



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

**CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES, EN LA CABECERA  
DEL MUNICIPIO DE EL TEJAR, DEL DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO**

**Katerine Celeste de Paz Callejas**

Asesorado por el Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa

Guatemala, octubre del 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES, EN LA CABECERA  
DEL MUNICIPIO DE EL TEJAR, DEL DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**KATERINE CELESTE DE PAZ CALLEJAS**

ASESORADO POR EL ING. RAFAEL ENRIQUE MORALES OCHOA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA CIVIL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
EXAMINADOR	Ing. Luis Estuardo Saravia Ramírez
EXAMINADOR	Ing. Luis Eduardo Portillo España
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

### **CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES, EN LA CABECERA DEL MUNICIPIO DE EL TEJAR, DEL DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 4 de mayo de 2018.



**Katerine Celeste de Paz Callejas**

Guatemala 2 de septiembre de 2019

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

Estimado Ingeniero Polanco:

Por medio de la presente me permito informar que, en calidad de asesor nombrado por la dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, he procedido a la revisión final del trabajo de graduación titulado **CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES, EN LA CABECERA DEL MUNICIPIO DE EL TEJAR, DEL DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO**, desarrollado por la estudiante Katerine Celeste de Paz Callejas, Carné No. 2013-14090, determinando que el mismo cumple con los requisitos establecidos, por lo que de la manera más atenta solicito se autorice continuar con los trámites pertinentes para la aprobación final.

Atentamente,

*Rafael Enrique Morales Ochoa*  
Ingeniero Civil  
Maestría en Ingeniería Sanitaria  
Maestría en Energía y Ambiente  
Cat: 2662

Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa  
Asesor  
No. de Colegiado: 2662



**USAC**

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



Guatemala,  
09 de septiembre de 2019

Ingeniero  
Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Director Escuela Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos

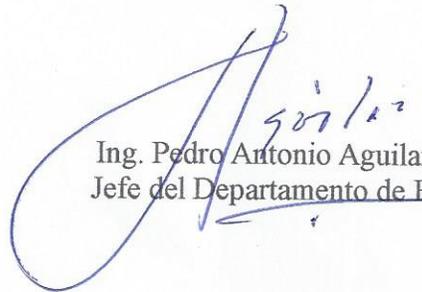
Estimado Ingeniero Aguilar.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES, EN LA CABECERA DEL MUNICIPIO DE EL TEJAR, DEL DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO**, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Katerine Celeste de Paz Callejas, quien contó con la asesoría del Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa.

Considero que este trabajo está bien desarrollado y representa un aporte para el departamento y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Jefe del Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

/bbdeb.



*Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua*



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa y Coordinador del Departamento de Hidráulica Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco al trabajo de graduación del estudiante Katerine Celeste de Paz Callejas **CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES, EN LA CABECERA DEL MUNICIPIO DE EL TEJAR, DE DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco



Guatemala, octubre 2019

/mmm.



*Mas de 137 años de Trabajo y Mejora Continua*

Universidad de San Carlos  
de Guatemala

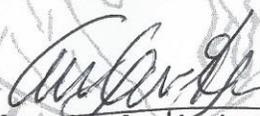


Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref.DTG.475.2019

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES, EN LA CABECERA DEL MUNICIPIO DE EL TEJAR, DEL DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO**, presentado por el estudiante universitario: **Katerine Celeste de Paz Callejas**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada  
Decana

  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
DECANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
★

Guatemala, Octubre de 2019

/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por darme sabiduría y fortaleza en cada etapa de mi carrera, permitirme culminar esta etapa tan importante y bendecirme en cada momento de mi vida.
<b>Mis padres</b>	Víctor Hugo de Paz y Cristina Callejas, por su apoyo, amor incondicional, comprensión y motivación en cada etapa de la carrera.
<b>Mis tíos</b>	Familia de Paz, por su apoyo, su cariño y sus consejos.
<b>Mis primos y primas</b>	Familia de Paz, por su apoyo, sus consejos, su cariño y los momentos de diversión y distracción.
<b>Mi novio</b>	Jaime Rojas, por apoyarme en cada momento y ayudarme cuando más lo necesitaba.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por permitirme formar parte de esta casa de estudios y ser una profesional egresada de tan prestigiosa universidad.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por brindarme los conocimientos necesarios para ser una buena profesional.
<b>Escuela de Ingeniería Civil</b>	Por darme la oportunidad de formar parte de ella como estudiante y como auxiliar, y por el apoyo brindado por cada uno de ellos.
<b>Mis padres</b>	Por ser el mayor apoyo en mi vida, por nunca dejarme caer en los momentos de dificultad y siempre darme ánimos y amor incondicional, y ser mi mayor ejemplo de perseverancia. Gracias a ustedes soy la profesional que tanto anhele ser.
<b>Mi novio</b>	Jaime Rojas, por siempre darme su apoyo y ayudarme en los momentos que más lo necesite. Y por brindarme su amor y comprensión en todo este proceso.
<b>Mis amigos</b>	Pablo Girón y Ana Luisa Calderón, por estar conmigo en los momentos que más los he

necesitado, por siempre brindarme su apoyo incondicional. Gracias por formar parte de mi vida.

**Mis amigos de la universidad**

Por brindarme tanto su apoyo, como sus conocimientos de una forma desinteresada, y por estar conmigo en los momentos más importantes y difíciles de la carrera, así como los momentos de alegría y distracción en la universidad, en especial a: Fernando Manzo, Alejandra Franco, Oscar García, Jorge Escobar y Ricardo Guzmán.

**Familia de Paz**

Tíos, primos y sobrinos, por siempre brindarme apoyo, consejos y estar pendientes de mí y ayudarme a lo largo de mi vida en los aspectos que han podido.

**Ing. Mario Arriola**

Por permitirme ser su auxiliar y brindarme de una forma desinteresada sus conocimientos cuando le solicitaba su ayuda.

**Ing. Rafael Morales**

Por brindarme su ayuda y sus conocimientos en la realización de este trabajo de graduación.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN .....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN .....	XVII
1. CONCEPTOS GENERALES.....	1
1.1. Desechos sólidos .....	1
1.2. Clasificación de desechos sólidos por su composición .....	1
1.2.1. Desechos sólidos inorgánicos .....	1
1.2.2. Desechos sólidos orgánicos .....	2
1.2.3. Desechos peligrosos .....	3
1.2.4. Desechos inertes .....	4
1.3. Clasificación de desechos sólidos según su origen.....	4
1.3.1. Desechos sólidos industriales.....	5
1.3.2. Desechos sólidos domiciliarios.....	5
1.3.3. Desechos sólidos hospitalarios.....	5
1.3.4. Desechos sólidos comerciales.....	7
1.3.5. Desechos sólidos en construcción y demolición.....	7
1.3.6. Desechos de plantas de tratamiento y otros residuos .....	8
1.3.7. Desechos sólidos agrícolas .....	8
1.4. Propiedades de los desechos sólidos .....	9
1.4.1. Peso .....	9

1.4.2.	Volumen .....	9
1.4.3.	Peso específico .....	9
1.4.4.	Contenido de humedad .....	10
1.4.5.	Poder calorífico .....	10
1.5.	Caracterización de los desechos sólidos domiciliars.....	11
1.5.1.	Producción per cápita.....	12
1.6.	Manejo para el aprovechamiento de los desechos sólidos domiciliars .....	12
1.6.1.	Reciclaje.....	12
1.6.2.	Compostaje .....	14
1.7.	Efectos de los desechos sólidos en la salud .....	15
1.7.1.	Riesgos directos.....	15
1.7.2.	Riesgos indirectos .....	16
1.8.	Efectos de los desechos sólidos en el ambiente .....	18
1.8.1.	Contaminación de los recursos naturales.....	19
1.8.1.1.	Sistema hídrico .....	19
1.8.1.2.	Sistema edáfico .....	20
1.8.1.3.	Sistema lítico .....	21
1.9.	Ciclo de los desechos sólidos domiciliars .....	21
1.9.1.	Generación de desechos sólidos domiciliars.....	21
1.9.2.	Gestión de los desechos sólidos domiciliars .....	21
2.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA POBLACIÓN .....	23
2.1.	Monografía .....	23
2.2.	Aspectos físicos del municipio de El Tejar .....	23
2.2.1.	Ubicación geográfica.....	24
2.2.2.	Topografía .....	26
2.2.3.	Demografía.....	26
2.2.4.	Clima .....	27

2.2.5.	Hidrografía .....	27
2.2.6.	Economía.....	28
2.2.7.	Servicios básicos .....	28
2.2.7.1.	Drenaje .....	29
2.2.7.2.	Agua potable .....	30
2.2.7.3.	Energía Eléctrica .....	30
2.2.7.4.	Sistema de recolección de basura .....	31
2.2.7.5.	Vías de acceso .....	32
2.2.8.	Dimensión ambiental .....	32
2.2.8.1.	Recursos naturales .....	32
2.2.8.2.	Suelos .....	33
2.2.8.3.	Flora y fauna .....	33
3.	MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....	35
3.1.	Vertederos clandestinos .....	35
3.2.	Vertedero a cielo abierto.....	35
3.3.	Relleno sanitario.....	36
3.3.1.	Métodos de relleno sanitario.....	39
3.3.1.1.	Método de trinchera o zanja .....	39
3.3.1.2.	Método de área .....	40
3.3.2.	Tipos de relleno sanitario.....	41
3.3.2.1.	Relleno sanitario manual .....	41
3.3.2.2.	Relleno sanitario semi mecanizado .....	42
3.3.2.3.	Relleno sanitario mecanizado.....	43
3.4.	Reciclaje .....	43
3.4.1.	Reciclaje de papel .....	44
3.4.2.	Reciclaje de plásticos .....	45
3.4.3.	Reciclaje de vidrio.....	46
3.4.4.	Reciclaje de aluminio.....	46

3.5.	Compostaje .....	47
4.	MARCO LEGAL PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ...	49
4.1.	Marco jurídico institucional .....	49
4.2.	Constitución Política de la República de Guatemala .....	50
4.3.	Acuerdos, leyes y decretos gubernativos y legislativos.....	51
4.3.1.	Ley de protección y mejoramiento del ambiente (Decreto No. 68-86).....	52
4.3.2.	Política Nacional para el manejo integral de los residuos y desechos sólidos. (Acuerdo Gubernativo 111-2005).....	54
4.3.3.	Política nacional para la gestión integral de residuos y desechos sólidos (Acuerdo Gubernativo 281-2015).....	55
4.4.	Ministerio de ambiente y recursos naturales .....	55
4.4.1.	Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental (Acuerdo Gubernativo 23-2003).....	55
4.4.2.	Acuerdo Ministerial 686-2012.....	59
4.5.	Ministerio de Salud y Asistencia Social .....	60
4.5.1.	Código de salud .....	60
4.5.2.	Reglamento para el manejo de desechos sólidos hospitalarios (Acuerdo Gubernativo 509-2001) .....	63
4.5.3.	Acuerdo ministerial 14-2016.....	68
4.6.	Ministerio de Relaciones Exteriores .....	69
4.6.1.	Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos (Convenio Número 0253) .....	70
4.7.	Municipalidad capitalina .....	71
4.7.1.	Código municipal (Decreto 12-2002).....	71

4.7.2.	Reglamento del manejo de desechos sólidos para el municipio de Guatemala (Acuerdo Comunitario 028-2002) .....	72
5.	DESARROLLO EXPERIMENTAL .....	77
5.1.	Campo muestral .....	77
5.2.	Estudio de resultados obtenidos de encuestas .....	78
5.3.	Cálculo y cuantificación de los desechos sólidos domiciliarios recolectados .....	84
5.3.1.	Peso .....	85
5.3.2.	Volumen .....	86
5.3.3.	Densidad o peso específico.....	89
5.4.	Cálculo de la generación de desechos sólidos de el municipio de El Tejar, Chimaltenango .....	91
6.	ANÁLISIS DE DATOS OBTENIDOS.....	93
6.1.	Propuesta para el manejo de desechos sólidos en el municipio de El Tejar, Chimaltenango .....	93
6.1.1.	Reducción.....	93
6.1.2.	Reutilización .....	94
6.1.3.	Reciclaje .....	94
6.1.4.	Compostaje.....	95
6.2.	Necesidad de un relleno sanitario en el municipio de El Tejar .....	95
	CONCLUSIONES .....	97
	RECOMENDACIONES .....	99
	BIBLIOGRAFÍA.....	101
	APÉNDICES .....	105



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Desechos sólidos inorgánicos.....	2
2.	Desechos sólidos orgánicos provenientes de la poda .....	3
3.	Desechos sólidos hospitalarios .....	6
4.	Desechos sólidos en construcción y demolición .....	7
5.	Vectores sanitarios.....	16
6.	Ubicación geográfica del municipio de El Tejar en Guatemala .....	24
7.	Ubicación del municipio de El Tejar en el departamento de Chimaltenango.....	25
8.	Mapa del municipio de El Tejar, Chimaltenango .....	25
9.	Vertedero a cielo abierto .....	36
10.	Ejemplo de relleno sanitario con sus componentes .....	37
11.	Método de trinchera para construir un relleno sanitario .....	39
12.	Método de área para la construcción de relleno sanitario.....	40
13.	Relleno sanitario manual.....	42
14.	Reciclaje del papel .....	44
15.	Procedimiento del reciclaje del plástico.....	45
16.	Reciclaje de aluminio .....	47
17.	Nivel económico de la población en el municipio de El Tejar.....	78
18.	Población que posee el servicio de recolección de basura .....	79
19.	Clasificación del servicio de recolección de basura .....	80
20.	Práctica del reciclaje en El Tejar .....	80
21.	Desechos sólidos reciclados .....	81
22.	Porcentaje de cada desecho sólido producido en el municipio .....	82

