán que ser tratados o llevados a su disposición final. El relleno debe tener un plan para la disposición final, lo que puede incluir el enterramiento in situ en un lugar dedicado, el traslado a otro lugar para ser reciclado, o utilizado en el relleno para construcción como, un ejemplo, las llantas utilizadas para la base del canal de escurrimiento. Si el relleno permite la entrada de estos desechos de manejo especial, se debe cobrar al usuario el costo requerido para su manejo adicional.

### **3.7 Clausura y fin de vida útil de relleno sanitario**

Por desgracia, las autoridades han descubierto muy tarde que puede ser muy difícil y costoso clausurar los sitios que han servido como botaderos municipales, la mayoría de los cuales fueron abiertos y utilizados sin criterios técnicos, ambientales ni sociales y ajenos a cualquier tipo de control.

Por lo general, la clausura del botadero municipal es ignorada en la planificación del relleno sanitario. Sin embargo, para que tenga éxito hay que cerrar los botaderos municipales, así como los demás sitios donde se abandona informalmente la basura. Para alcanzar este fin, se deben reservar los recursos económicos correspondientes y tener presentes dos metas básicas: primero, dotar al sitio de la infraestructura mínima para evitar futuros daños al entorno y, segundo, tomar medidas que sean técnicas, prácticas y de bajo costo.

#### **3.7.1 Divulgación de la clausura**

Se debe informar tanto a la autoridad ambiental y de salud o a la institución reguladora, así como a la población en general, especialmente a los vecinos del lugar, sobre la clausura del botadero y el inicio de las operaciones del relleno sanitario. En estos casos, conviene:

- Preparar un programa de educación sanitaria y ambiental dirigido a las escuelas y a diversas acciones comunales sobre la importancia que tiene para la salud de todos y el cuidado de su territorio un buen servicio de recolección y disposición final de la basura, haciendo ver la necesidad de sostenerlo entre todos mediante el pago del servicio de aseo urbano.
- Explicar, a través de todos los medios de comunicación local (periódicos, emisoras, boletines, pregoneros), que es urgente desterrar la práctica

irresponsable del basurero a cielo abierto o la descarga de basura a las corrientes de agua, y destacar, en cambio, las ventajas de poder contar con un verdadero relleno sanitario.

- Hacer pública la clausura de los botaderos e informar que ya no se permitirá la disposición de basura en esos lugares. También conviene divulgar las sanciones que se aplicarán a quienes infrinjan las normas y regulaciones establecidas y dictadas al respecto.
- Informar oportunamente sobre la existencia del relleno sanitario manual para terminar así con la práctica del botadero a cielo abierto. Solicitar, e incluso exigir, a los propietarios o administradores de establecimientos comerciales, almacenes, bares y cantinas, etc., que entreguen su basura al operador del servicio de recolección municipal o que ellos mismos la lleven al relleno sanitario. En las pequeñas poblaciones, estas personas suelen contratar a particulares para que retiren de sus establecimientos los RSM ahí generados, sin importarles donde los depositarán.

### **3.7.2 Clausura y uso final del relleno sanitario**

- En los casos en que se justifique, excavar algunos pozos de 0,20 a 0,50 metros y llenarlos con piedras o cascajo para que puedan funcionar como drenajes de gases. En lo posible, estos huecos tendrán la profundidad del terraplén de basura existente.
- Asimismo, excavar en la parte inferior de los terraplenes una zanja longitudinal al pie del talud y extenderla unos cuantos metros, a fin de almacenar el lixiviado generado y permitir así su evaporación en los periodos secos mientras se estabiliza la masa de residuos.

- Colocar cebos rodenticidas y fumigar el lugar. Después, cubrir con tierra y compactar bien toda la superficie y los taludes de los botaderos con una capa de 0,20 a 0,40 metros de espesor durante un lapso de 8 a 15 días, procurando una pendiente de 3% para mantener el buen drenaje del agua de las lluvias en la superficie.
- Instalar drenajes perimetrales para evitar la infiltración del agua superficial a la masa de RSM ahí depositada.
- Sembrar pasto o grama con el propósito de darle una mejor apariencia al sitio, disminuir la formación de lixiviados y evitar la erosión. Esta actividad tiene un efecto demostrativo para la población, porque podrá apreciar el lento final del botadero de basura.

### **3.7.3 Uso futuro del botadero clausurado**

Si no se ha contado con el debido control durante la construcción de los terraplenes de basura, se recomienda que los botaderos clausurados de las pequeñas poblaciones sean transformados en zonas verdes con pasto y arbustos de raíces cortas.



## **4. INVESTIGACIÓN DE CAMPO EN EL MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO**

### **4.1 Características generales del municipio**

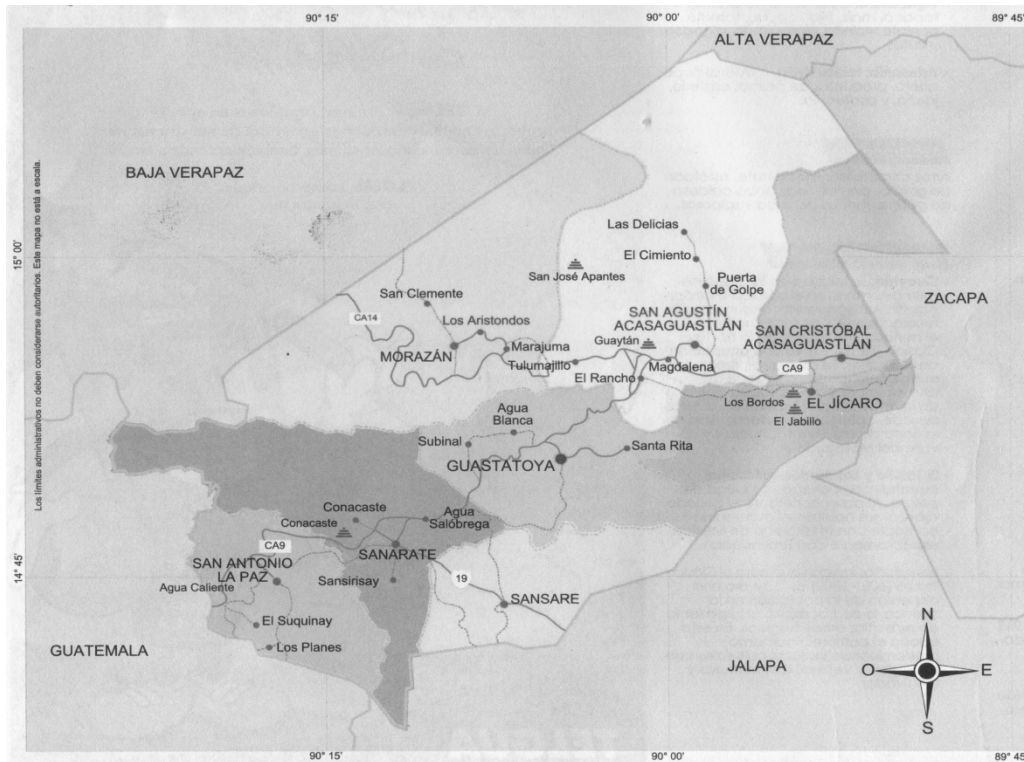
Este municipio se encuentra ubicado al suroeste del departamento de El Progreso y cuenta con una extensión territorial de 209 kilómetros cuadrados.

El municipio se encuentra a una altura sobre el nivel del mar de 1,240 metros y con una latitud norte de 14° 45' y una longitud oeste de 90° 17'.

Las vías de acceso son cuatro, una de las principales es la entrada en el kilómetro 36.5 ruta al Atlántico, la que se encuentra asfaltada, otra vía de acceso es la que se encuentra en el kilómetro 30 sobre la ruta al atlántico por la aldea Agua Caliente y Agua Blanca y luego conduce a la aldea el Hato, y al bifurcarse conduce a la cabecera municipal de San Antonio La Paz, la tercera vía de acceso parte del municipio de Palencia para llegar a la aldea Sansur del departamento de Guatemala y luego a la aldea Moritas cuya carretera traslada hacia el área urbana del municipio, la cuarta entrada se ubica del municipio de Sanarate pasando por el caserío Puente de Plátanos llegando a la entrada del casco urbano, estas tres últimas vías de acceso son de terracería transitable todo el tiempo.

Colinda al norte con el municipio de Sanarate, al este con Sanarate y Mataquescuintla Departamento de Jalapa, al sur con Palencia, departamento de Guatemala al oeste con Palencia y San José del Golfo, departamento de Guatemala, dista de la cabecera departamental Guastatoya 41 kilómetros los cuales todos son asfaltados y la distancia de la ciudad capital son 40 kilómetros.

**Figura 15. Departamento de El Progreso**



**Figura 16. Municipio de San Antonio La Paz.**



#### **4.1.1 Densidad poblacional**

Se refiere a la distribución del número de habitantes a través del territorio de una unidad funcional o administrativa (continente, país, estado, provincia, departamento, distrito, condado, etc.).

Su sencilla fórmula es la siguiente:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Población}}{\text{Superficie}}$$

Como a nivel mundial las superficies usualmente se expresan en kilómetros cuadrados, la densidad obtenida comúnmente corresponde a habitantes por km<sup>2</sup>.