23.	Población del municipio dispuesta a reciclar .....	83
24.	Compostaje.....	83
25.	Balanza.....	84
26.	Recipiente cilíndrico para el volumen .....	85
27.	Porcentaje de los desechos sólidos recolectados.....	86
28.	Volumen suelto .....	87
29.	Volumen compactado .....	88
30.	Densidad suelta .....	89
31.	Densidad compactada .....	90

## TABLAS

I.	Poder calorífico de desechos sólidos comunes .....	10
II.	Desechos sólidos domiciliarios comunes .....	11
III.	Colores de reciclaje .....	13
IV.	Vectores sanitarios .....	17
V.	Información de la estación meteorológica.....	27
VI.	Tipo de servicio de drenaje.....	29
VII.	Cobertura de servicio de agua potable .....	30
VIII.	Cobertura de energía eléctrica.....	31
IX.	Formas de eliminación de basura .....	32
X.	Peso de los desechos sólidos de El Tejar .....	85
XI.	Volumen suelto .....	87
XII.	Volumen compactado .....	88
XIII.	Densidades de los desechos sólidos .....	90

## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
E	Error permisible
kg	Kilogramo
kg/hab/día	Kilogramo por habitante por día
kg/m <sup>3</sup>	Kilogramo por metro cúbico
lb	Libra
m	metro
m <sup>3</sup>	metro cúbico
N	Número total de viviendas
PPC	Producción <i>per cápita</i>
%	Porcentaje



## GLOSARIO

<b>Aeróbico</b>	Que suministra o facilita la entrada de oxígeno.
<b>AMSA</b>	Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Amatitlán
<b>Biodegradable</b>	Producto que, una vez desechado, es destruido por las bacterias u otros agentes biológicos.
<b>Caracterización</b>	Determinarle a algo sus cualidades peculiares.
<b>Compostaje</b>	Mezclar residuos orgánicos, cal y tierra con el fin de convertirlo en abono por fermentación.
<b>Desecho sólido</b>	Todo tipo de residuo que genera el ser humano a partir de su vida diaria y tiene estado sólido.
<b>Epidemia</b>	Brote de enfermedad infectocontagiosa, que aparece en forma aguda y masiva en un determinado lugar geográfico.
<b>Estudio edáfico</b>	Estudio relativo o perteneciente al suelo.
<b>Estudio lítico</b>	Estudio relativo o perteneciente a las rocas.

<b>INSIVUMEH</b>	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
<b>Lixiviado</b>	Líquido resultante de un proceso de percolación de un fluido a través de un sólido.
<b>Patógeno</b>	Agente que produce las enfermedades.
<b>Producción <i>per cápita</i></b>	Generación de los residuos sólidos expresada en kilogramos por habitante por día.
<b>Proliferación</b>	Multiplicación del número de células por división.
<b>Reciclaje</b>	Conjunto de técnicas que tienen por objeto recuperar desechos y reproducirlos en el ciclo de producción del que provienen.
<b>Reducir</b>	Disminuir, limitar algo de tamaño, extensión, intensidad o importancia.
<b>Reutilizar</b>	Acciones que permiten volver a usar un producto con el fin de darle un segundo uso, ya sea el mismo del primero y otro diferente.
<b>Vectores</b>	Agente que transporta algo de un lugar a otro.

## **RESUMEN**

Con el tiempo la caracterización de desechos sólidos se ha convertido en un tema de mayor importancia, debido a que, con el crecimiento de la población, cada día son generados más residuos sólidos; además la población en su mayoría desconoce e ignora los temas relacionados con el manejo de estos para que no afecten a la misma población ni al medio ambiente. Las técnicas relacionadas con el manejo de los residuos sólidos fueron desarrolladas con el paso del tiempo para disminuir la contaminación que ya se estaba produciendo.

Por lo tanto, el presente trabajo de graduación brinda la información del comportamiento de la población del municipio de El Tejar con la caracterización de desechos sólidos y la cantidad que ellos producen, así como las formas de disposición existentes en el municipio. Estudio que fue realizado con el fin de demostrar que pueden realizarse mejoras en la disposición final de los desechos sólidos para prevenir los peligros a los seres vivos, según el estudio realizado por el Dr. Kunitoshi; se obtuvo una muestra de la población, con la cual se realizó el presente estudio.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Caracterizar los desechos sólidos domiciliarios en la cabecera del municipio de El Tejar, del departamento de Chimaltenango.

### **Específicos**

1. Determinar el campo muestral en el municipio de El Tejar con la fórmula del doctor japonés Kunitoshi Sakurai.
2. Realizar una inspección de la disposición actual de los desechos sólidos domiciliarios y los basureros clandestinos del lugar.
3. Clasificar y cuantificar los desechos sólidos domiciliarios generados por persona, expresados en kg/hab/día.
4. Caracterizar los desechos sólidos domiciliarios y estimar su peso, densidad y volumen.
5. Desarrollar una fuente de información que pueda ser utilizada como base para la elaboración de una propuesta de manejo de desechos sólidos domiciliarios, que enfatice la necesidad de la elaboración de un relleno sanitario en el municipio de El Tejar.



## INTRODUCCIÓN

La gestión y caracterización de los desechos sólidos es un tema prioritario para el país dentro de una variedad de temas relacionados con la problemática ambiental. Es aplicado en las actividades asociadas al flujo de residuos de las sociedades; su objetivo es administrarlos para que sean compatibles y no alteren los sistemas ambientales y la salud pública.

Para tener una buena gestión de los residuos sólidos es necesario cuantificar la producción día a día; con este procedimiento se podrá determinar el porcentaje de materia orgánica, papel, vidrio, residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, entre otras clases de residuos, que se generan en un lugar determinado; se obtendrán bases para proyectar el crecimiento de esos residuos en función del tiempo.

El municipio de El Tejar posee un clima templado y a la vez cuenta con varios nacimientos de agua, los cuales son utilizados para el riego de cultivos. A pesar de que la municipalidad brinda un servicio de recolección de desechos sólidos en un 75 % del municipio, se conoce la existencia de seis basureros clandestinos, que son focos de contaminación; se localizan cerca de los nacimientos de agua previamente mencionados; provocan la alteración del ambiente, en especial el agua para consumo humano; generan la proliferación de vectores animados y plagas que pueden producir enfermedades a la población, en especial, a los infantes.

El presente trabajo de graduación realizará la caracterización de los desechos sólidos domiciliarios generados por la población del municipio de El Tejar, del departamento de Chimaltenango; de esta manera, se establecerán datos cualitativos y cuantitativos con el fin de fomentar el manejo de los desechos y reducir su impacto ambiental.

# **1. CONCEPTOS GENERALES**

## **1.1. Desechos sólidos**

Los desechos sólidos son aquellos materiales que no representan utilidad o valor económico para quien los produce, provienen de las actividades del ser humano: domésticas, comerciales, institucionales, industriales, agrícolas, de construcción, entre otras. La denominación más conocida para los desechos sólidos es basura.

También, se pueden definir como cualquier materia inservible que es descargada o colocada de diversas maneras en el medio ambiente y produce efectos negativos ya sea en la salud o el ambiente. Estos pueden ser clasificados de diversas formas, tanto por su origen, estado u otras características.

## **1.2. Clasificación de desechos sólidos por su composición**

Conocer la composición de los residuos sólidos es de suma importancia para definir su disposición final. Según su composición, los desechos sólidos se clasifican en cuatro grandes grupos, de los cuales destacan los inorgánicos y los orgánicos; su clasificación es: sólidos inorgánicos, sólidos orgánicos, peligrosos e inertes.

### **1.2.1. Desechos sólidos inorgánicos**

Se describe como desecho sólido inorgánico a todo aquel que no puede ser degradado naturalmente, pues su origen no es natural, dado que provienen de

minerales y materiales sintéticos. Debido a esta cualidad, son perjudiciales al ambiente; si alguno de estos llega a biodegradarse toma demasiado tiempo.

Entre los desechos inorgánicos están: metales, plásticos, vidrios, cartón, cuero, papel y textiles. Todos estos materiales son mucho más fáciles de caracterizar, pues todos pueden pasar por un proceso llamado reciclaje.

Figura 1. **Desechos sólidos inorgánicos**



Fuente: elaboración propia.

### **1.2.2. Desechos sólidos orgánicos**

Son todos aquellos desechos que provienen de la naturaleza, por lo tanto, pueden ser eliminados o degradados en poco tiempo, para luego convertirse en

abono por sus componentes. Este tipo es desechado especialmente en los domicilios.

Entre los desechos orgánicos están: restos de comida, telas naturales, restos procedentes de las actividades relacionadas con la poda de plantas, residuos de animales y huesos animales y materia fecal. Tanto el papel como el cartón son materiales que provienen de la naturaleza, pero debido a su composición son reciclados y, por ello, son clasificados como residuos inorgánicos.

Figura 2. **Desechos sólidos orgánicos provenientes de la poda**



Fuente: elaboración propia.

### **1.2.3. Desechos peligrosos**

Los desechos peligrosos son todos aquellos que acompañados de otros o solos, producen un efecto perjudicial tanto para la salud, como para el ambiente.

Todos los desechos peligrosos figuran en una lista aprobada por el Real Decreto 952 - 1997, y también figuran todos los contenedores o envases que los hayan contenido. También, son descritos como aquellos elementos letales y como no son biodegradables son acumulados en el ambiente.

Para determinar si un desecho es peligroso se le realizan estudios para sus componentes, de los cuales indican sus características de peligrosidad las cuales son:

- Inflamabilidad
- Corrosividad
- Reactividad
- Toxicidad
- Contenidos cancerígenos
- Explosividad

#### **1.2.4. Desechos inertes**

Son los desechos que no sufren una transformación química, física o biológica, ya que no se mezclan con ningún otro componente y no generan ningún tipo de gas o toxicidad al ambiente o seres vivos, entre estos se encuentran: los restos de ripio de una construcción, tierra, ladrillos y blocks.<sup>1</sup>

### **1.3. Clasificación de desechos sólidos según su origen**

En esta clasificación de los desechos sólidos, se conoce su procedencia, brinda así la información del lugar, su localización y facilidad para su disposición.

Los desechos sólidos según su origen se clasifican de la siguiente manera:

---

<sup>1</sup>EGUIZÀBAL LEÒN, Ana Rebeca. *Caracterización de los desechos sólidos domiciliarios en colonia Los Naranjales, zona 4, municipio de Escuintla.* p. 4.

### **1.3.1. Desechos sólidos industriales**

Son todos aquellos que provienen de actividades industriales, ya sea ligeras y pesadas: mantenimiento de equipo, control de la contaminación, elaboración de productos de limpieza, fundición de acero, entre otras. De estas actividades suelen derivarse los desechos peligrosos, los cuales han sido descritos con anterioridad.

### **1.3.2. Desechos sólidos domiciliarios**

Los residuos domiciliarios consisten orgánicos e inorgánicos de zonas residenciales, los cuales fueron descritos con anterioridad en este capítulo. Estos residuos provienen de las actividades domésticas, hoteles, colegios, oficinas y establecimientos y también de residuos industriales que no son derivados de procesos. Estos desechos poseen dos cursos: ya sea el reciclaje o el relleno sanitario.

### **1.3.3. Desechos sólidos hospitalarios**

Se definen como desechos sólidos hospitalarios a todos aquellos generados del tratamiento o prestación del servicio médico, tanto para animales como para personas: las jeringas, agujas, guantes, gasas, entre otros. Este tipo de desechos son provenientes de los centros de salud, bancos de sangre, hospitales, farmacias, entre otros.

El manejo de este tipo de residuos sólidos debe realizarse de una manera especial en ciertos casos debido a que pueden ser dañinos para la salud en ciertos casos o provocar heridas en las personas encargadas su recolección.

Figura 3. **Desechos sólidos hospitalarios**



Fuente: *Residuos hospitalarios*. <https://www.dondereciclo.org.ar/blog/residuos-hospitalarios-que-sabemos-de-ellos/>. Consulta: 8 de mayo de 2018.

Según el Acuerdo Gubernativo 509-2001 del 28 de diciembre de 2001, de la República de Guatemala, en el artículo 3, por su peligrosidad los desechos hospitalarios se pueden clasificar en:

d) Desechos hospitalarios bioinfecciosos. 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 hayan tenido con los agentes infecciosos que provocan enfermedades.

e) Desecho hospitalario especial. Son los desechos generados durante las actividades auxiliares de los centros de atención de salud que no han entrado en contacto con los pacientes ni con los agentes infecciosos. Constituyen un peligro para la salud por sus características agresivas tales como corrosividad, reactividad, inflamabilidad, toxicidad, explosividad y radiactividad. Estos desechos se generan principalmente en los servicios auxiliares de diagnóstico y tratamiento, directos complementarios y generales.

f) Desecho hospitalario común. Son todos los desechos generados por las actividades administrativas, auxiliares y generales que no corresponden a ninguna de las categorías anteriores, no presentan peligro para la salud y sus características son similares a las que presentan peligro para la salud y sus características son similares a las que presentan los desechos domésticos comunes, entre estos: periódico, flores, papel, desechos de productos no químicos utilizados para la limpieza y enseres fuera de servicio; así como también los desechos de restaurantes, tales como envases, restos de preparación de

comidas, comidas no servidas o no consumidas, desechos de los pacientes que no presentan patología infecciosa. Desechables, tales como plastos de plástico, servilletas y otros.<sup>2</sup>

#### **1.3.4. Desechos sólidos comerciales**

Son todos aquellos residuos producidos por los establecimientos mercantiles o comerciales, mayormente del área urbana, tienen diversas semejanzas con los desechos domiciliarios. Hoteles, restaurantes, mercados, cafeterías y supermercados son algunos de los lugares que producen este tipo de residuo.

#### **1.3.5. Desechos sólidos en construcción y demolición**

Como su mismo nombre lo dice, son todos aquellos residuos provenientes de la construcción, remodelación o arreglos a cualquier edificación. Sus componentes suelen ser suciedad, tierra, piedra, ladrillos, entre otros, y son difíciles de calcular y cuantificar. Usualmente también contienen otros tipos de desechos sólidos, tales como: vidrios rotos, plásticos y acero.<sup>3</sup>

Figura 4. **Desechos sólidos en construcción y demolición**



Fuente: elaboración propia.

---

<sup>2</sup> Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de la República de Guatemala. *Acuerdo Gubernativo 509-2001 Reglamento para el manejo de desechos sólidos hospitalarios*. p. 2.

<sup>3</sup> TCHOBANOGLOUS, George; THEISEN, Hilary; VIGIL, Samuel. *Gestión integral de residuos sólidos*. p. 50.

### **1.3.6. Desechos de plantas de tratamiento y otros residuos**

Los residuos sólidos y semisólidos de agua, aguas sucias e instalaciones de tratamiento de residuos industriales son llamados residuos de plantas de tratamiento. Las características específicas de estos materiales varían, según la naturaleza del proceso de tratamiento.<sup>4</sup>

La eliminación de este tipo de desechos sólidos puede realizarse junto con los residuos sólidos y desecharlos en vertederos municipales; sin embargo, su recogida no se realiza por parte de los servicios municipales.

### **1.3.7. Desechos sólidos agrícolas**

Los residuos y rechazos que se obtienen de las actividades relacionadas con la agricultura se llaman residuos agrícolas. La gestión de los mismos no es responsabilidad de las administraciones locales, sin embargo, en muchas zonas, la eliminación del estiércol animal se ha convertido en un problema crítico, sobre todo en la ganadería intensiva y los centros lecheros.<sup>5</sup>

Con base en la descripción previa, se determina que este tipo de residuos sólidos provienen de las siembras tanto de hortalizas como de flores o árboles, así como también de la operación de actividades relacionadas con la crianza de animales: porcinas, avícolas, entre otros. Este tipo de actividades no son responsabilidad de las municipalidades, si no de los agricultores, ganadores y agrícolas.

En muchas ocasiones algunos de estos residuos son reutilizados en una actividad llamada compostaje, la cual será descrita más adelante.

---

<sup>4</sup> TCHOBANOGLIOUS, George; THEISEN, Hilary; VIGIL, Samuel. *Gestión integral de residuos sólidos*. p. 50.

<sup>5</sup> COLOMER MENDOZA, Francisco José. *Tratamiento y gestión de residuos sólidos*. p. 96.

## **1.4. Propiedades de los desechos sólidos**

Para su correcta clasificación y disposición final, se determinan ciertas propiedades físicas: peso, volumen, peso específico, contenido de humedad y poder calorífico.

### **1.4.1. Peso**

El peso representa la masa de los desechos sólidos. En términos físicos es la fuerza ejercida por la gravedad sobre un cuerpo. Se determina por balanzas o básculas u otros instrumentos de medición y se determina en kilogramos, el cual se encuentra en el sistema internacional.

### **1.4.2. Volumen**

El volumen es el espacio físico ocupado por la masa, en este caso los desechos sólidos. Esta es una de las características más importantes, pues sirve de base para proyectar el espacio a ocupar por un relleno sanitario. Esta medida se obtiene colocando la masa en un recipiente y tomando sus medidas; es obtenida en metros cúbicos.

### **1.4.3. Peso específico**

El peso de un material por unidad de volumen es llamado peso específico, el cual muchas veces es denominado como densidad. La unidad común del peso específico suele ser  $\text{kg/m}^3$ . Esta propiedad de los desechos sólidos dependerá del lugar donde se encuentra y de su compactación. El conocimiento de esta característica es de suma importancia para el conocimiento de la masa y volumen

para poder realizar la gestión apropiada de los mismos. Sin embargo, no varían notablemente con la localización geográfica o el clima.

#### 1.4.4. Contenido de humedad

El contenido de humedad es el peso del material húmedo de cierta cantidad de masa, se expresa en porcentaje de la cantidad total de la masa estimada. Este porcentaje depende de la composición de los residuos. Para determinar el contenido de humedad de los desechos sólidos se emplea:

$$\%Humedad = \frac{\text{peso húmedo} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}} \times 100$$

#### 1.4.5. Poder calorífico

El poder calorífico se puede definir como la cantidad de calor generada en un kilogramo de desechos sólidos.

Tabla I. Poder calorífico de desechos sólidos comunes

Componentes	Poder calorífico (Kcal/kg)
Plásticos, caucho y cuero	9 000
Papel y cartón	4 000
Madera y follaje	4 000
Restos de alimentos	4 000
Tapos	4 000
Metales	0
Vidrios	0
Suelos y otros	0

Fuente: KUNITOSHI, Sakurai. *Método sencillo del análisis de residuos sólidos*.

[www.bvsde.paho.org](http://www.bvsde.paho.org). Consulta: 21 de mayo de 2018.

El poder calorífico se determina de la siguiente manera:

$$\text{Poder calorífico} = \frac{\text{Kcal}}{\text{masa de los desechos sólidos}}$$

### 1.5. Caracterización de los desechos sólidos domiciliarios

La caracterización sirve como base para implementar sistemas de tratamiento de estos, para la cual se requieren una serie de actividades de campo, así como información teórica. Entre los desechos sólidos domiciliarios están los descritos en la siguiente tabla.

Tabla II. **Desechos sólidos domiciliarios comunes**

<b>Componente o material</b>	<b>Tipos de materiales</b>
Aluminio	Latas de cervezas o refrescos
Papel y cartón	Periódicos, revistas, cajas, recortes, papel usado, papel higiénico
Plásticos	Botellas de refrescos, envases de aceites, bolsas de comida chatarra
Vidrios	Botellas y recipientes de vidrio
Madera	Restos de madera usada, palillos
Metales	Baterías, latas
Suelos y derivados	Restos de poda de jardín, polvo
Residuos de alimentos	Residuos de verduras o frutas, frutas o verduras en mal estado y excremento de animales

Fuente: COLOMER, Francisco. *Tratamiento y gestión de residuos sólidos*. p. 103 - 104.

### **1.5.1. Producción *per cápita***

Se describe a la producción *per cápita* como los kilogramos de desechos sólidos producidos por un habitante en un día, en un determinado lugar, el cual es expresado en kg/hab/día.

## **1.6. Manejo para el aprovechamiento de los desechos sólidos domiciliarios**

Existen diversos métodos para el aprovechamiento de los desechos sólidos domiciliarios:

### **1.6.1. Reciclaje**

El reciclaje es un proceso simple o complejo que sufre un material o producto para ser reincorporado a un ciclo de producción o de consumo, ya sea éste el mismo en que fue generado y otro diferente. La palabra “reciclado” es un adjetivo, el estado final de un material que ha sufrido el proceso de reciclaje. El reciclaje también se suele definir como un proceso que tiene por objetivo la recuperación de forma directa o indirecta, de los componentes que contienen los residuos urbanos.<sup>6</sup>

Para la realización de un reciclaje exitoso es necesario disponer de:

- Espacios grandes para realizar la separación
- Recolección, almacenamiento y transporte
- Disposición final

---

<sup>6</sup> MENDOZA, Colomer; GALLARDO, Francisco. *Tratamiento y gestión de residuos sólidos*. p. 165.

El reciclaje debe comenzar en el hogar y los centros educativos, con la separación de los materiales depositándolos en diferentes recipientes distinguidos por colores:

Tabla III. **Colores de reciclaje**

<b>Color</b>	<b>Tipo de material</b>	<b>Ejemplos</b>
	Papel y cartón	Periódicos, revistas, hojas usadas, cajas, folletos, entre otros.
	Plásticos y latas	Botellas, bolsas, envases de alimentación, latas de conservas y refrescos, entre otros.
	Vidrio	Botellas de vidrio, envases de vidrio (se debe retirar todo material ajeno a los recipientes de vidrio, tales como corchos o tapaderas)
	Desechos peligrosos	Aceites, baterías, pilas, insecticidas, aerosoles, productos tecnológicos, entre otros.
	Orgánico	Residuos de verduras o frutas, restos de poda de plantas entre otros.
	Resto de residuos	Desechos en general, desechos no vistos, suele ser utilizado en el caso de no haber un recipiente anaranjado.

Fuente: INFORECICLAJE. *Colores del reciclaje*. <http://www.inforeciclaje.com/colores-del-reciclaje.php>. Consulta: 23 de mayo de 2018.

El proceso es muy costoso, pero también depende del estado en el cual entregan el material a reciclar para que el costo sea menor. Los materiales que pueden ser reutilizados son:

- Vidrio
- Papel
- Plástico
- Metales
- Aluminio

### **1.6.2. Compostaje**

Se define como compostaje a la descomposición de los desechos orgánicos para la creación de un abono de buena calidad para la agricultura; es un proceso aeróbico, dado que los microorganismos interactúan con el oxígeno, humedad y temperatura. Entre los desechos orgánicos adecuados para el compostaje están: frutas, verduras, pasto, restos de poda, entre otros.

Entre las características físicas del abono producido por el compostaje, se puede describir como un producto inodoro, negro, granulado y homogéneo. El compostaje es de gran beneficio para el ambiente dado que es de muy buena calidad, de bajo costo y amigable al ambiente, ya que se reduce el uso y compra de cualquier tipo de abono químico, que a largo plazo puede ser perjudicial para la salud y producir erosión en los suelos. Este método puede ser muy beneficioso para los países en desarrollo.

## **1.7. Efectos de los desechos sólidos en la salud**

La mayoría de los desechos sólidos provienen de los hogares, tanto los nocivos como los que no, según el consumo de cada familia; sin embargo, la industria es otra gran fuente de generación de residuos sólidos. Todo desecho sólido que no presenta un manejo de la disposición final puede ser riesgoso para la salud del ser humano tanto de forma directa e indirecta para todas las personas que manipulan o habitan cerca de los basureros clandestinos.

### **1.7.1. Riesgos directos**

Este tipo de riesgos es causado por el contacto directo con la basura, debido a la falta de información de la población a mezclar todos los desechos en un mismo contenedor, y al ser manipulados bajo ninguna protección o la creación de plagas en el medio donde se encuentran. El consumo de agua contaminada por dichos residuos es también un riesgo directo para la salud; este es producido por la existencia de basureros clandestinos cerca de los cuerpos de agua que proporcionan el agua potable a la población. Entre las enfermedades que pueden ser producidas están: fiebre tifoidea, paludismo, dengue y cólera.

Otro tipo de riesgos directos son aquellos provocados por materiales peligrosos como: vidrio, jeringas, metales, cuchillas, excrementos o residuos infecciosos provenientes de hospitales o la industria, que pueden causar lesiones a las personas encargadas de la recolección de los desechos sólidos; las cuales son las más afectadas.

### 1.7.2. Riesgos indirectos

En cuanto a los riesgos indirectos para la salud del ser humano, se encuentran dos; la proliferación de los vectores sanitarios o animados, dado que se crea un entorno apto para estos, tales como: moscas, zancudos, ratas, mosquitos, cucarachas, entre otros que causan serios daños a la salud, tanto a largo plazo como a corto plazo, causando desde diarreas leves hasta enfermedades de mayor gravedad como la fiebre tifoidea.

Figura 5. **Vectores sanitarios**



Fuente: *Vectores*. <http://fundacionio.org/viajar/enfermedades/vectores.html>. Consulta: 12 de mayo de 2018.

Algunos de los vectores sanitarios más comunes son: ratas, moscas, cucarachas, mosquitos, piojos, pulgas, hormigas, arañas, escorpiones, avispa, termitas, gusanos, entre otros, los cuales son detallados a continuación:

Tabla IV. **Vectores sanitarios**

<b>Vector sanitario</b>	<b>Descripción</b>
Moscas	Las moscas son consideradas uno de los vectores con mayor presencia; facilitan su reproducción la temperatura y el excremento húmedo; sin embargo, la basura es su principal medio de reproducción doméstica. Producen: fiebre tifoidea, salmonelosis, disenterías, diarrea y otras infecciones
Cucarachas	Viven alrededor de la basura y se alimentan de esta. Este tipo de plaga es capaz de adaptarse a cualquier medio. Transmiten millones enfermedades a través de su excremento y vómito: fiebre tifoidea, gastroenteritis, disenterías, diarrea, lepra, intoxicación alimenticia e infecciones intestinales.
Ratas	Este tipo de plagas se considera como una de las más grandes plagas en la tierra. Provocan el deterioro y contaminación de los alimentos y se reproducen muy rápido. Entre las enfermedades que producen están: peste bubónica, leptospirosis, disenterías, rabia, enfermedades diarreicas, entre otras.
Mosquitos	Este tipo de plaga se reproduce con facilidad en la basura. Transmiten la enfermedad del dengue, fiebre amarilla, entre otras.
Piojos y pulgas	Este tipo de vector, se encuentran en el cabello de las personas y pelo de los animales, los cuales se producen por la existencia de los desechos sólidos y producen enfermedades tales como tifus y pediculosis. En la historia de la humanidad se ha conocido que el piquete de pulga ha causado grandes epidemias.
Hormigas, arañas, escorpiones, avispas, termitas, gusanos, entre otros	Este tipo de vectores no transmiten enfermedades, pero inyectan toxinas en las personas que llegan a ser perjudiciales para la salud. Su reproducción es debido a la existencia de los desechos sólidos.

Fuente: UNDA OPAZO, Francisco. *Ingeniería sanitaria aplicada a saneamiento y salud pública.*

p. 121.

El otro efecto indirecto en la salud del ser humano es el de la alimentación de los animales con basura, dado que deteriora la salud pública por el consumo de estos animales.