**Tabla V. Datos de población del municipio de San Antonio La Paz**

<b>ALDEA</b>	<b>COLONIAS Y CASERIOS</b>	<b>POBLACION CASERIO</b>	<b>TOTAL POB. ALDEA</b>
Cucajol	Peña de la Virgen		244
Dolores	El plantón Las Tejas	41 185	747
El chile	Tierra Blanca	118	243
El chorro	El paxte El zarzal Sabana Larga	5 60 95	869
El Hato	Peña del Cuervo		210
El Soyate	Remudadero Las Piedronas Joya Honda Las Xaras	22 2 89 27	402
El Suquinay	Cangrejitos La Pedrera Miraflones Mango de Brea Joya del Ternero	35  23	657
Encuentro de navajas			70
Jocotales	Finca Llanos De Aguirre Puente de Plátanos	56 148	620
Los planes			770
Las Moritas			698
Los Gracianos	Navajas	122	410



Llano largo	Sabanero Cimarrón	32	1,176
Santo domingo los ocotes	Col. Nuevo Sto. Domingo	35	3,302
	Las Minas Colinas de Sto. Domingo	34	
Los Astales	Cieneguitas		118
Agua caliente	Agua Blanca	1327	3,846
	Col. Los Encinos	236	
	Estación Agua Caliente	109	
	Col. Prados de Canaan	8	
	Granja El Achioté		
	Finca La Esperanza Col. Valles de Belén		
<b>Cabecera Municipal</b>	<b>Finca Las Pavas</b>	<b>7</b>	<b>4,632</b>
	<b>Las Veguitas</b>	<b>31</b>	
	<b>Vista Hermosa</b>	<b>16</b>	
El Carrizo			259
El Naranja			379
Santa Cruz El Carrizo			194
Los Amates			104
<b>TOTAL</b>			<b>19,950</b>

FUENTE: Centro de Salud SALP / INE.  
19 Aldeas y la Cabecera Municipal  
35 caseríos

La población existente en el municipio de San Antonio La Paz es de 19,950 con una densidades 91.80 habitantes por kilómetro cuadrado, en el área urbana 4,632 habitantes y en el área rural. 15,318.

#### 4.1.2 Viviendas

A nivel municipal hay 2,442 viviendas habitadas y 408 deshabitadas, las características de las viviendas del área urbana son: paredes de bloc, techo de lámina y terraza y piso de cemento rústico, alisado, de granito y de colores, muy pocas viviendas tienen techos de teja, y paredes de adobe o bajareque.

En el área urbana todas las viviendas cuentan con agua potable a domicilio, en el área rural todas cuentan con el vital líquido algunas con servicio a domicilio y otras beneficiadas con llena-cantaros y pequeños nacimientos a orillas de quebradas.

Las viviendas en el área urbana tienen de 3 a 5 ambientes destinados para dormitorios, un comedor, una sala y una cocina. En el área rural se constituyen de 2 a 3 ambientes, uno para dormitorio, una cocina y todas tienen un corredor.

#### **4.1.3 Aspectos de Salud**

Las principales enfermedades que se presentan con mayor frecuencia en el municipio son: resfriados comunes, parasitismo intestinal, amigdalitis síndrome diarreico agudo, y enfermedades epidémicas como, cólera tuberculosis sarampión dengue y varicela.

La mortalidad infantil es causada por bronconeumonía. La mortalidad general se debe a causas como hemorragia gastrointestinal, ulcera gástrica, cáncer gástrico, epilepsia, senilidad, infarto de corazón, politraumatismo del cráneo, trauma de cráneo, entre otras.

#### **4.2 Situación actual de los desechos sólidos**

En el municipio se tiene la siguiente información:

Disposición de basura a nivel municipal. 49% inadecuado, 51% adecuado.

Disposición de excretas. 23% inadecuado, 77% adecuado.

A nivel de municipio hay 4 centros de salud ubicados en las comunidades. Los Planes, Cucajól, Santo Domingo Los Ocotes y Agua Caliente.

Para evaluar la situación actual de los desechos sólidos en el municipio de San Antonio La Paz se hizo una tarea de campo, la cual consistió en monitorear por medio del método de observación y por el método de encuesta a la población como desechaban su basura. Por medio de unas encuestas hechas aleatoriamente a la población se determinó como eliminan la basura regularmente.

Estas encuestas fueron realizadas por tres semanas en las zonas urbanas y rurales del municipio.

Según los resultados de las encuestas realizadas a la población la forma de eliminar la basura son las siguientes.

**Tabla VI. Formas de eliminar la basura**

<b>FORMAS DE ELIMINAR LA BASURA</b>	<b>PORCENTAJES</b>
Utilizan el servicio municipal.	60 %
Queman los desechos.	25 %
La tiran en cualquier lugar o en botaderos clandestinos.	10 %
Entierran los desechos.	10 %
Otros.	5 %
<b>Total</b>	<b>100 %</b>

#### **4.2.1 Recolección**

Los sistemas de recolección de desechos sólidos, método de acera (recolección manual casa por casa), de esquina (recolección manual por bloques), método intra-domiciliario (recolección manual casa por casa dentro del domicilio) y de contenedores (recolección en ubicaciones establecidas), forman la parte medular dentro del proceso para el manejo integral de los

desechos sólidos. Los distintos métodos de recolección dan amplias posibilidades en el buen manejo de los desechos de acuerdo a las características de las poblaciones a servir, tomando en cuenta los accesos, la distribución de las viviendas, la población a servir y la capacidad económica y de recurso humano de la municipalidad, puesto que el servicio es municipal.

#### **4.2.1.1 Sistemas de recolección para el municipio de San Antonio La Paz:**

- Recolección municipal en áreas pública:
  - Por método de acera.
  - Por método de contenedores.
  
- Recolección municipal tipo domiciliar:
  - Por método de acera.
  - Por método intradomiciliar.

#### **4.2.2 Manejo y transporte**

La recolección, el manejo y el transporte domiciliar de los desechos cuenta con un servicio municipal para la población, también ésta dirige los recursos humanos y de maquinaria a la recolección y transporte de desechos

en los mercados, parques, calles, áreas libres, así como instalaciones de la institución.

La falta de cobertura de los servicios de recolección y transporte de desechos, combinada con los costos que implica llegar a las comunidades más lejanas, dan como resultado un incremento al riesgo que los lotes baldíos, quebradas y los accesos vecinales se conviertan en sitios de disposición final, tal como sucede actualmente en varias comunidades.

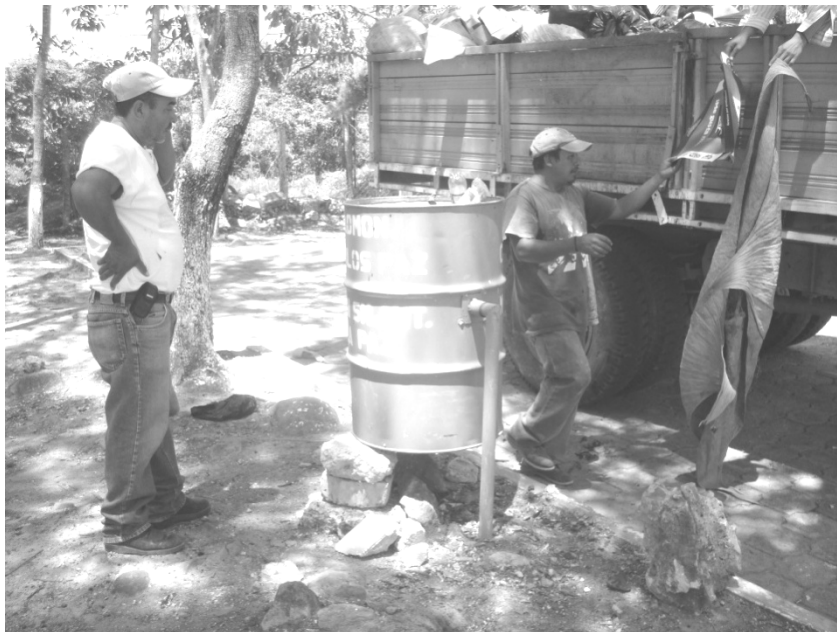
**Figura 17** Recolección, manejo y transporte de desechos sólidos en San Antonio La Paz



**Figura 18** Recolección pública municipal



**Figura 19. Recolección pública municipal**



**Figura 20. Recolección domiciliar por método de acera**



**Figura 21. Recolección domiciliar por método de acera**



**Figura 22. Recolección municipal intra-domiciliar**



**Figura 23. Recolección municipal intra-domiciliar**





### **4.2.3 Disposición final**

La disposición final de los desechos sólidos recolectados en el municipio de San Antonio La Paz se deposita en el botadero municipal del lugar.

Este botadero está ubicado a tres kilómetros de la población, en un área adecuada por su topografía y ubicación.

Lamentablemente se está dando un manejo o disposición final inadecuada porque no existe un tratamiento final de ninguna naturaleza. La mayor parte de la población aun dispone sus desechos ya sea en botaderos clandestinos o prefiere quemarlos, mientras que otra parte opta por enterrar sus desechos y no así disponer de los mismos por medio del servicio municipal.

En el botadero la única técnica que se utiliza para los desechos sólidos es quemar la basura cada vez que el camión recolector la descarga, esto genera una gran contaminación atmosférica. Las emanaciones producen malos olores debido al sulfuro de hidrogeno y a los mercaptanos presentes en él, otro de los riesgos es la contaminación de aguas subterráneas a causa de la percolación de los lixiviados.

**Figura 24. Descarga de los desechos sólidos**



**Figura 25. Vista el botadero**



**Figura 26. Quema de los desechos sólidos**



### **4.3 Caracterización de los desechos sólidos**

Para poder hacer una a evaluación de la situación de los desechos sólidos y poder proponer una solución al tratamiento de éstos es necesario hacer una caracterización de la basura en un número determinado de viviendas y realizar una serie de operaciones relacionada con la cantidad, composición y densidad de los desechos producidos.

La metodología aplicada en los estudios de caracterización en los países de la región de América Latina y el Caribe, como lo es en el caso de Guatemala, es la diseñada por el doctor Kunitoshi Sakurai en 1982. A continuación se hará la descripción del método, paso a paso, utilizado para el desarrollo de la

caracterización, posteriormente en el capítulo 4 se presentan los resultados obtenidos.

#### **4.4 Procedimiento para la definición y obtención de la muestra del municipio de San Antonio La Paz, departamento de El Progreso.**

- a)** Definición de la población: la población a caracterizar son todas aquellas viviendas, establecimientos comerciales y educativos del área bajo estudio.
  
- b)** División de la población en las siguientes cuatro zonas o estratos:
  - i. Zona comercial (estrato comercial).
  - ii. Zona residencial (estrato 1): viviendas de ingreso alto.
  - iii. Zona residencial (estrato 2): viviendas de ingreso medio alto.
  - iv. Zona residencial (estrato 3): viviendas de ingreso medio bajo.
  - v. Zona residencial (estrato 4): viviendas de ingreso bajo.
  
- c)** Ubicación de los estratos socioeconómicos en el plano de la ciudad.
  
- d)** Utilización de la generación per cápita:

Se considera que la población está conformada por **N** viviendas, que tienen **R<sub>i</sub>** habitantes y producen **W<sub>i</sub>** (kg) de basura en un día. Se tiene que cada una produce:

$$\mathbf{X_i = W_i / R_i \text{ (kg/hab./d.)}}$$

#### 4.5 Cálculo del número de muestras o viviendas a evaluar

El muestreo estratificado proporcional es el método más común para la selección de muestras, pues asegura que cada vivienda de un estrato tenga la misma probabilidad de ser seleccionada. Para cumplir con el procedimiento establecido se siguen los siguientes pasos:

- a) Determinación de las variables y la notación científica a utilizar.
- b) En el cálculo para determinar el tamaño de la muestra se debe considerar un nivel de confianza, un nivel de error de estimación y un valor de variación.
- c) Asignación del tamaño de la muestra de viviendas particulares por estratos.
- d) Si no hay datos iniciales de la ciudad, se debe asumir la desviación estándar en 200 gr./hab./día.
- f) El nivel de confianza más utilizado es 95%,  $1-\alpha = 0,95$ ; esto es, un coeficiente de confianza  $Z_{1-\alpha/2} = 1,96$ .

La desviación estándar es  $\sigma = 0.2 \text{ kg/hab./día}$ , que el promedio podría ser  $0.655 \text{ kg/hab./día}$  y que el tamaño de población es  $N = 920$ . Si se quiere trabajar con un nivel de confianza de 95%, entonces  $Z_{1-\alpha/2} = 1.96$ .

Además, si se considera un error de estimación equivalente a 10% del promedio estimado, luego  $E=0.0655$ . Con estos datos, el tamaño de la muestra total estaría dado por:

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

$$n = \frac{(196)^2 * 920 * 0.04}{(920 - 1) * 0.086^2 + 1.96^2 * 0.04} = 46.65 = 47 \text{ Viviendas}$$

Luego se evalúa por medio de las encuestas el porcentaje de cada estrato social para poder clasificar las cantidades de viviendas en cada estrato.

#### 4.6 Procedimiento para recolección de datos y muestreo

Una vez establecido el tamaño de la muestra (número de viviendas a muestrear), en los municipios bajo estudio, se debe llevar a cabo el siguiente procedimiento para analizar los desechos sólidos y poder realizar la caracterización de los mismos:

- Seleccionar de manera aleatoria las viviendas a muestrear con el croquis de algún levantamiento preliminar o con el listado de usuarios a quienes se les brinda el servicio de recolección incluyendo también viviendas que no utilizan el servicio para que la muestra sea representativa.
- Seleccionar el sitio y el personal para llevar a cabo la caracterización.
- Notificar en las viviendas seleccionadas, a los propietarios para dar a conocer el trabajo a realizar, su importancia y el personal involucrado en el mismo.
- Para la toma de muestras:
  - Se registra el nombre del responsable de la caracterización, la dirección y el número de habitantes por vivienda seleccionada.
  - Se entregan 8 bolsas negras y 8 bolsas blancas, todas etiquetadas con número de casa, día y fecha de la toma de la muestra. En las bolsas blancas se depositarán específicamente

los desechos del sanitario y en las bolsas negras los demás desechos de la vivienda.

- Posteriormente se recogen las bolsas etiquetadas diariamente procurando que esto se efectúe siempre en el mismo horario.
- Se trasladan las bolsas con desechos al lugar en donde se hará la caracterización de dichos desechos.

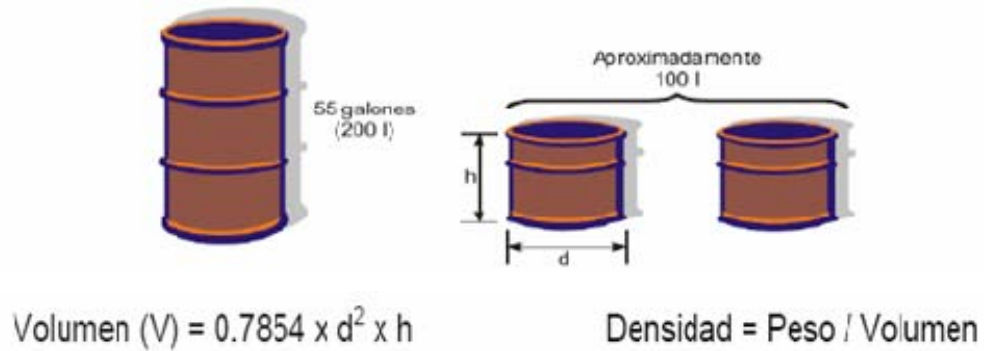
**Tabla VII. Resultado de la clasificación de estratos socioeconómicos del municipio**

<b>Estratos</b>	<b>Viviendas</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>TOTAL</b>	<b>920</b>	<b>100%</b>
Estrato 1 ( alto)	138	15%
Estrato 2 (medio )	184	20%
Estrato 3 ( bajo )	598	65%

#### **4.7 Cálculo de la densidad**

- Se pesa el recipiente vacío ( $W_1$ ) y se determina su volumen ( $V$ ).
- Se depositan los desechos dentro del recipiente y se acomodan de tal manera que se llenen los espacios vacíos en dicho recipiente; es conveniente que el recipiente se encuentre lleno de residuos.
- Se pesa nuevamente el recipiente lleno ( $W_2$ ) y por diferencia se obtiene el peso de la basura ( $W$ ).
- Finalmente se divide el peso de la basura ( $W$ ) entre el volumen del recipiente ( $V$ ) para obtener la densidad de la basura.

**Figura 27. Procedimientos estadísticos para los estudios de caracterización de residuos sólidos**



#### **4.8 Análisis de la composición física de los desechos:**

- Se colocan los desechos sobre una superficie plana sobre un plástico.
- Se separan los desechos amontonados en cuatro partes (método del cuarteo) y se escogieron las dos partes opuestas para formar un nuevo montón más pequeño. Se vuelve a mezclar la muestra menor y se divide en cuatro partes nuevamente, luego se escogen dos opuestas y se forma otra muestra más pequeña. Esta operación se repite hasta obtener una muestra de 50 Kg. (110 lbs.) de basura o menos.
- Se separan los componentes del último montón y se hace la clasificación por:
  - Materia orgánica
  - Vidrio
  - Papel y cartón
  - Trapos
  - Residuos del baño
  - Madera
  - Plásticos
  - Cuero
  - Metales
  - Otros

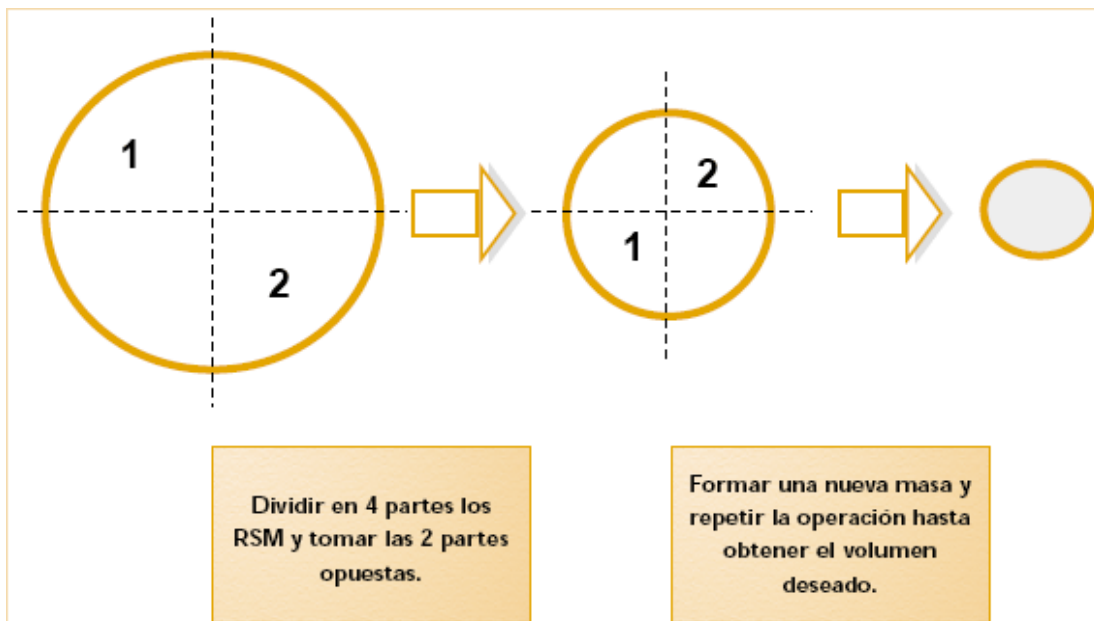


- Se pesan los recipientes (de peso conocido) con los desechos ya clasificados y por diferencia se determina el peso de cada uno de los componentes.
- Se calcula el porcentaje de cada componente teniendo en cuenta los datos del peso total de los residuos recolectados en un día ( $W_t$ ) y el peso de cada componente ( $P_i$ ):
- Se toma el peso de cada uno de los componentes de los desechos teniendo el dato del peso total y el peso de cada componente:

$$\% = \frac{(P_i) \times 100}{W_t}$$

Pi: Peso de cada componente en los residuos. Wt: Peso total de los residuos recolectados en el día.