### **1.8. Efectos de los desechos sólidos en el ambiente**

Existen diversos efectos negativos en el ambiente causados por los desechos sólidos:

- Contaminación atmosférica: la cual se presenta debido al mal manejo de los desechos sólidos con acciones tales como: quema de residuos sólidos o incineración, ya sea controlado o accidental. Esta actividad genera muchos contaminantes tóxicos y dañinos para la capa de ozono, los cuales la debilitan poco a poco; permite el paso de los rayos ultravioleta, que son muy perjudiciales para la salud humana.
- Alteraciones en los cuerpos hídricos: el cual es el mayor problema causado por los residuos sólidos, aun así no es el más reconocido. Este efecto es producido por el vertido directo de la basura en los cuerpos hídricos o por la existencia de basureros clandestinos cerca de estos. Esto produce malos olores, proliferación de bacterias en el agua potable, peces muertos e incluso disminución en los cauces de los recursos hídricos.
- Basureros clandestinos en áreas pobladas: produce contaminación visual por la falta de estética en cualquier lugar que se encuentren localizados.
- Vertederos a cielo abierto o basureros clandestinos: causan también contaminación en el aire deteriorando la calidad del aire, produce malos

olores e incluso enfermedades debido a los desechos que se encuentran en este lugar.

- La presencia de desechos sólidos en el suelo produce que estos se conviertan en suelos infértiles e inapropiados para el cultivo.

### **1.8.1. Contaminación de los recursos naturales**

Los recursos naturales se ven gravemente afectados por el mal manejo de los residuos sólidos; se encuentran divididos en tres sistemas:

#### **1.8.1.1. Sistema hídrico**

El sistema hídrico se encarga de las fuentes de abastecimiento de agua tanto superficial como subterránea, modelación de acuíferos y la contaminación de aguas.

En cuanto a la contaminación de este sistema, es producida cuando un cuerpo de agua se ve afectado por cualquier tipo de contaminante ya sea directa o indirectamente y se define como la acumulación de sustancias o agentes ajenos al agua que causa un desequilibrio en los seres vivos que incluye a las personas que les provoca enfermedades.

Los residuos sólidos son unos de los mayores causantes de la contaminación hídrica, ya que estos son desechados de forma desmedida e inadecuada en los cuerpos de agua y alteran el ciclo del agua. Toda agua contaminada afecta la salud tanto de quienes están en contacto con ella y sobre todo de quienes la beben. Esto influye tanto en el desarrollo de los fetos, como en la generación de enfermedades.

### **1.8.1.2. Sistema edáfico**

La edafología estudia todos los procesos relacionados con la génesis, estructura, evolución y dinámica del suelo. La física, química y biología son ramas teóricas que son aplicadas dentro de esta ciencia.

En el estudio del sistema edáfico se debe considerar la contaminación del suelo, la cual es considerada como la degradación de la calidad del suelo debido a la actividad humana y presencia de sustancias químicas, que afectan al planeta tanto a las plantas, como animales y salud humana.

Dentro de las causas más comunes de la contaminación del suelo se encuentra el uso inadecuado de la eliminación de los desechos sólidos, siendo estos arrojados en el suelo de una forma desmedida y las filtraciones de los rellenos sanitarios debido a rupturas que sufren algunos de estos debido al descontrol de estos. La presencia de desechos sólidos supone efectos totalmente nocivos para el hombre, la vegetación y la fauna, las cuales van dependiendo del tipo de desecho que afecte a este mismo; pero de estos el que se encuentra mayormente afectado es la vegetación, ya que la lleva a la degradación y reducción de especies. Otra de las consecuencias en el suelo es la pérdida de su valor debido a los daños que estos sufren y la recuperación que esta supone.

La precipitación ácida es otra forma de contaminación de los suelos, debido a la liberación de diversos elementos químicos que afectan al desarrollo y estructura normal del suelo, este tipo de precipitación es una de las consecuencias de la contaminación atmosférica, producida por emisiones contaminantes: fábricas y automóviles.

### **1.8.1.3. Sistema lítico**

El sistema lítico es aquel que se refiere al estudio de las rocas y minerales, tanto su estructura como de su contaminación, la cual se produce en las actividades de exploración o explotación.

## **1.9. Ciclo de los desechos sólidos domiciliarios**

El ciclo es descrito como la serie de estados por las que pasa un objeto o acontecimiento que suceden en un orden específico, los cuales al repetirse se realizan en el mismo orden. Con base en lo previamente descrito, se determina que los desechos sólidos tienen su propio ciclo, el cual es semejante al del agua; pasa por diversas fases que regresan por donde se empezó. Este ciclo se compone de dos fases: generación y gestión.

### **1.9.1. Generación de desechos sólidos domiciliarios**

La generación es la fase en la cual se desechan todos los materiales no deseados e inservibles para la persona, los cuales varían de las actividades de las personas.

### **1.9.2. Gestión de los desechos sólidos domiciliarios**

La gestión de los desechos sólidos es el conjunto de procesos que le proporcionan una disposición final a los desechos sólidos domiciliarios. Los procesos que abarcan la gestión de los desechos sólidos son:

- Pre recolección: este proceso consiste en la recolección y separación de los residuos sólidos en el lugar que fueron originados.

- **Recolección:** es la actividad que consiste en retirar los residuos sólidos del lugar donde fueron generados.
- **Transporte:** es el proceso en el cual los residuos sólidos son alejados de la zona de la cual son generados, para luego ser tratados o reciclados. Esta actividad es realizada usualmente por la municipalidad, dado que es el servicio por el cual pagan los habitantes mensualmente o anualmente.
- **Tratamiento:** en esta actividad se encuentran la separación, el procesamiento y la transformación de los residuos sólidos, los cuales se realizan en instalaciones especiales que pasan por diversos procesos.
- **Disposición final:** es el lugar en el cual finaliza el ciclo de los residuos sólidos, ya sea por tratamientos intermedios o vertederos controlados.

## **2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA POBLACIÓN**

### **2.1. Monografía**

El nombre del municipio de El Tejar es proveniente de las tejas que son elaboradas en el lugar; este municipio también es conocido como 'la tierra de las artesanías de barro'. Es el principal lugar de la industria del barro, de las cuales la teja es la más comercializada.

### **2.2. Aspectos físicos del municipio de El Tejar**

El Tejar es un municipio de Chimaltenango. Su ubicación geográfica cuenta con las coordenadas de latitud 14° 38' 45" y longitud 90° 47' 30". Se encuentra a 1 765 msnm. El municipio se encuentra a 48 kilómetros de la ciudad de Guatemala y a 5 kilómetros de la cabecera departamental de Chimaltenango. Las colindancias de El Tejar son las siguientes:

- Norte: cabecera del municipio de Chimaltenango y Santo Domingo Xenacoj, Sacatepéquez.
- Este: Santo Domingo Xenacoj, Sacatepéquez.
- Oeste: cabecera del municipio de Chimaltenango.
- Sur: Parramos, Chimaltenango y Pastores, Sacatepéquez.

### 2.2.1. Ubicación geográfica

El municipio se encuentra conformado por 50 lugares, distribuidos en aldeas, cantones y sectores. A la vez se divide en 6 regiones:

- Región I: zona 1
- Región II: zona 2
- Región III: zona 3
- Región IV: zona 4, que conforman el casco urbano
- Región V: aldea Santo Domingo El Rosario
- Región VI: aldea San Miguel Morazán

Figura 6. **Ubicación geográfica del municipio de El Tejar en Guatemala**



Fuente: Google Maps. <https://www.google.com/maps/@16.1687818,-92.3043747,6z> .Consulta: 4 de junio de 2018.

Figura 7. **Ubicación del municipio de El Tejar en el departamento de Chimaltenango**



Fuente: elaboración propia.

Figura 8. **Mapa del municipio de El Tejar, Chimaltenango**



Fuente: Google Maps. <https://www.google.com/maps/@14.5035396,-90.86306,15z> .Consulta:

24 de julio de 2018

### **2.2.2. Topografía**

El terreno del municipio de El Tejar posee pendientes suaves. La topografía en su mayor parte es plana con variaciones; sin embargo, sus tierras son aptas para cultivos y en gran parte su suelo es arcilloso, lo cual produce el barro para la producción de los elementos de los cuales el municipio es industria.

### **2.2.3. Demografía**

La población obedece a un patrón de crecimiento, el municipio tiene una extensión territorial de 144 km<sup>2</sup> y una población de 31 188 habitantes proyectados para el año 2 018 según INE, con 51 % de mujeres y 49 % de hombres, y la mayoría pertenece a la etnia ladina, sin embargo, hay pueblos mayas, kaqchikel y k'iche. La mayoría de la población del municipio es infantil y joven. La diferencia entre hombres y mujeres es mínima.

El municipio es mayormente urbano, la cual se encuentra en su mayoría en la carretera Interamericana, con gran presencia industrial y comercial. El crecimiento demográfico y urbanización se debe a tres factores:

- La carretera Interamericana.
- El Tejar proviene de la cabecera departamental.
- Presencia de industrias debido que poseen una rápida accesibilidad a la capital del país.

Los idiomas que son utilizados en el municipio, son el castellano en 95 % y el otro 5 % es kaqchikel. En el municipio la pobreza es un problema presentado: bajos ingresos, nivel bajo de educación o condiciones de salud. Sin embargo, es uno de los municipios de Chimaltenango con menos presencia de pobreza.

#### 2.2.4. Clima

Debido a su ubicación geográfica, el municipio cuenta con un microclima que es generalmente templado y frío. Para la descripción apropiada de su clima se tiene la información de la estación meteorológica más cerca del municipio, la cual es Alameda ICTA, ubicada en el municipio de Chimaltenango con coordenadas latitud 143,803 y longitud 904,812, la cual proporciona la siguiente información:

Tabla V. Información de la estación meteorológica

Información meteorológica	
Temperatura máxima	24,7°C
Temperatura mínima	11,5°C
Precipitación	1 684,8 mm
Días de precipitación	60 días
Nubosidad	7 octas
Velocidad del viento	7,7 km/h
Dirección del viento	SUR
Temperatura máxima absoluta	29,6°C
Temperatura mínima absoluta	2,4°C

Fuente: Estación meteorológica Alameda Icta.

<http://www.insivumeh.gob.gt/estaciones/CHIMALTENANGO/ALAMEDA%20ICTA%20PARAMETROS.htm>. Consulta: 24 de julio de 2018.

#### 2.2.5. Hidrografía

En cuanto a la hidrografía del municipio, existen varios nacimientos de agua, de los cuales la municipalidad es la propietaria. Los nacimientos son utilizados para el riego de cultivos. Existen otros accidentes hidrográficos: los ríos Guacalate y Motagua y algunos riachuelos.

### **2.2.6. Economía**

El Tejar es un municipio que forma parte de la zona agroindustrial, hay una gran presencia de maquilas, la cual es una de las principales fuentes de ingreso, abundancia de comercio formal. Hay un leve aporte del sector de construcción en la economía del municipio y hay un gran porcentaje de la actividad de restaurantes y hotelería.

Los habitantes de la población que poseen una mejor economía poseen tierras, las cuales dan en arrendamiento a los agricultores, lo cual es desarrollado en la parte norte del municipio. Los granos básicos y hortalizas representan la actividad agrícola.

Este municipio posee una alta industria artesanal, que se caracteriza en la fabricación de tejas y otros materiales de barro. Se encuentran 80 ladrilleras lo cual aporta en gran cantidad a la economía local.

Según el plan de desarrollo de El Tejar, Chimaltenango del 2010, el municipio cuenta con un mercado municipal que funciona todos los días, el cual es sobrepasado por su capacidad por lo cual se encuentran ventas en las afueras de este y otras en ubicaciones distintas del municipio.

### **2.2.7. Servicios básicos**

El municipio cubre los servicios básicos en la mayor parte de su territorio, tal y como se describe a continuación.

### 2.2.7.1. Drenaje

En cuanto al servicio de drenaje proporcionado en el municipio de El Tejar, se puede determinar que cubre aproximadamente un 98 % de las viviendas, ya sea servicio de alcantarillado o una pequeña cantidad de viviendas que aún posee letrina o pozo ciego como servicio de drenaje.

Tabla VI. Tipo de servicio de drenaje

Tipo de servicio	No. de hogares	% de hogares
Viviendas con servicio sanitario	2 723	98,84
Viviendas que no disponen de servicio sanitario	32	1,16
Viviendas con servicio sanitario de uso exclusivo conectado a red de drenaje	2 302	83,56
Viviendas con servicio sanitario de uso exclusivo conectado a fosa séptica	100	3,63
Viviendas con servicio sanitario de uso exclusivo excusado lavable	24	0,87
Viviendas con servicio sanitario de uso exclusivo letrina o pozo ciego	290	10,53
Viviendas con servicio sanitario de uso compartido conectado a red de drenaje	7	0,25
Total de hogares	2 755	100

Fuente: Consejo Municipal de Desarrollo del municipio de El Tejar y Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. *Plan de desarrollo El Tejar, Chimaltenango 2010*. p. 38.

En relación con las aguas residuales, lamentablemente las ubicaciones de estos focos de contaminación están en los alrededores de los nacimientos de aguas, que provocan contaminación en agua para riego y consumo humano, generando plagas y enfermedades. Los más perjudicados son: San Miguel, El Zapotillo, la finca y aldea Santo Domingo.

### 2.2.7.2. Agua potable

El municipio cuenta con el servicio de agua potable es considerado bueno, a través de 8 pozos mecánicos y tanques de distribución. En el área rural cuenta con nacimientos de agua. El municipio cuenta con 3 244 conexiones de agua potable según el plan de desarrollo y aproximadamente el 90 % de los hogares cuenta con chorro exclusivo en su vivienda.