**Figura 28. Método de cuarteo de los desechos sólidos**



**Figura 29. Proceso de cuarteo de desechos sólidos**



**Figura 30. Separación de desechos**



Figura 31. Pesaje de los desechos



## 5. DATOS POBLACIONALES, MUNICIPALES RECABADOS Y PROYECCIONES A FUTURO

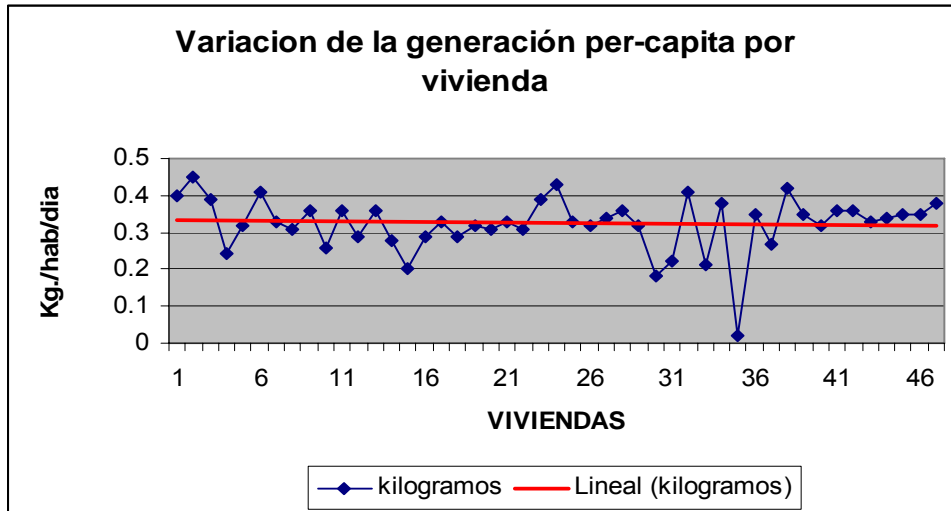
### 5.1 Generación per cápita en el municipio de San Antonio La Paz

El cálculo de la generación de desechos sólidos per-cápita, del municipio, se realizó tomando en cuenta los datos de la recolección y pesaje de cada bolsa con desechos por vivienda analizada.

**Tabla VIII. Generación per cápita de desechos**

Vivienda	PCP(Kg.)				
1	0.4	17	0.33	34	0.38
2	0.45	18	0.29	35	0.02
3	0.39	19	0.32	36	0.35
4	0.24	20	0.31	37	0.27
5	0.32	21	0.33	38	0.42
6	0.41	22	0.31	39	0.35
7	0.33	23	0.39	40	0.32
8	0.31	24	0.43	41	0.36
9	0.36	25	0.33	42	0.36
10	0.26	26	0.32	43	0.33
11	0.36	27	0.34	44	0.34
12	0.29	28	0.36	45	0.35
13	0.36	29	0.32	46	0.35
14	0.28	30	0.18	47	0.38
15	0.2	31	0.22		
16	0.29	32	0.41		
		33	0.3105		

Figura 32. Variación de la generación per cápita por vivienda



## 5.2 Distribución maestra por estrato en el municipio de San Antonio La Paz

Considerando por estratos, se plantea trabajar con muestreo estratificado por asignación proporcional de la población para conocer la producción de residuos sólidos por estratos socioeconómicos. Este método asegura que cada unidad muestral (vivienda) de un estrato tenga la misma probabilidad de ser seleccionada

Tabla IX. Distribución muestral por estrato en el municipio de San Antonio La Paz

Estrato	Total de hogares	% de hogares	Muestra proporcional	Muestra redondeada
Bajo	598	22.55	10.59	11
Medio	184	55.05	25.87	26
Alto	138	22.40	10.49	10
<b>TOTAL</b>	<b>920</b>	<b>100</b>	<b>46.99</b>	<b>47</b>

**Figura 33. Toma de Datos**



### **5.3 Densidades orgánicas e inorgánicas**

La densidad o el peso volumétrico de los RSM es otro parámetro importante para el diseño del sistema de disposición final de residuos.

**Tabla X. Densidades orgánicas por estrato**

<b>ESTRATO</b>	<b>DENSIDADES ORGÁNICAS (Kg./m<sup>3</sup>)</b>	
	<b>SUELTAS</b>	<b>COMPACTADAS</b>
<b>ALTO</b>	83	95.45
<b>MEDIO</b>	88	111
<b>BAJO</b>	90	115

Figura 34. Densidades orgánicas sueltas por estrato

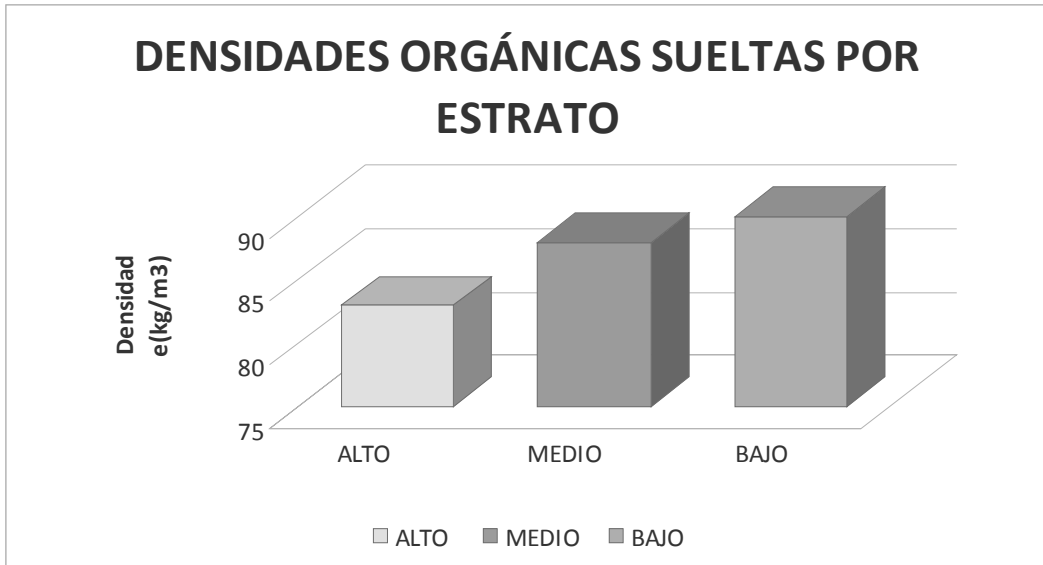


Figura 35. Densidades orgánicas compactas por estrato

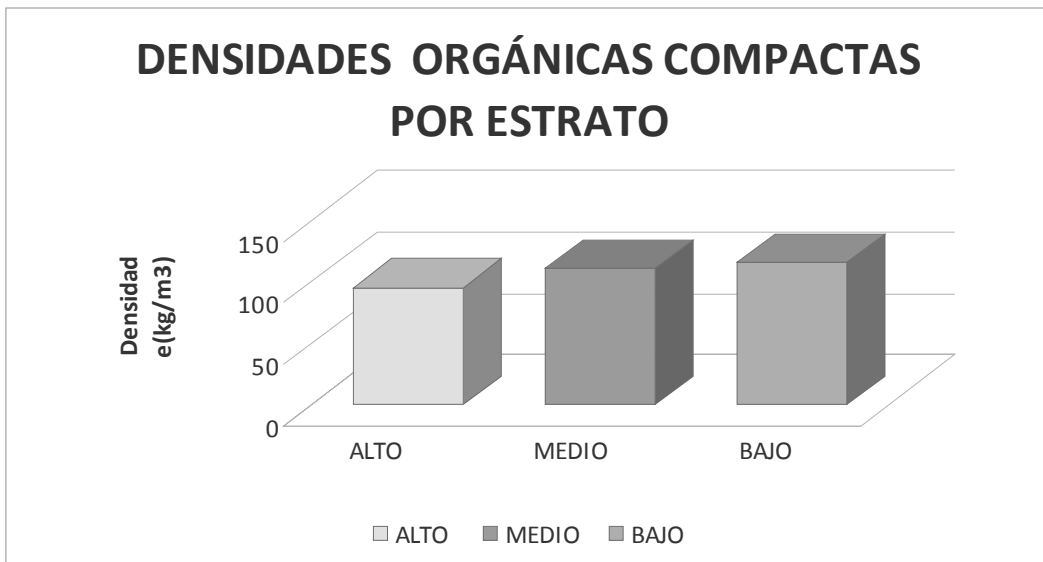


Tabla 11. Densidades inorgánicas por estrato

ESTRATO	DENSIDADES INORGÁNICAS (Kg./m3)	
	SUELTAS	COMPACTADAS
ALTO	78	81
MEDIO	69	72
BAJO	50	54

Figura 36. Densidades inorgánicas compactas por estrato

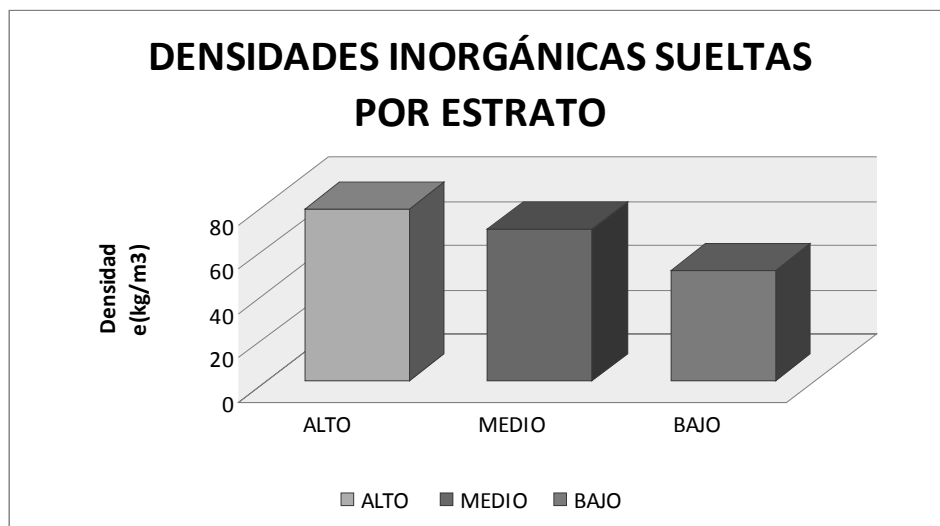
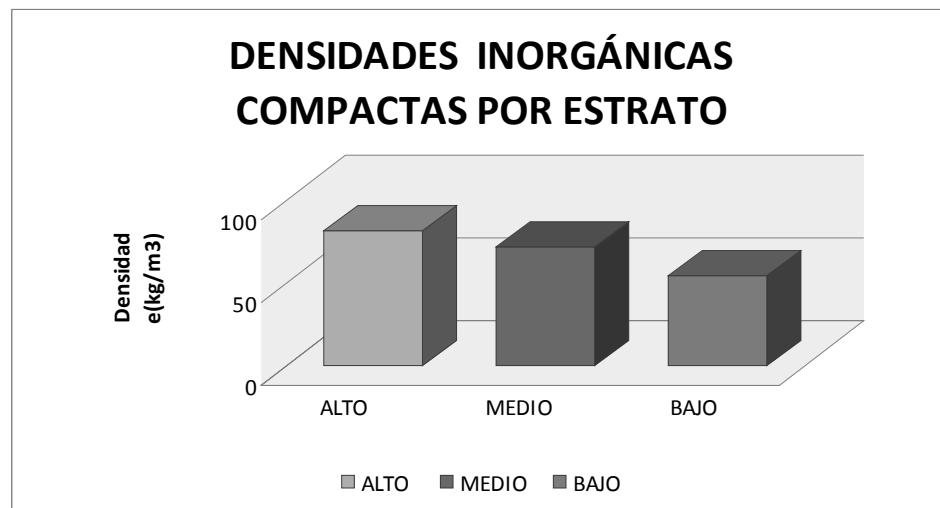


Figura 37. Densidades inorgánicas compactas por estrato





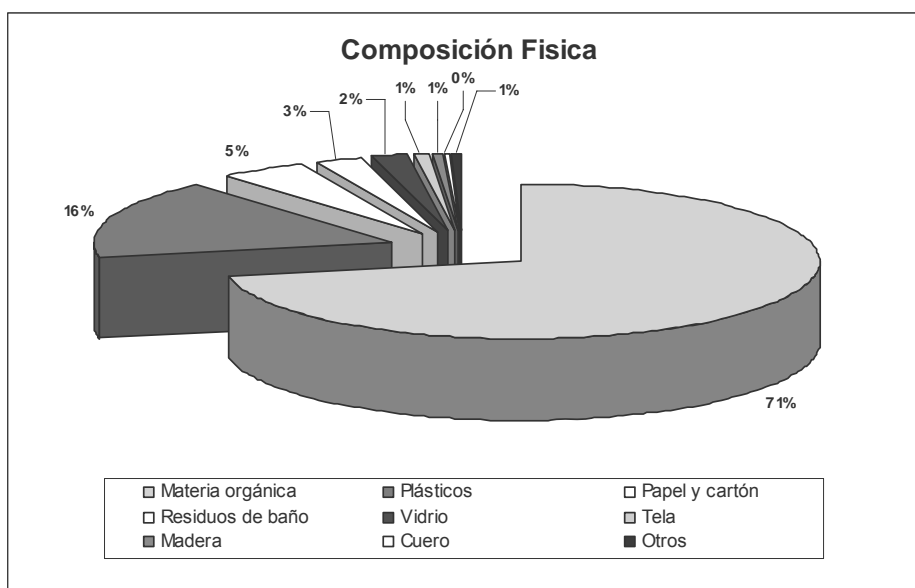
## 5.4 Resultado de los porcentajes luego de la caracterización de los desechos sólidos

El porcentaje de los residuos sólidos domiciliarios generados durante ocho días en el municipio, clasificados por productos es el siguiente:

Tabla XII. Porcentajes de desechos sólidos caracterizados

Materia	Porcentaje
Materia orgánica	71.95
Plásticos	16.56
Papel y cartón	4.75
Residuos de baño	2.67
Vidrio	1.89
Tela	0.75
Madera	0.53
Cuero	0.25
Otros	0.65
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

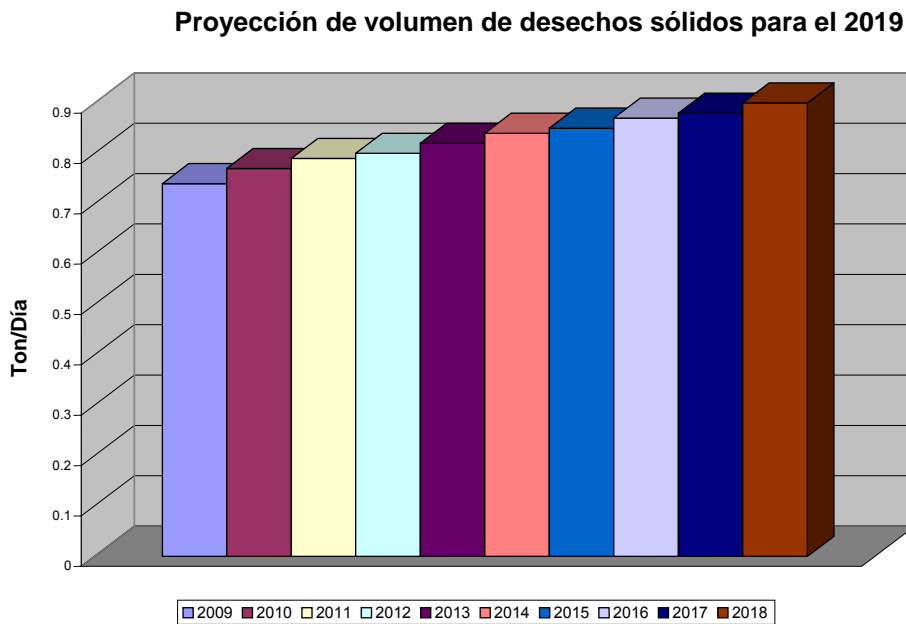
Figura 38. Composición física de los desechos



## 5.5 Proyección de volumen de desechos sólidos para el 2019

Actualmente la producción de desechos sólidos en el municipio de San Antonio La Paz es de 0.7 ton/día y ésta es la proyección para los próximos 10 años.

Figura 39. Proyección de volumen de desechos sólidos para el 2019



## 5.6 Datos actuales de la población de San Antonio La Paz

La población de San Antonio La Paz según el último censo se encuentra segmentada como se muestra en la tabla 13.