Tabla VII. Cobertura de servicio de agua potable

Tipo de servicio de agua	No. de hogares	% de hogares
Chorro exclusivo	2 473	89,76
Chorro varios hogares	7	0,25
Chorro público	93	3,38
Pozo	109	3,96
Camión o tonel	10	0,36
Río, lago o manantial	11	0,40
Otro tipo	52	1,89
Total de hogares	2 755	100

Fuente: Consejo Municipal de Desarrollo del municipio de El Tejar y Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. *Plan de desarrollo municipal de El Tejar Chimaltenango* 2010. p. 38.

### 2.2.7.3. Energía eléctrica

Según el plan de desarrollo de este municipio, se cuenta con el 95 % del servicio de energía eléctrica, el cual es brindado por ENERGUATE; cubre tanto las áreas urbana y rural.

Tabla VIII. Cobertura de energía eléctrica

Municipio y lugar poblado	Hogares	%	% hogares eléctrico	% hogares panel solar	% hogares gas corriente	% hogares candela
El Tejar	2 755	100	95,4	0,1	0,1	4,1
El Tejar	1 298	47,1	45,8	0,07	0,036	1,1
San Miguel Morazán	437	15,8	14,1	0,1	0,036	1,5
Santo Domingo El Rosario	413	14,9	14	0	0,073	0,8
La Pinada I	31	1,1	1,1	0	0	0
20 de Octubre	422	15,3	15,2	0	0	0
Patricia de Arzú	72	2,6	2,2	0	0	0,3
Bella Vista	64	2,3	2,1	0	0	0,2
El Carmen	16	0,5	0,5	0	0	0
Población Dispersa	2	0,07	0,0	0	0	0

Fuente: Consejo Municipal de Desarrollo del municipio de El Tejar y Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. *Plan de desarrollo municipal de El Tejar Chimaltenango 2010*. p. 40.

#### 2.2.7.4. Sistema de recolección de basura

El tren de aseo del municipio solo cubre un 75 % de la demanda para la eliminación de los desechos sólidos; un buen porcentaje. Sin embargo, el 25 % que no es cubierto, genera alteraciones en los sistemas ambientales y la existencia de botaderos a cielo abierto en el lugar. De todas las aldeas que conforman el municipio, Santo Domingo El Rosario es la más vulnerable debido a que en esta área se encuentran los nacimientos de agua que proveen de agua al municipio y a otras partes del país.

Tabla IX. **Formas de eliminación de basura**

<b>Eliminación de basura</b>	<b>No. de viviendas</b>	<b>%</b>
Viviendas que usan servicio municipal de eliminación de basura	2 054	74,56
Viviendas que usan servicio privado de eliminación de basura	27	0,98
Viviendas que queman la basura	320	11,62
Viviendas que tiran la basura en cualquier lugar	173	6,28
Viviendas que entierran la basura	102	3,70
Viviendas que utilizan otra forma de eliminación de basura	79	2,87

Fuente: Consejo Municipal de Desarrollo del municipio de El Tejar y Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. *Plan de desarrollo municipal de El Tejar Chimaltenango 2010*. p. 39.

#### **2.2.7.5. Vías de acceso**

El Tejar se encuentra ubicado en la carretera Interamericana CA-1 al oeste-noroeste, aproximadamente a 5 km de la cabecera departamental de Chimaltenango. Además, tiene caminos, roderas y veredas que unen a sus poblados y propiedades rurales entre sí y con los municipios adyacentes.

#### **2.2.8. Dimensión ambiental**

El municipio posee una alta riqueza ambiental, se describe de la siguiente manera:

##### **2.2.8.1. Recursos naturales**

Los recursos naturales constituyen un bien común y para todos. La utilización de este recurso es de vital importancia puesto que son recursos finitos.

El manejo sostenible y sustentable favorece la preservación de estos para futuras generaciones. El suelo, el agua, la cobertura forestal, entre otros, son recursos que pueden explotarse en forma racional.

#### **2.2.8.2. Suelos**

Según el asesor técnico en suelos, Charles Simmons del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y de la IAN (Administración de Cooperación Internacional al Instituto Agropecuario Nacional), es un suelo de la altiplanicie central (II): suelos profundos desarrollados sobre ceniza volcánica de color claro (tipo A), por lo tanto, se dice que el suelo de El Tejar Chimaltenango entra en la clasificación IIA.

El suelo posee un relieve suavemente inclinado (1 % a 5 %) y un drenaje interno muy rápido a través de él, pero una muy baja capacidad de abastecimiento de humedad. El suelo superficial presenta un color café oscuro con una textura franco-limosa friable con un espesor de 30 cm a 50 cm. El subsuelo es de color café oscuro a muy oscuro, con consistencia friable y franco limosa, con un espesor de 50 cm a 100 cm.

Este suelo también tiene el peligro de erosión muy alto, se considera un suelo franco arcilloso. La zona es especial para la protección forestal, pero cultivan variedad de granos básicos: hortalizas, zanahorias y tomate.

#### **2.2.8.3. Flora y fauna**

En el municipio de El Tejar Chimaltenango existen muchas montañas en las cuales se puede encontrar árboles latifoliados, de los cuales se extrae las maderas para construcción y maderas finales tales como: ciprés, pino, entre

otros. Por la misma deforestación del municipio no se encuentran muchas especies de animales en el territorio.

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

#### **3.1. Vertederos clandestinos**

Los vertederos clandestinos son aquellos ubicados tanto en áreas públicas, como privadas, estos comienzan con un volumen pequeño de residuos sólidos que luego aumentan de una manera desconsiderada por falta de control de parte de las autoridades encargadas. Se dice que existen más de 1 000 basureros clandestinos en el país.

Existen diversos factores en su aumento desmedido como la falta de cobertura de las municipalidades en el servicio de recolección de basura, dado que no llevan el control del aumento de la población. Otro de los factores es la falta de educación ambiental, la cual debe ser brindada en los centros educativos y en el hogar.

#### **3.2. Vertedero a cielo abierto**

El botadero o vertedero de basura se considera como una práctica de disposición final, es una de las más antiguas usadas por los hombres con el fin de reducir los desechos sólidos, en el cual son abandonados sin aplicar alguna técnica de separación o tratamiento y son creados sin criterios técnicos o ambientales; debido a estas razones, son uno de los lugares que mayor contaminación producen en el ambiente.

Los vertederos a cielo abierto son el mejor hábitat de los vectores biológicos; estos son los transmisores de múltiples enfermedades, que ponen en

peligro tanto la seguridad como la salud de las personas que habitan cerca de estas zonas, por ello se considera como una práctica muy irresponsable que perjudica al desarrollo de un lugar.

Figura 9. **Vertedero a cielo abierto**



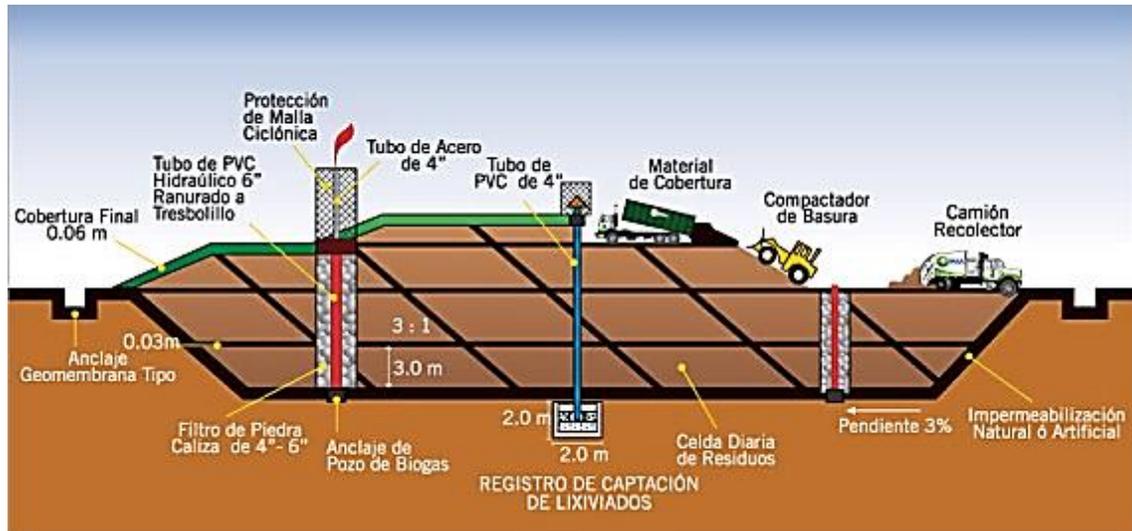
Fuente: *Los basurales a cielo abierto siguen siendo la opción más usada del país.*

<https://planetavivo.cienradios.com/los-basurales-a-cielo-abierto-siguen-siendo-la-opcion-mas-usada-en-el-pais/>. Consulta: 8 de julio de 2018.

### **3.3. Relleno sanitario**

Un relleno sanitario es una obra ingenieril con el fin de brindarle una disposición final a los residuos sólidos de una forma responsable, la cual no afecta ni al ambiente, ni a la salud de la población. Para la realización de este se precisa de una correcta impermeabilización acorde con el terreno donde se encuentra localizado.

Figura 10. Ejemplo de relleno sanitario con sus componentes



Fuente: *Los rellenos sanitarios*. <https://ambientalblog2010.wordpress.com/2010/12/07/los-rellenos-sanitarios/>. Consulta: 8 de julio de 2018.

Los conceptos de suma importancia sobre los rellenos sanitarios son los siguientes:

- **Celda diaria de residuos:** contiene la materia depositada en un día, incluye tanto los residuos sólidos como el material de cobertura que impide la proliferación de olores o vectores biológicos.
- **Berma o terraza:** se definen como las terrazas usualmente utilizadas cuando el vertedero alcanza una altura estable y mantener la altura de este. Otro de sus usos comunes es para la ubicación de canales de drenaje o de recuperación de gas.

- Impermeabilización natural o artificial: esta puede ser de dos tipos, ya sea natural o artificial, son utilizadas para recubrir el fondo para evitar la migración del gas al ambiente.
- Lixiviado: se entiende por el líquido producido por la humedad causada por los residuos y cuando el agua procedente de la escorrentía superficial o lluvia se pone en contacto con estos y se convierte en un líquido contaminante.
- Existen ciertos principios básicos tanto para el uso como para la construcción de un relleno sanitario:
- La existencia de una persona responsable encargada de la supervisión constante.
- El recubrimiento diario de material sobre los desechos sólidos.
- La altura de la celda debe encontrarse entre 1 y 1,5 m.
- No se debe permitir el ingreso de aguas de escorrentía en el relleno sanitario.
- La compactación de los desechos sólidos se realiza en capas de 20 a 30 cm, de esto depende el éxito en el trabajo diario de estos.
- Control de drenaje y control de gases y percolados a fin de obtener mejores condiciones de operación.

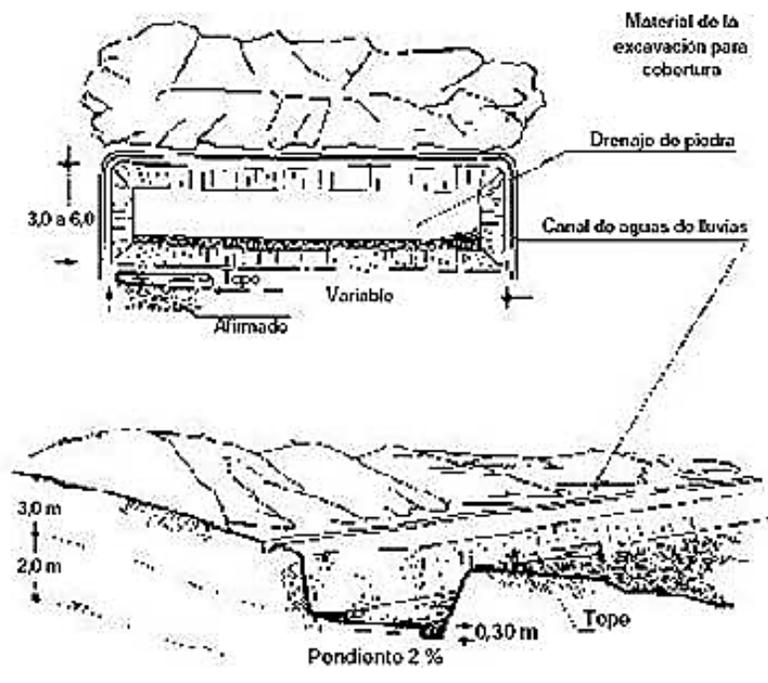
### 3.3.1. Métodos de relleno sanitario

Para la construcción de los rellenos sanitarios existen dos métodos para su elaboración:

#### 3.3.1.1. Método de trinchera o zanja

Cuando se cuenta con regiones o superficies planas, este es el método más indicado. En la figura 11 se puede observar como es el relleno sanitario construido por este método.

Figura 11. Método de trinchera para construir un relleno sanitario



Fuente: *Relleno sanitario*.

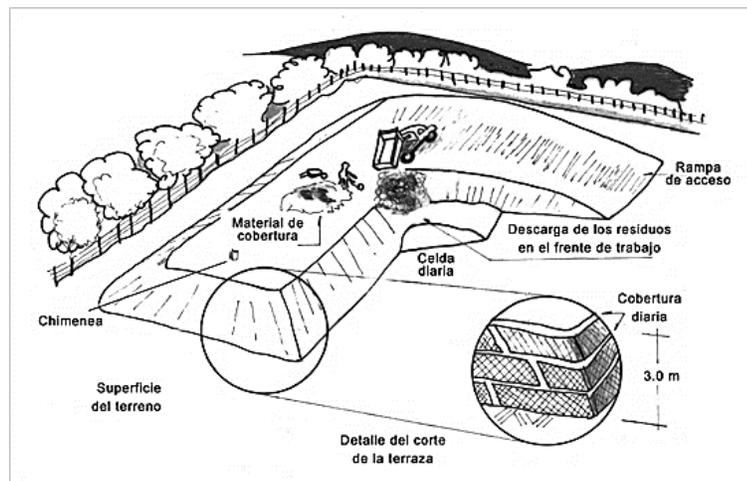
<http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/curso/relleno/capitulo2.html>. Consulta: 13 de agosto de 2018.