Tabla XIII. Datos actuales de la población de San Antonio La Paz

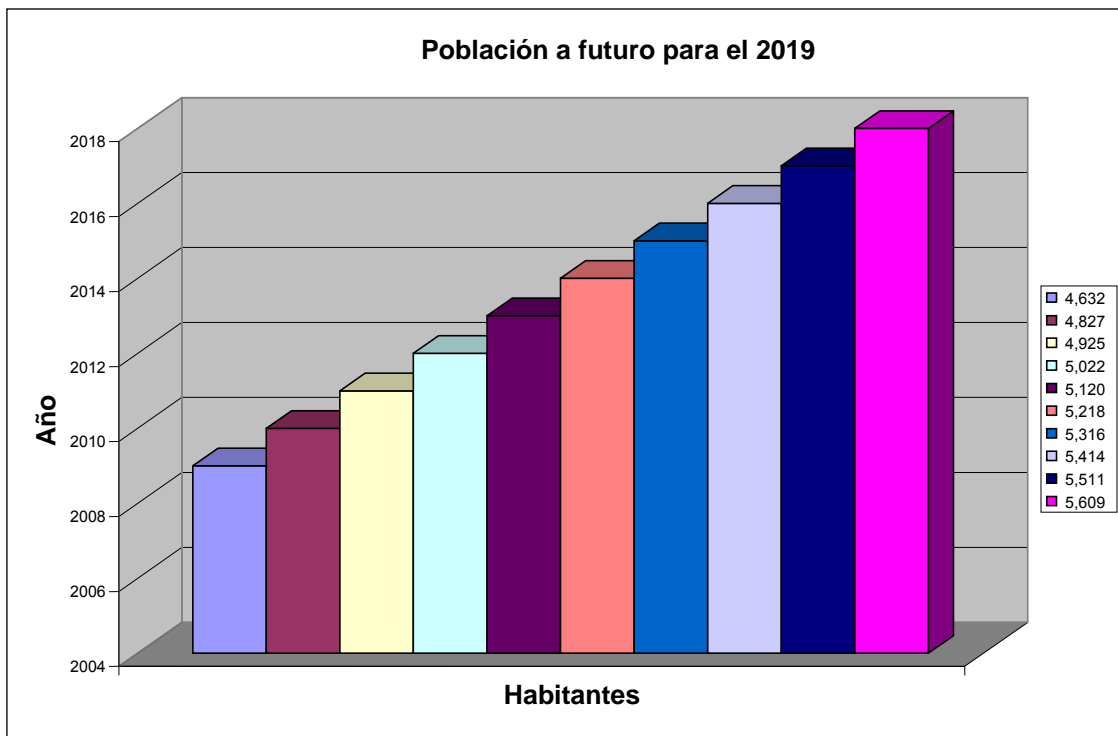
LOCALIDAD	< 1 año		1a < 5a		5 a < 15 a		MUJERES DE 15 a 49 a	RESTO DE POBLACIÓN		POBLACIÓN TOTAL		TOTAL
	M	F	M	F	M	F		M	F	M	F	
San Antonio la Paz	39	39	250	260	584	585	746	209	1920	1948	2684	4632

## 5.7

### Datos de la población a futuro para el 2019 (10 años)

El municipio sufre cambios poblacionales debido a la migración en su mayor parte, también la tasa de natalidad contribuyen al crecimiento. A continuación se analizarán gráficamente el crecimiento de estas poblaciones y los cambios en la densidad poblacional que los municipios sufren para los próximos 10 años.

Figura 40. Población a futuro para el 2019



## 5.8

### Situación actual de los residuos sólidos para el municipio

En el municipio se presta un servicio municipal de recolección de desechos sólidos con una tarifa de 10 quetzales mensualmente por casa, actualmente se le

presta servicio a 300 viviendas aproximadamente y se recolecta 8 veces al mes con un camión y la municipalidad cuenta con 5 personas para este servicio.

**Tabla XIV. Situación actual de los residuos sólidos para el municipio**

Municipio	Realizada por		Personas empleadas			Días de barrido semanal
	Municipalidad	Empresa privada	Hombres	Mujeres	A tiempo parcial	
San Antonio La Paz	x	-----	5	-----	-----	5

Recogida (m3 por semana)	Áreas barridas		Calles barridas (Km./día)	Destino final de la basura	Presupuesto Total (Q)
	Plazas / parques	Mercados			
30	1	-----	-----	Botadero municipal	14,459.00

Ubicación de botadero	Autorizado	Extensión total (m2)	Propiedad	Distancia a población (Km.)	Tipo de botadero
San Antonio	Si	5,000	Municipal	2	Cielo abierto



## **6. PROPUESTA ESPECÍFICA Y RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS PARA EL MUNICIPIO DE SAN ANTONIO LA PAZ, DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO**

Actualmente la mayoría de municipalidades en Guatemala sufren de un problema que va cada día en crecimiento y esto es la superproducción de desechos sólidos y sus pocas técnicas para un manejo, tratamiento y disposición final adecuada.

La contaminación del medio ambiente también es un problema serio, pero secundario con relación a la salud pública. Como resultado, la disposición final adecuada de desechos sólidos en América Latina, y especialmente en las municipalidades de Centroamérica, será diferente a lo que han realizado en los países industrializados.

Por esta misma razón después de un período de trabajo en el municipio de San Antonio La Paz del departamento de El Progreso se realiza esta propuesta que puede servir como guía para mejorar la situación con los desechos sólidos y así poder evitar problemas del medio ambiente y mejorar la calidad de vida en el municipio.

### **6.1 El manejo de los desechos sólidos**

Un manejo integral y controlado de los desechos sólidos debe dar inicio en los hogares dando como resultado un mejor tratamiento de los desechos.

Un método importante para la gestión de los desechos es la prevención de los materiales de desecho que se están creando, también conocido como la

reducción de los residuos. Son métodos para tratar de incluir en la producción la reutilización de productos de segunda mano, así como la reparación de artículos rotos y animar a los consumidores a evitar el uso de productos desechables.

Una de las cosas más importantes para esta gestión en el hogar es la clasificación de la basura como por ejemplo separar e identificar los desechos que provienen del uso de los servicios sanitarios puesto que estos desechos son los principales vectores de transmisiones de enfermedades. De esta manera se pueden separar y darles un tratamiento especial directo sin que esto afecte a las personas que se encargan de recolectar los desechos y llevarlos hacia el vertedero y también para que las personas conocidas como segregadoras de basura no sufran enfermedades debidas a los desechos humanos.

## **6.2 Recolección de los desechos sólidos**

Cuando los barrios acusan una elevada densidad poblacional y poco espacio disponible para el almacenaje de basura, la frecuencia de su recolección debe ser diaria en vez de cada dos o tres días. Es más, en climas cálidos y húmedos, la frecuencia de recolección debe ser diaria o cada dos días, pues la velocidad de reproducción de las moscas y descomposición de los desechos es acelerada por el calor y la humedad,

La municipalidad se esfuerza por realizar una recolección total de los desechos sólidos producidos en el pueblo. Este esfuerzo, se refleja claramente en el buen servicio de recolección que brinda y en la satisfacción de los usuarios y vecinos.

Claramente, se requiere más tiempo y dinero (un cálculo común es de tres a diez veces más), para recoger basura esparcida por los caminos o descargada en forma clandestina en los lotes baldíos.

Actualmente, la municipalidad de San Antonio La Paz utiliza un camión que cubre con la demanda de recolección de los desechos sólidos del municipio y los traslada hacia el botadero municipal ubicado a un kilómetro de distancia de los límites urbanos.

### **6.3 Separación y reciclaje de los desechos sólidos**

Son muchos los factores que la gente debe conocer:

La contaminación del aire, la acumulación y la distribución de desechos tóxicos, la destrucción y el agotamiento de los bosques, del suelo y del agua, el agotamiento de la capa de ozono y la emisión de gases que ponen en peligro la supervivencia de los seres humanos y miles de otras especies, la integridad de la tierra y su biodiversidad y el patrimonio de las generaciones futuras.

La gran mayoría de las comunidades han puesto en marcha la recogida selectiva de envases domésticos. Se trata generalmente de botellas de plástico, envases de cartón, plásticos de alimentos, envases y embalajes metálicos (latas, cajas de bebidas), periódicos, revistas y vidrio.

Para determinar el destino de sus residuos, cada persona puede estar en contacto con su municipalidad responsable de la recogida y el tratamiento de los residuos domésticos de su territorio.



Para una gestión óptima se deberían tratar los materiales para la generalización y reutilización de materiales de la vida cotidiana, tales como los envases vacíos de las bebidas. Éstos se recogen y clasifican en diferentes tipos de material, de modo que las materias primas pueden ser reutilizadas en nuevos productos. El material para el reciclaje puede ser recogido por separado a partir de los desechos utilizando los contenedores apropiados y los vehículos de recogida.

#### **6.4 Disposición final de los desechos sólidos**

Las operaciones en vertederos implican enterrar los desechos fuera de las zonas habitadas por el ser humano. Y esto sigue siendo una práctica común en la mayoría de los países. Los vertederos a menudo se establecieron en lugares abandonados o no utilizados como viejas canteras o minas. Adecuadamente diseñados y bien administrados los vertederos pueden ser un sistema relativamente barato e higiénico de eliminar materiales de desecho. Los vertederos viejos, mal diseñados o mal gestionados pueden crear una serie de efectos ambientales adversos, como el viento, la basura, la atracción de parásitos, y la generación de líquidos lixiviados. Otro subproducto de los vertederos es el gas (en su mayoría compuesto de metano y dióxido de carbono), que se produce como residuo orgánico. Este gas puede crear problemas de olor, mata a la vegetación de la superficie y es un gas de efecto invernadero.

## **6.5 Vertedero actual y propuesta de mejoramiento**

El lugar donde se encuentra ubicado el botadero municipal de San Antonio La Paz está autorizado y cuenta con una extensión aproximada de 5,000 metros cuadrados para su funcionamiento. La ubicación del vertedero está en el lugar correcto ya que se ubica a una distancia dentro de los márgenes aceptables de las áreas urbanas del municipio.

También cuenta con la topografía adecuada para poder trabajar un relleno sanitario, actualmente colindando con el botadero se encuentra una planta de tratamiento de aguas residuales, la cual está en construcción, con la cual se podría dar un tratamiento a los lixiviados que produciría el relleno sanitario, creando así un plan de saneamiento ambiental adecuado para el municipio.

Los aspectos que se deben corregir y los errores encontrados en este botadero municipal son los siguientes:

- En el botadero debe existir una garita de control con una persona de la municipalidad para tener el conocimiento de los vehículos que ingresan a descargar desechos sólidos, ya que sin este control se arriesga a tener desechos peligrosos sin autorización y el crecimiento descontrolado y desordenado del botadero.
- Los segregadores de basura deben estar identificados en una lista de control en la garita para evitar problemas en la clasificación y además evitar que menores de edad ingresen a realizar este trabajo que es dañino para la salud, si no se cumplen los requisitos de seguridad mencionados en el presente trabajo.

- Se pudo observar que luego de la descarga del camión recolector las personas quemaban la basura para evitar que se incrementaran los vectores como las moscas, los ratones, los perros, las aves de rapiña etc. Haciendo con esto un daño inmensamente mayor para el medio ambiente, ya que al hacer estos actos de quema creaban gases tóxicos que llegan hacia las áreas pobladas del municipio.

**Figura 41. Descarga de desechos sólidos**



**Figura 42. Quema de los desechos sólidos en el botadero municipal**



### 6.5.1 Propuesta para un relleno sanitario para San Antonio La Paz

Estos son algunos de los parámetros para el diseño de un Relleno Sanitario recomendable

Tabla XV. Parámetros de diseño de un relleno sanitario

Factor	Criterios
Distancia para llevar los RSM al sitio	Preferiblemente no más de 30 minutos de ida y regreso del centro del poblado, especialmente en municipios pequeños, para que el transporte de los RSM y de la maquinaria pesada sea económico.
Vías de acceso	El terreno debe estar cerca de una vía principal pavimentada para que sea fácil el acceso de camiones llevando los RSM y la maquinaria pesada sin causar excesivo de la maquinaria.
Distancia a los vecinos	Lo más lejos posible después de satisfacer los criterios de la distancia del llevado de los RSM y las vías de acceso.
Restricciones especiales en la localización distancia de aeropuertos	Lo suficiente para que no constituya un peligro para los aviones con respecto a las aves.
Áreas de inundaciones	Debería de estar fuera de la zona de inundación de 100 años o diseñado para que no produzca corrimiento de desechos durante una inundación.
Zonas húmedas (ciénagas o humedales) Zona de fallas o impactos sísmicos. Zonas inestables (como terrenos susceptibles a deslaves o sumideros). Zonas arqueológicas.	No debe construirse
Área disponible de terreno	La capacidad del sitio deberá tener una vida útil de por lo menos 10 años.
Topografía	La topografía determina el método de relleno utilizado (trinchera, área o cañón) y los requerimientos de maquinaria pesada.
Condiciones del suelo	El suelo debe ser arcilloso con mínima permeabilidad.
Condiciones del viento	La dirección del viento debe ser desde la población hacia el relleno.
Hidrología de escurrimiento natural	Debe minimizar la necesidad de desviar el escurrimiento natural del sitio, para evitar corrimiento de desechos y contaminación del agua.

Hidrogeología	El nivel freático debe estar profundo para evitar la contaminación del agua y el suelo debe ser lo suficientemente permeable.
Disponibilidad de material de cobertura	Debe tener abundante materia arcillosa de cobertura con baja permeabilidad.
Uso futuro del sitio después de su clausura	El sitio debe ser integrado al medio ambiente con un uso final apropiado.

Fuente : Descripciones adaptadas por la EPA EE.UU.

Debido a las siguientes características del municipio se recomienda el relleno sanitario *semi-mecanizado por el método de área o cañón*.

- La topografía del lugar, ya que se encuentra entre un área de montaña y se forma un cañón, haciendo fácil el trabajo para ejecutar el relleno sanitario.
- La capacidad económica de la municipalidad, puesto que en este tipo de relleno solo se utiliza una máquina retroexcavadora por pocas horas al día, por lo que el gasto mensual no es elevado.
- El lugar por ser de topografía montañosa ofrece gran cantidad de material de recubrimiento, lo cual es primordial para este método.

El relleno sanitario semi-mecanizado no utiliza maquinaria pesada para la compactación de desechos para aumentar su densidad y reducir su volumen. Más bien, se utiliza mano de obra para la compactación y cobertura diaria, por lo que se llama un relleno sanitario manual, o compactación natural, lo que es una combinación de reducción de volumen por la compactación por el peso de material excavado de la trinchera próxima que se pone encima de la trinchera

llena de RSM, el asentamiento de los desechos con tiempo, y la descomposición de la materia orgánica.

Las características físicas de los rellenos sanitarios semi-mecanizados incluyen cercos con puertas de entrada, una caseta de control, una báscula, impermeabilización con arcilla, y sistemas de recolección de escurrimiento, lixiviados, y ventilación de biogás de hasta 30,000 habitantes.

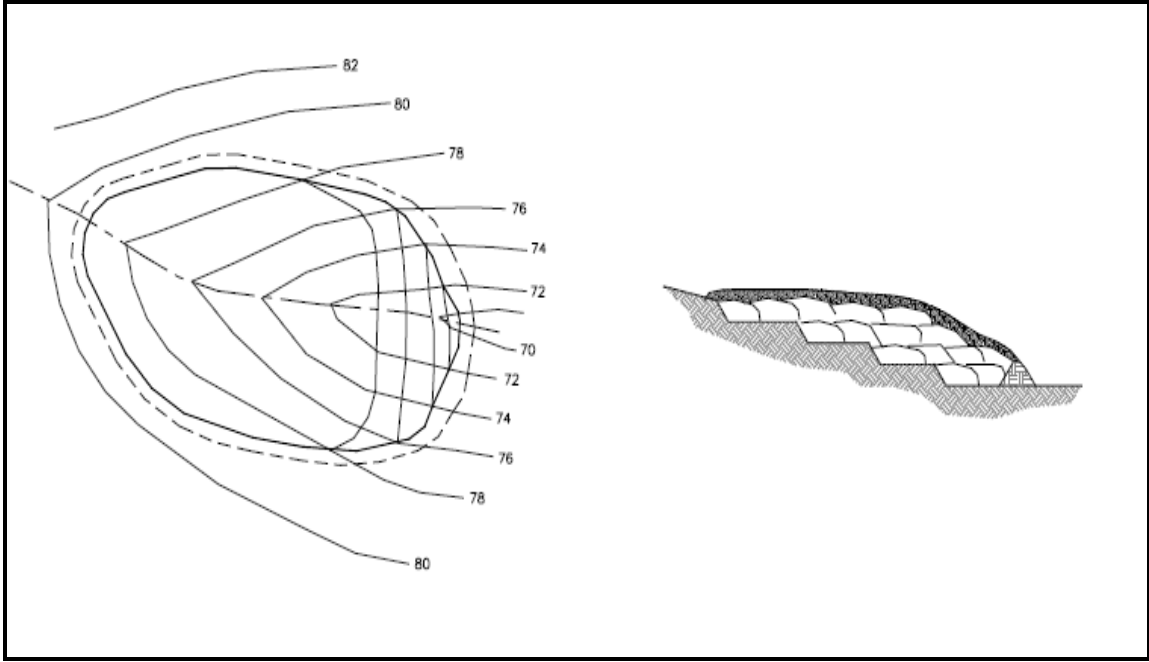
Los criterios de ingeniería del relleno semi-mecanizado incluyen el análisis del sitio seleccionado con respecto a la hidrogeología, el diseño por el método de trinchera (que requiere menos uso de maquinaria), la selección de maquinaria apropiada (alquilada o comprada) para las excavaciones de las trincheras (por ejemplo, se selecciona una retroexcavadora.

### **Método de cañón**

En este método se utiliza la topografía del barranco para cuando se descarguen los desechos sólidos se cubran con el material que se tiene a disposición en la parte de atrás del botadero.

Con el recubrimiento del material se evita una serie de problemas como lo son los vectores contaminantes como las aves de rapiña, las ratas, los perros etc. También se evitan problemas ambientales como la contaminación del aire y la contaminación visual del área.

Figura 43. Método de cañón



## CONCLUSIONES

1. Las cantidades generadas de desechos sólidos que se producen en el municipio de San Antonio La Paz, departamento de El Progreso se estimaron mediante la toma de muestras aleatoriamente por estratos y luego con la caracterización de los desechos sólidos y se estima el aumento de los desechos dependiendo de la población para un tiempo de 10 años, cuya densidad suelta por vivienda es 82 Kg./m<sup>3</sup> y compactada es de 94.5Kg./m<sup>3</sup>.
2. Con la caracterización de los desechos sólidos se puede hacer una estimación del tipo de productos que se consumen y como la economía global afecta directamente en la producción de residuos sólidos. Se obtuvo como resultado que el municipio produce un 71.95% de materia orgánica, 17% de envases y productos plásticos, un 5% en papel y cartón y un 2% en vidrio; y la producción diaria en el municipio se estima en 0.71 toneladas.
3. Con la caracterización realizada se pudo observar el comportamiento de los desechos sólidos, así como evaluar y mejorar los métodos de recolección y tratamiento y disposición final, dando como resultado que se puedan implementar estaciones de reciclaje y reutilización de los materiales.



4. Debido a que el mayor porcentaje de desechos sólidos son de tipo orgánico, se pueden realizar los distintos estudios para crear un sistema de compostaje que pueda servir para activar una economía para el municipio.
  
5. El volumen aumenta a medida que el nivel socio-económico sea mayor, esto se debe a que los estratos socio-económicos más altos tienden a producir mayores plásticos y metales lo que hace que ocupen un mayor volumen, y por consiguiente su densidad sea menor, por el contrario el estrato bajo genera mas residuos orgánicos y menos plásticos, por lo que su densidad es mayor.