Este método consiste en cavar zanjas de 2 o 3 metros de profundidad con la maquinaria necesaria para realizar esta acción, o de trincheras de 7 metros de profundidad, en estos lugares se depositan los desechos sólidos, para luego ser cubiertos por el material que fue extraído previamente y luego ser compactados. Este método no es adecuado para lugares con alto nivel freático debido a que puede causar la contaminación del acuífero.

### 3.3.1.2. Método de área

El método de área es el más indicado cuando en el lugar donde serán depositados los desechos sólidos no es factible excavar; por lo tanto, pueden ser depositados de forma directa sobre el suelo; a su vez, también, se busca estabilizar el suelo para evitar posibles deslizamientos.

Figura 12. Método de área para la construcción de relleno sanitario



Fuente: *Relleno sanitario*.

<http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/curso/relleno/capitulo2.html>. Consulta: 13 de agosto de 2018.

Otra manera muy común de aplicar este método es depositando lo desechos sólidos en las depresiones naturales abandonadas con cierta profundidad. Para este método luego de depositar los desechos sólidos diariamente se cubre con una capa de suelo de 10 a 20 cm, preservando una pendiente suave de 30 grados de talud.

### **3.3.2. Tipos de relleno sanitario**

Los rellenos sanitarios según su uso se pueden clasificar en: manual, mecanizado y semimecanizado.

#### **3.3.2.1. Relleno sanitario manual**

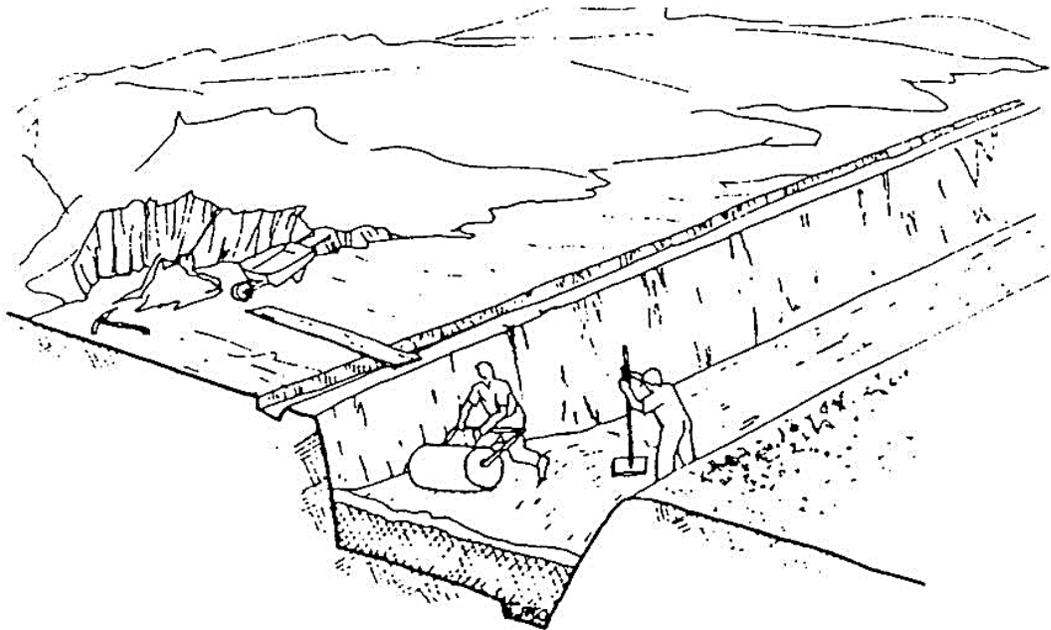
El relleno sanitario manual es aquel utilizado para las poblaciones pequeñas que producen 20 toneladas por día. Este es también un sistema adecuado para las malas condiciones económicas, debido a que los rellenos sanitarios tienen altos costos de operación y mantenimiento.

Se dice que es manual ya que tanto el confinamiento como la compactación de los desechos sólidos depositados en este pueden ser realizados por personas con la ayuda de herramientas. En este tipo de relleno sanitario únicamente se utiliza maquinaria para la adecuación del sitio y la construcción del este. Pese a que es una pequeña obra, debe ser tratado como un proyecto de ingeniería y debe ser planificado de la manera correcta, y para su realización debe contar con la asesoría de un ingeniero sanitario.

El relleno sanitario debe encontrarse como máximo a 30 minutos de ida y regreso de los lugares de donde es recolectada la basura, con el fin de obtener mayor supervisión y vigilancia y no generar mayores gastos. A su vez debe estar

cerca de alguna vía principal y que sea de fácil acceso. Una vez se tiene una buena ubicación de este se deben realizar los estudios pertinentes para determinar si el lugar es adecuado para su construcción.

Figura 13. **Relleno sanitario manual**



Fuente: *Relleno sanitario*. <http://relleno.galeon.com/manejo.html>. Consulta: 18 de agosto de 2018.

### **3.3.2.2. Relleno sanitario semimecanizado**

Este tipo de relleno sanitario es utilizado cuando se producen de 16 a 40 toneladas por día de residuos sólidos, se utiliza maquinaria como apoyo al trabajo manual y de esta manera obtener una buena compactación de basura.

### **3.3.2.3. Relleno sanitario mecanizado**

Los rellenos sanitarios mecanizados son aquellos ubicados en las ciudades con gran cantidad de población son aptos para ciudades que producen más de 40 toneladas por día. Este tipo de rellenos demanda altos costos de ejecución y mantenimiento, ya que es un proyecto ingenieril con gran complejidad; sin embargo, todo depende las condiciones del lugar donde será ubicado el relleno sanitario. Este tipo de relleno no es posible realizarlo por personas, se requiere de un compactador y un equipo especial para el movimiento de tierras.

### **3.4. Reciclaje**

El reciclaje es toda aquella acción o proceso en el cual se reincorporan los materiales en el consumo humano, con el fin de reducir los desechos sólidos producidos y a su vez ser de beneficio para el ambiente. En las acciones que implica el reciclaje están:

- Separación y recolección de materiales residuales.
- Preparación de los materiales para la reutilización, procesamiento y transformación en nuevos productos para el consumo.
- Reutilización, reprocesamiento y nueva fabricación de productos.

Los materiales que pueden ser reutilizados son:

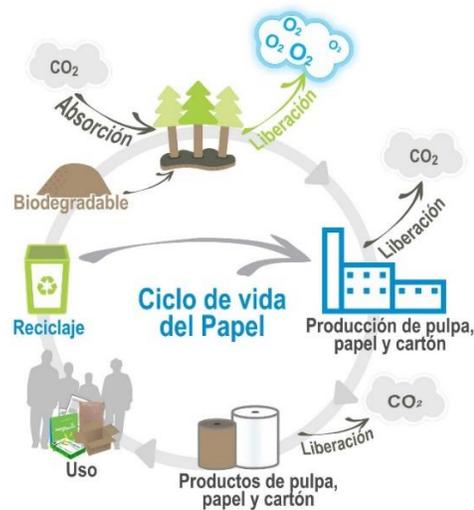
- Papel
- Plásticos
- Vidrio
- Aluminio

### 3.4.1. Reciclaje de papel

El papel es considerado como uno de los materiales con mayor potencial para ser reciclados, y a su vez el más conocido para esta acción; este suele ser separado desde los hogares por las mismas personas que lo producen. La elaboración del papel posee graves impactos ambientales para obtener el blanqueado de las hojas.

Uno de los aspectos más importantes a conocer sobre el reciclaje del papel es que no debe ser mezclado con el sucio o cualquier otro tipo de papel: aluminio, engomado, plastificado, entre otros.

Figura 14. Reciclaje del papel



Fuente: *Reciclaje del papel.*

<https://resources.smurfitkappa.com/vHome/co/AboutUs/WhatWeDo/Recycling/ClosedLoopRecycling/Paginas/Default.aspx>. Consulta: 10 de agosto de 2018.

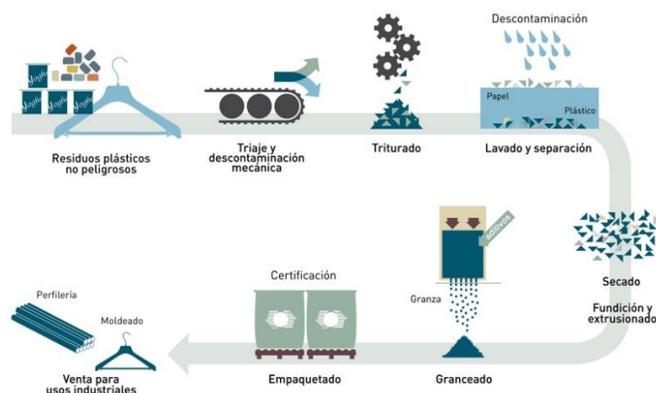
El reciclaje del papel trae consigo muchas ventajas:

- Reducción de la tala de 10 a 12 árboles por cada tonelada de papel reciclado.
- Materia prima de bajo costo.
- Disminución significativa de contaminantes.
- Se reduce el consumo tanto de energía como de agua.

### 3.4.2. Reciclaje de plásticos

El reciclaje de los plásticos puede ser realizado por medio de dos métodos: mecánico, en la cual se utiliza solo prensado y embalado y solo pueden ser recuperados los termoplásticos; y químico, que como lo dice el nombre, son descompuestos por procesos químicos y se utilizan como materias primas. Este tipo de reciclaje es de suma importancia para el ambiente dado que disminuye el impacto ambiental.

Figura 15. Procedimiento del reciclaje del plástico



Fuente: *El proceso del reciclaje del plástico*. <http://gestionderesiduosonline.com/el-complejo-proceso-del-reciclaje-del-plastico/>. Consulta: 12 de agosto de 2018.

Los plásticos se clasifican según su comportamiento bajo ciertos factores: termoestables y termoplásticos.

- Termoplásticos: son aquellos que son frágiles, por lo tanto, son fáciles de reciclar, dado que cambian cuando se someten a cambios de temperatura.
- Termoestables: este tipo de plásticos son duros, no fluyen ante el cambio de temperatura, los cambios que sufren son irreversibles.

### **3.4.3. Reciclaje de vidrio**

El reciclaje del vidrio consiste en fundir a elevadas temperaturas el vidrio para hacer nuevo y de esta manera ahorrar energía. Se estima que una botella de vidrio se reutiliza de 40 a 60 veces. De las ventajas de este tipo de reciclaje se encuentran:

- Disminuye el impacto ambiental
- Es posible moldearlo y grabarlo
- Es un material 100 % reciclable
- Reducción de los residuos sólidos en los vertederos y rellenos sanitarios

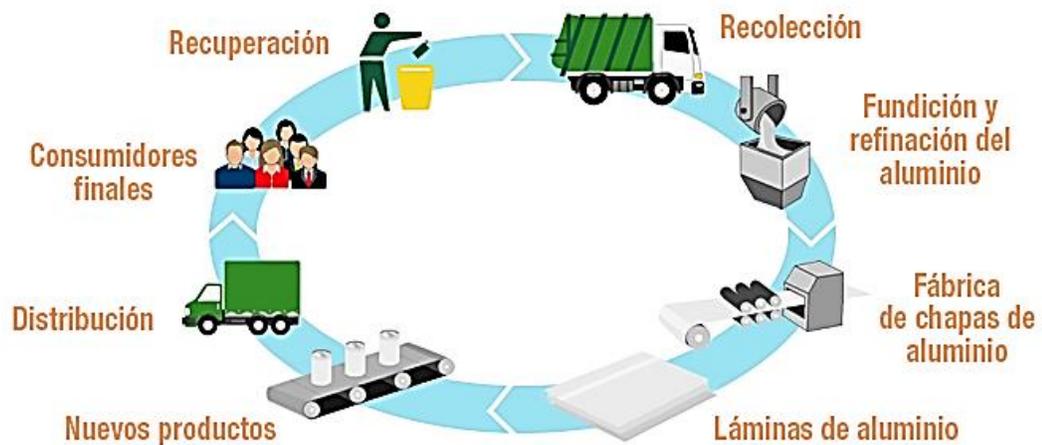
### **3.4.4. Reciclaje de aluminio**

El aluminio es utilizado para diversos materiales y a su vez es utilizado como aislante. Este material es considerado como uno de los materiales más reciclados debido a su popularidad y tiene un interés económico.

Para este proceso se requieren cuatro procesos:

- Triturado y eliminación de impurezas
- Lavado y secado para eliminar cualquier resto de humedad
- Se funden las virutas de aluminio
- Se fabrican los nuevos productos de aluminio reciclado

Figura 16. **Reciclaje de aluminio**



Fuente: *Cómo reciclar el aluminio*. <http://www.hidronor.cl/como-reutilizar-el-aluminio/>. Consulta: 12 de agosto de 2018.

### 3.5. **Compostaje**

Es el reciclaje de residuos sólidos orgánicos; consiste en su descomposición controlada, el cual es útil como abono. Existen diversos métodos de compostaje:

- Compostaje en pilas estáticas: este tipo de compostaje consiste en apilar los residuos orgánicos en un lugar específico sin control alguno más que el de aireación de manera natural.

- Compostaje en pilas de volteo: en este método se colocan los residuos sólidos en pilas alargadas al aire libre, las cuales se van movilizand o cada cierto tiempo de manera mecánica o manual.
- Compostaje en pilas estáticas con aireación: este tipo de compostaje es similar al anterior con la diferencia que la aireación no necesita de un volteo y puede ser realizado de forma pasiva.
- Compostaje en biodigestores: este tipo de compostaje se realiza en un contenedor cerrado a base de un proceso aeróbico.

El compostaje posee muchas ventajas:

- Aumenta el contenido de materia orgánica en el suelo
- Aumenta la resistencia de las plantas
- Ayuda a la retención de agua en el suelo
- Brinda consistencia a los suelos
- Es un abono que no posee químicos que dañen al medio ambiente

## **4. MARCO LEGAL PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

### **4.1. Marco jurídico institucional**

En la legislación de Guatemala hay vigentes múltiples normas y leyes las cuales se encuentran vinculadas con el ciclo de los desechos sólidos, desde su recolección hasta su disposición final, con el fin de evitar la contaminación del país y así reducir los daños que producen en el ser humano y su entorno.

Existen instituciones directamente encargadas de velar todo lo relacionado con el tema ambiental:

- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP)
- Instituto Nacional de Bosques (INAB)
- Ministerio de Salud y Asistencia Social
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación

Por otro lado, también existen las instituciones relacionadas indirectamente con el tema ambiental:

- Inguat
- Ministerio de Relaciones Exteriores (MIN-REX)
- Corporaciones municipales
- Comisión Nacional de Manejo de Cuencas

- entre otros.

En el siguiente capítulo serán detalladas las instituciones mencionadas previamente, así como el marco legal que rige el manejo de los desechos sólidos en el país.

#### **4.2. Constitución Política de la República de Guatemala**

La Constitución Política de la República de Guatemala posee 280 artículos, dentro de los cuales se encuentran artículos destinados a la protección de los recursos naturales y su conservación, con el fin de obtener un entorno adecuado para los habitantes del país. Estos artículos son de interés de estudio dado que son directamente relacionados con la caracterización de los desechos sólidos, debido a que dicha acción afecta tanto a la población, como a su entorno. Los artículos de la constitución relacionados con este trabajo de graduación son los siguientes:

**Artículo 61. Protección al patrimonio cultural.** Los sitios arqueológicos, conjuntos monumentales y el Centro Cultural de Guatemala, recibirán atención especial del Estado, con el propósito de preservar sus características y resguardar su valor histórico y bienes culturales. Estarán sometidos a régimen especial de conservación el Parque Nacional Tikal, el Parque Arqueológico de Quiriguá y la ciudad de Antigua Guatemala, por haber sido declarados Patrimonio Mundial, así como aquéllos que adquiera n similar reconocimiento.

**Artículo 64. Patrimonio natural.** Se declara de interés nacional la conservación, protección y mejoramiento del patrimonio natural de la Nación. El Estado fomentará la creación de parques nacionales, reservas y refugios naturales, los cuales son inalienables. Una ley garantizará su protección y la de la fauna y la flora que en ellos exista.

**Artículo 93. Derecho a la salud.** El goce de la salud es derecho fundamental del ser humano, sin discriminación alguna.

**Artículo 94. Obligación del Estado, sobre salud y asistencia social.** El Estado velará por la salud y la asistencia social de todos los habitantes. Desarrollará, a través de sus instituciones, acciones de prevención, promoción, recuperación,

rehabilitación, coordinación y las complementarias pertinentes a fin de procurarles el más completo bienestar físico, mental y social.

**Artículo 95. La salud, bien público.** La salud de los habitantes de la nación es un bien público. Todas las personas e instituciones están obligadas a velar por su conservación y restablecimiento.

**Artículo 97. Medio ambiente y equilibrio ecológico.** El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación.

**Artículo 126. Reforestación.** Se declara de urgencia nacional y de interés social, la reforestación del país y la conservación de los bosques. La ley determinará la forma y requisitos para la explotación racional de los recursos forestales y su renovación, incluyendo las resinas, gomas, productos vegetales silvestres no cultivados y demás productos similares, y fomentará su industrialización. La explotación de todos estos recursos, corresponderá exclusivamente a personas guatemaltecas, individuales o jurídicas. Los bosques y la vegetación en las riberas de los ríos y lagos, y en las cercanías de las fuentes de aguas, gozarán de especial protección.

**Artículo 127. Régimen de aguas.** Todas las aguas son bienes de dominio público, inalienables e imprescriptibles. Su aprovechamiento, uso y goce, se otorgan en la forma establecida por la ley, de acuerdo con el interés social. Una ley específica regulará esta materia.

**Artículo 128. Aprovechamiento de aguas, lagos y ríos.** El aprovechamiento de las aguas de los lagos y de los ríos, para fines agrícolas, agropecuarios, turísticos o de cualquier otra naturaleza, que contribuya al desarrollo de la economía nacional, está al servicio de la comunidad y no de persona particular alguna, pero los usuarios están obligados a reforestar las riberas y los cauces correspondientes, así como a facilitar las vías de acceso.<sup>7</sup>

### 4.3. Acuerdos, leyes y decretos gubernativos y legislativos

El Congreso de la República de Guatemala ha instituido acuerdos, leyes y decretos para los desechos sólidos con el fin de mejorar la calidad de vida de los seres vivos.

---

<sup>7</sup> Asamblea Nacional Constituyente. *Constitución Política de la República de Guatemala*. p. 12-28.

#### **4.3.1. Ley de protección y mejoramiento del ambiente (Decreto No. 68-86)**

Esta ley que se encuentra detallada en el Decreto No. 68-86 del Congreso de la República de Guatemala; en pocas palabras, describe todos los artículos que velan por la protección de los recursos naturales y el medio ambiente en general, dado que ha alcanzado niveles altamente críticos en su deterioro, lo cuales tienen efectos directos e indirectos en la vida de los seres vivos y su entorno. Este decreto posee 42 artículos, dentro de los cuales los más importantes y destacados son:

**Artículo 1.** El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional, propiciarán el desarrollo social, económico, científico y tecnológico que prevenga la contaminación del medio ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Por lo tanto, la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, suelo, subsuelo y el agua, deberán realizarse racionalmente.

**Artículo 3.** El Estado destinará los recursos técnicos y financieros para el funcionamiento de la Comisión Nacional del Medio Ambiente.

**Artículo 4.** El Estado velará porque la planificación del desarrollo nacional sea compatible con la necesidad de proteger, conservar y mejorar el medio ambiente.

**Artículo 7.** Se prohíbe la introducción al país, por cualquier vía, de excrementos humanos o animales, basuras domiciliarias o municipales y sus derivados, cienos o lodos cloacales, tratados o no, así como desechos tóxicos provenientes de procesos industriales, que contengan sustancias que puedan infectar, contaminar y/o degradar al medio ambiente y poner en peligro la vida y la salud de los habitantes, incluyendo entre él las mezclas o combinaciones químicas, restos de metales pesados, residuos de materiales radiactivos, ácidos y álcalis no determinados, bacterias, virus, huevos, larvas, esporas y hongos zoo y fitopatógenos.

**Artículo 9.** La Comisión Nacional de Protección del Medio Ambiente está facultada para requerir de las personas individuales o jurídicas, toda información que conduzca a la verificación del cumplimiento de las normas prescritas por esta ley y sus reglamentos.

**Artículo 11.** La presente ley tiene por objeto velar por el mantenimiento del equilibrio ecológico y la calidad del medio ambiente para mejorar la calidad de vida de los habitantes del país.

**Artículo 12.** Son objetivos específicos de la ley, los siguientes:

- a) La protección, conservación y mejoramiento de los recursos naturales del país, así como la prevención del deterioro y mal uso o destrucción de los mismos, y la restauración del medio ambiente en general;
- b) La prevención, regulación y control de cualesquiera de las causas o actividades que origine deterioro del medio ambiente y contaminación de los sistemas ecológicos, y excepcionalmente, la prohibición en casos que afecten la calidad de vida y el bien común, calificados así, previo dictámenes científicos y técnicos emitidos por organismos competentes;
- c) Orientar los sistemas educativos, ambientales y culturales, hacia la formación de recursos humanos calificados en ciencias ambientales y la educación a todos los niveles para formar una conciencia ecológica en toda la población;
- d) El diseño de la política ambiental y coadyuvar en la correcta ocupación del espacio;
- e) La creación de toda clase de incentivos y estímulos para fomentar programas e iniciativas que se encaminen a la protección, mejoramiento y restauración del medio ambiente;
- f) El uso integral y manejo racional de las cuencas y sistemas hídricos;
- g) La promoción de tecnología apropiada y aprovechamiento de fuentes limpias para la obtención de energía;
- h) Salvar y restaurar aquellos cuerpos, de agua, que estén amenazados o en grave peligro de extinción; e
- i) Cualquiera otra actividad que se consideren necesarias para el logro de esta ley.

**Artículo 13.** Para los efectos de la presente ley, el medio ambiente comprende. Los sistemas atmosféricos (aire); hídrico (agua); lítico (rocas y minerales); edáfico (suelos); biótico (animales y plantas); elementos audiovisuales y recursos naturales y culturales.

**Artículo 20:** Se crea la Comisión Nacional del Medio Ambiente, la que dependerá directamente de la presidencia de la república y su función será asesorar y coordinar todas las acciones a la formulación y aplicación de la política nacional, para la protección y mejoramiento del medio ambiente.

**Artículo 29.** Toda acción u omisión que contravenga las disposiciones de la presente ley, efectuando así de manera negativa la cantidad y calidad de los recursos naturales y los elementos que conforman el ambiente, se considerará como infracción y se sancionará administrativamente de conformidad con los procedimientos de la presente ley, sin perjuicio de los delitos que contempla el Código Penal. Para el caso de delitos, la Comisión los denunciará a los tribunales correspondientes, impulsados por el Ministerio Público, que será parte de estos procesos para obtener la aplicación de las penas.

**Artículo 30.** Se concede acción popular para denunciar ante la autoridad, todo hecho, acto u omisión que genere contaminación y deterioro o pérdida de recursos naturales o que afecte los niveles de calidad de vida. Si en la localidad no existiera representante de la Comisión Nacional de Protección del Medio Ambiente, la denuncia se podrá hacer ante la autoridad municipal, la que la remitirá para su atención y trámite a la mencionada Comisión.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Congreso de la República de Guatemala. *Ley de protección y mejoramiento del ambiente (Decreto 68-86)*. p. 2-9.

#### **4.3.2. Política Nacional para el manejo integral de los residuos y desechos sólidos (Acuerdo Gubernativo 111-2005)**

El manejo de los desechos sólidos debe pasar por un tratamiento integral a fin de reducir los daños y nocividad de estos, por lo tanto, se establece el Acuerdo Gubernativo 111-2005, en el cual se acuerda el aprobar la Política Nacional para el manejo integral de los residuos y desechos sólidos.

El objetivo general de esta política es el reducir los niveles de contaminación ambiental del país, mientras que de sus objetivos más importantes destacan:

- Hacer funcional el marco jurídico y normativo que regule el manejo integral de los residuos y desechos sólidos.
- Cambiar la cultura de la población en cuanto a la producción y al manejo adecuado de los desechos sólidos y sus formas de reducción.
- Propiciar la valoración de los desechos sólidos creando instrumentos para la mejora en la producción y manejo de los residuos sólidos.
- Adoptar las tecnologías adecuadas para el manejo y disposición final de los residuos y desechos sólidos.
- Generar y hacer accesible la información básica que permita la toma de decisiones en cuanto al manejo integral de los residuos y desechos sólidos.

Entre los principios de esta política se encuentra el promover la responsabilidad compartida para el manejo integral de los residuos y desechos

sólidos desde las autoridades gubernamentales hasta los comercios y población en general y que todo aquel que incumpla esta política deba pagar por el daño causado.

#### **4.3.3. Política nacional para la gestión integral de residuos y desechos sólidos (Acuerdo Gubernativo 281-2015)**

**Artículo 1. Aprobación.** Aprobar la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos, por un plazo de quince (15) años, contados a partir de la vigencia del presente Acuerdo Gubernativo.

**Artículo 2. Ámbito de Aplicación.** La política Nacional para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos, será de aplicación general en todo el territorio nacional y de obligación para todas las instituciones públicas, que tengan establecidas funciones y competencias relacionadas con el tema de residuos y desechos sólidos y deberán dar efectivo cumplimiento, en el marco de sus competencias a los programas y líneas de acción establecidas.

**Artículo 3. Competencia.** El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, en el ejercicio de la rectoría sectorial que le corresponde, será responsable de difundir la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, con el propósito de promover su efectiva implementación.<sup>9</sup>

#### **4.4. Ministerio de ambiente y recursos naturales**

Con el fin de preservar el buen estado el medio ambiente, el Ministerio de ambiente y recursos naturales, ha velado por la creación de reglamentos para regular la contaminación actual.

##### **4.4.1. Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental (Acuerdo Gubernativo 23-2003)**

**Artículo 1. Materia.** Este Reglamento norma los procedimientos para el proceso de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental, de acuerdo a lo establecido en la ley de la materia.

---

<sup>9</sup> Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Política nacional para la gestión integral de residuos y desechos sólidos (Acuerdo Gubernativo 281-2015)*. p. 1.

**Artículo 4. Del sistema de evaluación, control y seguimiento ambiental.** Se establece el Sistema de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental como el conjunto de entidades, procedimientos e instrumentos técnicos y operativos cuya organización permite el desarrollo de los procesos de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental de los proyectos, obras, industrias o actividades que, por sus características, pueden producir deterioro a los recursos naturales, renovables o no, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional.