## RECOMENDACIONES

Al finalizar el proyecto se ve la necesidad de hacer ciertas recomendaciones que ayudarán en gran manera a mejorar la calidad de vida de los pobladores del municipio de San Antonio La Paz

1. Para mejorar la calidad de vida en el municipio de San Antonio La Paz se debe seguir con las actividades de aseo municipal e implementar un programa para educar y crear conciencia a la población acerca de la conveniencia del reciclaje y reutilización de algunos tipos de desechos sólidos.
2. Debido a que la mayoría de desechos sólidos son de origen orgánico, estos se pueden separar y crear una planta para la fabricación de compost para generar fertilizantes puesto que éste es un municipio en el cual la mayoría de población se dedica a la agricultura, para mejorar el nivel familiar de ingresos.
3. Se debe implementar en las escuelas de la municipalidad una campaña sobre el medio ambiente y el reciclaje o separación de materiales, actividad que debe empezar desde los hogares, dando como resultado un mejor medio ambiente.
4. En el botadero municipal no se debe quemar la basura a cielo abierto, dado que esto produce gases tóxicos para la salud de la población y originando el fenómeno de lluvias ácidas, deteriorando el ambiente en todo el municipio.

5. De acuerdo a lo analizado en el presente estudio a la municipalidad de San Antonio La Paz, se le sugiere utilizar la técnica del relleno sanitario semi-mecanizado para la disposición final de los residuos sólidos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acurio, G., Rossin, A., Teixeira, P. F., y Zepeda, F. Diagnóstico de la Situación del Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe, Organización Panamericana de la Salud, Serie Ambiental No. 18, Segunda Edición, Washington, D.C., 1998.
2. Congreso de la República de Guatemala, Acuerdo Gubernativo 111-2005, Política para el manejo integral de los residuos y desechos sólidos. Guatemala: (s.e.)
3. Curso de DISEÑO Y OPERACIÓN DE RELLENO SANITARIO, impartido por Stewart Oakley , Phd. Profesor de la universidad de Chico California.
4. Instituto Nacional de Estadística et al. Características de la población y de los locales de habitación censados. Guatemala: (s.e.) 2003. 271 pp.
5. Jaramillo, J. Guía para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales, CEPIS/OPS, Publicación 02.93, 2002.
6. Gálvez Catalán, Javier Antonio. CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS QUE PRODUCEN LOS MUNICIPIOS DE SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, LA DEMOCRACIA, SIQUINALÁ Y LA GOMERA, DEL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA, Y PROPUESTA PARA SU DISPOSICIÓN FINAL.2008.
7. Organización Panamericana de Salud (OPS), La Salud en las Américas, Edición de 2002, Volumen I, Washington, D.C., 2002.

8. Stewart M. Oakley Consultor de Ingeniería Sanitaria. Manual de Diseño y Operación de Rellenos Sanitarios en Honduras. Universidad Estatal de California, junio 2005.

## APÉNDICE

### Formato de encuesta realizada en el municipio de San Antonio La Paz

1. ¿Cuántas personas viven en su domicilio?
2. ¿Qué tipo de depósito utiliza para almacenar su basura?

Tipo	Capacidad aprox.		Otro
Bolsas	Normal -10L	Grande-50L	
Costales	Normal 50kg	Grande	
Bote plástico	Normal -10L	Grande-50L	
Bote metal	Normal -10L	Grande-50L	

Otros:

---

3. ¿Recibe UD. el servicio de limpieza municipal?

SÍ  NO

4. ¿Cuántas veces por semana pasa por su casa el camión recolector?

5. ¿A qué hora pasa el camión recolector?

7. ¿Existe recolección informal de basura en el barrio?

SÍ  NO

8. ¿Qué objetos que se podría considerar “basura”, usted reutiliza?

Botellas de plástico	Papel	No reutiliza	Otros:
----------------------	-------	--------------	--------

9. ¿Sabe UD. cuál es el destino final de su basura?

SÍ	NO
----	----

10. ¿Sabe UD. lo que es reciclaje?

SÍ	NO
----	----

11. ¿Usted es consciente de que la basura puede causar impacto negativo a su salud?

13. Si la respuesta es afirmativa ¿qué tipo de enfermedades cree usted que podría causar el mal manejo de la basura?

Enfermedades respiratorias: \_\_\_\_\_

Diarreas: \_\_\_\_\_

Alergias a la piel: \_\_\_\_\_

14. ¿Ha padecido alguna de las enfermedades mencionadas?

SÍ	NO
----	----

Dirección:.....

Encuestado:.....

Número: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

## Formulario utilizado para el cálculo

$N$  = Tamaño de la población.

$N_h$  = Tamaño de la población del estrato  $h$  ( donde  $h = 1,2,3$ )

$n$  = Tamaño de la muestra.

$n_h$  = Tamaño de la muestra del estrato  $h$ .

$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i$  = Media de la muestra.

$\bar{X}_h$  Media de la muestra del estrato  $h$ .

$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_{i-\mu})^2$  Varianza de la población.

$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$  Varianza muestral.

$1-\alpha$  Nivel de confianza.

$Z_{1-\alpha/2}$  Coeficiente de confianza.

$E$  = Error permisible.



**Tabla XVI. Peso de los residuos sólidos de San Antonio La Paz**

Vivienda	Habitantes	Peso (Kg.)							
		09/06/09	11/06/09	16/06/09	18/06/09	23/06/09	25/06/09	29/06/09	01/07/09
1	4	2.8	1.5	1.6	0	1	2	1.9	1.9
2	4	2.5	1	0.9	2	1.5	1.7	3	3
3	6	2	2.8	0	3.2	2	3	2.8	2.8
4	3	1	0.9	0	1.2	0.5	0.7	0	0
5	3	1	0	2.1	1.5	0.9	0.5	0.7	0.7
6	4	1.8	1.1	1.9	2	1.5	1.9	0	0
7	5	3	1.2	2	1.8	3	0	1.5	1.5
8	6	2	1.9	2.5	3	0.5	1.9	0	0
9	2	0.4	0.5	1	2	0.6	1	0.2	0.2
10	6	2	1.5	1.9	1	0	0.5	2.5	2.5
11	4	1.5	1	0	2	1	3	1	1
12	3	0.5	0.9	1	1	0	0.5	1	1
13	5	2	2.5	1	0.9	0	3	3	3
14	4	1	1.3	0.9	2	1	0.5	1	1
15	3	1	0.9	0.5	1	1.5	0	0	0
16	2	0.2	0.5	1	2	0	1	0	0
17	4	1.5	1	3	0.5	0	2	1.5	1.5
18	3	1	0.5	1.9	0.5	0.2	1	0.9	0.9
19	6	2	1.9	2.5	2.3	0.5	1	2	2
20	4	1.5	1	0.5	2	1	1.5	0.5	0.5
21	3	1	1.5	0.9	0.5	0	1	1.9	1.9
22	4	1.9	1	0.5	0	0	2	1.5	1.5
23	5	3	2.5	2	1.5	0.9	3	1	1
24	7	5	2	2.5	3.1	2	4	3.5	3.5
25	5	2	1.9	1.5	2.9	1.5	0	2	2
26	3	1	0.5	0	1	2.2	1.5	1	1
27	4	2	1.5	1	0	2.5	1	1.9	1.9
28	6	2.5	1.9	2.5	3	2.9	0.5	1	1
29	5	1.5	2	2.5	1.5	0.5	1.9	2	2

30	3	0.5	0	0.5	0.2	0.2	0	1	1
31	2	0.1	0.5	0.9	0.3	0.2	0	1	1
32	5	2	1.5	2	1.9	3	2.5	2	2
33	2	0.1	1	0.2	0	0.2	0	1	1
34	3	1	0.9	1.2	1	1.5	1	0.9	0.9
35	3	0.5	0	0	0	0	0	0	0
36	5	2	1	0.9	1.5	2	1.9	2.5	2.5
37	4	2	1	1.2	1	1	0.5	0	0
38	4	1.5	1	2	1.9	0.5	2	1.5	1.5
39	6	3	2.5	2.9	2	1.5	1.9	1	1
40	5	1.5	1	0.5	2.1	3	1.5	2	2
41	4	2	1.5	0.5	2	1.5	0.9	0.5	0.5
42	5	1.5	2.5	1.5	3	1.9	2	1.5	1.5
43	5	2	2.5	1	0.5	2	1.5	0.5	0.5
44	4	1.5	1.9	0.5	1	2.5	1.5	0.9	0.9
45	3	0.5	1	2	1	0.9	1	0	0
46	4	2	2.5	1.5	1.9	0.5	0.9	1.5	1.5
47	5	1.5	2	1.9	2.5	1.5	1.7	2	2

Tabla XVII. Volúmenes de desechos sólidos de San Antonio La Paz

TABLA DE VOLÚMENES ( litros )		
Vivienda	Suelto	Compactado
1	19.00	17.50
2	20.00	18.00
3	26.90	23.00
4	7.50	6.50
5	12.00	10.00
6	18.00	14.00
7	17.00	13.60
8	29.00	23.00
9	9.00	7.50
10	17.00	13.60
11	18.00	15.00
12	10.00	8.80
13	20.00	16.00
14	12.00	10.00
15	9.00	7.90
16	5.00	4.50
17	14.00	11.00
18	11.00	10.00
19	22.00	18.50
20	15.00	11.00
21	11.00	10.50
22	14.00	12.50
23	20.00	18.00
24	45.00	42.00

25	19.00	18.00
26	11.00	10.00
27	19.00	17.50
28	30.00	26.00
29	18.00	16.00
30	6.00	5.00
31	5.00	3.50
32	28.00	25.00
33	6.00	4.50
34	15.00	11.00
35	1.00	1.00
36	20.00	19.00
37	12.00	11.50
38	18.00	17.00
39	28.00	24.00
40	20.00	17.50
41	23.00	21.00
42	24.00	20.00
43	22.00	19.50
44	17.00	14.50
45	14.00	11.00
46	26.00	24.00
47	28.00	26.00