**Artículo 11. Instrumentos de evaluación ambiental.** Son los documentos técnicos en los cuales se establecen los procedimientos ordenados que permiten realizar una identificación y evaluación sistemática de los impactos ambientales de un proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad, desde su planificación su ejecución, operación y abandono, y que permiten formular las respectivas medidas de mitigación. De los instrumentos de Evaluación Ambiental se generan los correspondientes Planes de Gestión Ambiental que deben adoptar los proponentes.

**Artículo 12. De los diferentes instrumentos de evaluación ambiental.** Son Considerados instrumentos de Evaluación Ambiental, los siguientes:

- a) Evaluación Ambiental Estratégica
- b) Evaluación Ambiental Inicial;
- c) Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental;
- d) Evaluación de Riesgo Ambiental;
- e) Evaluación de Impacto Social; y
- f) Evaluación de Efectos Acumulativos.

Los términos de referencia, contenidos y procedimientos técnicos específicos para el desarrollo de cada uno de los instrumentos serán determinados por la Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales en manuales específicos que serán aprobados mediante acuerdo ministerial.

**Artículo 13. Evaluación ambiental estratégica.** Consiste en un proceso de evaluación ambiental, aplicado a políticas y planes nacionales y gubernamentales, así como a proyectos de trascendencia transnacional que impliquen la generación de patrones de desarrollo económico-social con impactos ambientales en sus áreas de influencia. Incluye la preparación de un informe escrito sobre los hallazgos de la evaluación para efectos de su uso en la toma de decisiones a nivel político.

**Artículo 14. Evaluación ambiental inicial.** Para efectos de poder determinar si un proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad, por sus características, puede producir deterioro a los recursos naturales, renovables o no, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional y, por lo tanto, requiere de un estudio de evaluación de impacto ambiental u otro instrumento de evaluación ambiental, se llevará a cabo la evaluación ambiental inicial. La evaluación ambiental inicial considerará la relevancia del impacto ambiental, su localización con respecto a Áreas Ambientalmente Frágiles y Áreas con Planificación Territorial, con el objeto de determinar, como resultado del análisis realizado, el tipo y características del Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental u otro instrumento de evaluación ambiental que corresponderá el proyecto, obra, industria o actividad relacionada.

Las áreas de localización de los proyectos, obras, industrias o actividades se agruparán en tres categorías básicas:

- a) Áreas Ambientalmente Frágiles;
- b) Áreas con Planificación Territorial, es decir, aquellos espacios geográficos, comúnmente urbanos, para los cuales el Estado ha elaborado planes de desarrollo, en función de criterios de planificación territorial (planes maestros, reguladores, entre otros.); y
- c) Áreas sin Planificación Territorial por parte del Estado.

De la Evaluación Ambiental Inicial surgirá la recomendación relativa al tipo de Evaluación Ambiental que deberá realizar el proponente o, en su caso, determinar que éste resulta innecesario. El formato e instrucciones para consignar la información, serán determinados por la Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales en un manual específico que será aprobado mediante Acuerdo Ministerial. La información básica necesaria para que la Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales pueda revisar y analizar cada caso, deberá ser recabada y proporcionada por el proponente.

**Artículo 15. Estudio de evaluación de impacto ambiental.** Es el documento técnico que permite identificar y predecir los efectos sobre el ambiente que ejercerá un proyecto, obra, industria o cualquier actividad determinada y describe, además, las medidas para evitar, reducir, corregir, compensar y controlar los impactos adversos. Es un proceso de toma de decisiones y constituye el instrumento de planificación que proporciona un análisis temático preventivo reproducible e interdisciplinario de los efectos potenciales de una acción propuesta y sus alternativas prácticas en los atributos físicos, biológicos, culturales y socioeconómicos de un área geográfica determinada. Es un proceso cuya cobertura, profundidad y tipo de análisis depende del proyecto propuesto. Evalúa los potenciales riesgos e impactos ambientales en su área de influencia e identifica vías para mejorar su diseño e implementación para prevenir, minimizar, mitigar o compensar impactos ambientales adversos y potenciar sus impactos positivos.

**Artículo 16. Evaluación de riesgo ambiental.** Es la probabilidad de exceder un valor específico de consecuencias económicas, sociales o ambientales, en un sitio particular, y durante un tiempo de exposición determinado. Se obtiene de relacionar la amenaza o probabilidad de ocurrencia de un fenómeno con una intensidad específica, con la vulnerabilidad de los elementos expuestos. El riesgo puede ser de origen natural, geológico, hidrológico, atmosférico o también de origen tecnológico o provocado por el hombre.

**Artículo 17. Evaluación de impacto social.** Es un proceso de evaluación y estimación de las consecuencias sociales y culturales ante cualquier proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad pública o privada que pudiera alterar el normal ritmo de vida de las poblaciones y en consecuencia afectar su calidad de vida.

**Artículo 18. Evaluación de efectos acumulativos.** Es el proceso consistente en analizar y evaluar sistemáticamente los cambios ambientales combinados, originados por la suma sistemática de los efectos de proyectos, obras, industrias o en cualquier otra actividad desarrolladas dentro de un área geográfica definida. Los efectos acumulativos se refieren a la acumulación de cambios inducidos por el

hombre en los componentes ambientales a través del espacio y del tiempo. Estos impactos pueden ocurrir en forma aditiva o de manera interactiva. La Evaluación de Efectos Acumulativos es necesaria a fin de establecer planes de uso del suelo que sean conformes con la situación ambiental real del entorno y como forma para identificar las medidas correctivas, de mitigación, saneamiento y/o rehabilitación que deberían llevarse a cabo, a fin de restaurar el equilibrio ecológico en esos espacios geográficos que están siendo motivo de uso y administración.

**Artículo 20. Diagnóstico ambiental.** Es un estudio que se efectúa sobre un proyecto, obra o actividad existente y, por ende, los impactos son determinados mediante sistemas de evaluación basados en muestreos y mediciones directas, o bien por el uso de sistemas analógicos de comparación con eventos similares. Su objetivo es determinar las acciones correctivas necesarias para mitigar impactos adversos.

**Artículo 21. De los diferentes instrumentos de control y seguimiento ambiental.** Para las industrias o cualquier otra actividad ya establecida, se aplicarán los siguientes instrumentos.

- a) Auditorías Ambientales;
- b) Seguimiento y vigilancia Ambiental; y
- c) Instrumentos complementarios (ICOS).

Los términos de referencia, contenidos y procedimientos técnicos específicos para el desarrollo de cada uno de ellos serán determinados por la Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales en un Manual específico que será aprobado mediante acuerdo ministerial.

**Artículo 22. Auditorías ambientales.** Proceso de verificación sistemático y documentado para evaluar el grado de cumplimiento de los Planes de Gestión Ambiental y determinar criterios para garantizar su cumplimiento. Pueden ser de carácter obligatorio o voluntario, con el propósito de certificación, registro y/o auto declaración.

**Artículo 23. Seguimiento y vigilancia ambiental.** Consiste en el levantamiento de información periódica o de prueba para determinar el nivel de cumplimiento de los requisitos obligatorios normativos, compromisos ambientales o para la identificación de los niveles de contaminantes en el ambiente.

**Artículo 24. Instrumentos complementarios (ICOS).** Es el conjunto de condiciones o directrices generales ambientales complementarias a la normativa ambiental vigente establecidas para garantizar que los diferentes proyectos, obras, industrias o cualquier otra actividad tengan una efectiva gestión ambiental de sus actividades y, además, permita mantener un sistema de información eficiente y efectivo ante las autoridades ambientales pertinentes. Los Instrumentos Comprenden los “Compromisos Ambientales” y el “Código de Buenas Prácticas Ambientales”. Los Instrumentos Complementarios serán establecidos por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales en el manual específico.

**Artículo 25. Los “compromisos ambientales”.** Constituyen el listado de acciones y prácticas derivados de las Evaluaciones Ambientales e Instrumentos de Control y Seguimiento Ambiental que la Dirección General de Gestión Ambiental y

Recursos Naturales aprueba como vinculantes para la ejecución de los proyectos, obras, industrias o cualquier otra acción; se establecen mediante una resolución administrativa sin menoscabo del cumplimiento de la normativa nacional vigente.<sup>10</sup>

#### **4.4.2. Acuerdo Ministerial 686-2012**

En este acuerdo ministerial se establece el reglamento de la Junta Directiva de la Comisión Nacional para el manejo de los desechos sólidos, en conformidad con el artículo 97 con la Constitución Política de la República de Guatemala, cuyos artículos más importantes son:

**Artículo 2. Creación.** Se crea la Junta Directiva de la 'CONADES' integrada por un representante titular y un suplente, nombrados por las autoridades superiores de las instituciones siguientes:

- a. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
- b. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social
- c. Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia de la República
- d. Instituto de Fomento Municipal
- e. Asociación Nacional de Municipalidades
- f. Comité Coordinador de Asociaciones, Agrícolas, Comerciales, Industriales y Financiera.

Los representantes titulares y suplentes nombrados por las instituciones mencionadas deberán estar relacionadas al tema de residuos y desechos sólidos; asimismo deberán llevar el consenso de su sector y ser los interlocutores entre el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y el sector que representan.

La Presidencia de la Junta Directiva podrá invitar a otras instituciones del Estado, sector privado, académico y de la sociedad civil organizada, a participar en las reuniones ordinarias y extraordinarias que la Junta Directiva celebre, para tratar algún tema en particular y siempre que su competencia tenga relación con el mismo. Los invitados tendrán voz, mas no voto en la reunión a la que se les invite.

**Artículo 3. Objetivo.** La Junta Directiva de la "CONADES", tendrá como objetivo promover estrategias para la competitividad, la eficiencia de procesos y el desempeño ambiental, a través de la implementación de lo establecido en la *Política Nacional para el Manejo Integral de los Residuos y Desechos Sólidos*.

---

<sup>10</sup> Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental (Acuerdo Gubernativo 23-2003)*. p. 1-8.

#### **Artículo 4. Funciones**

- a) Apoyar en la formulación de propuestas de políticas, estrategias, leyes, reglamentos, planes, programas, procedimientos e instrumentos legales, administrativos y técnicos de los residuos y desechos sólidos.
- b) Promover estudios y análisis del grado de adopción e implementación de residuos y desechos sólidos en los diferentes sectores del país.
- c) Fomentar la investigación en temas estratégicos de residuos y desechos sólidos.
- d) Promover e impulsar incentivos para la implementación de proyectos de residuos y desechos sólidos.
- e) Revisar y aprobar el Plan Operativo de la 'CONADES'.
- f) Gestionar la búsqueda de fondos, financiamientos o donaciones, para la 'CONADES' y de la infraestructura y operación de los proyectos de inversión, en el tema de residuos y desechos sólidos.
- g) Velar por el cumplimiento de los Acuerdos Gubernativos No. 234-2004 'Creación de la Comisión Nacional para el Manejo de los Desechos Sólidos' y Acuerdo Gubernativo No. 111-2005 'Política Nacional para el Manejo Integral de los Residuos y Desechos Sólidos'.

**Artículo 11. Del reglamento.** Para su funcionamiento, la Junta Directiva de la "CONADES" elaborará una propuesta de Reglamento Interno, la que será elevada al Despacho Superior del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Para su debida aprobación.<sup>11</sup>

La Junta Directiva cuando lo considere necesario, propondrá las modificaciones al Reglamento Interno que consideren convenientes.

#### **4.5. Ministerio de Salud y Asistencia Social**

Dentro del marco legal que concierne al Ministerio de Salud y Asistencia Social se encuentran los siguientes códigos y acuerdos:

##### **4.5.1. Código de salud**

**Artículo 1. Del derecho a la salud.** Todos los habitantes de la República tienen derecho a la prevención, promoción, recuperación y rehabilitación de su salud, sin discriminación alguna.

**Artículo 2. Definición.** La salud es un producto social resultante de la interacción entre el nivel de desarrollo del país, las condiciones de vida de las poblaciones y la

---

<sup>11</sup> Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Acuerdo Ministerial 686-2012*. p. 2-4.

participación social, a nivel individual y colectivo, a fin de procurar a los habitantes del país el más completo bienestar físico, mental y social.

**Artículo 3. Responsabilidad de todos ciudadanos.** Todos los habitantes de la República están obligados a velar, mejorar y conservar su salud personal, familiar y comunitaria, así como las condiciones de salubridad del medio en que viven y desarrollan sus actividades.

**Artículo 38. Acciones.** Las acciones de promoción y prevención, estarán dirigidas a interrumpir la cadena epidemiológica de las enfermedades tanto a nivel del ambiente como de la protección, diagnóstico y tratamientos precoces de la población susceptible:

En relación con el ambiente, las acciones de promoción y prevención buscarán el acceso de la población con énfasis en la de mayor postergación, a servicios de agua potable, adecuada eliminación y disposición de excretas, adecuada disposición de desechos sólidos higiene de alimentos, disminución de la contaminación ambiental.

**Artículo 68. Ambientes saludables.** El Ministerio de Salud, en colaboración con la Comisión Nacional del Medio Ambiente, las Municipalidades y la comunidad organizada, promoverán un ambiente saludable que favorezca el desarrollo pleno de los individuos, familias y comunidades.

**Artículo 69. Límites de exposición y de calidad ambiental.** El Ministerio de Salud y la Comisión Nacional del Medio Ambiente, establecerán los límites de exposición y de calidad ambiental permisibles a contaminantes ambientales, sean éstos de naturaleza química, física o biológica. Cuando los contaminantes sean de naturaleza radiactiva, el Ministerio de Salud, en coordinación con el Ministerio de Energía y Minas, establecerá los límites de exposición y calidad ambiental permisible. Asimismo, determinará en el reglamento respectivo los períodos de trabajo del personal que labore en sitios expuestos a estos contaminantes.

**Artículo 70. Vigilancia de la calidad ambiental.** El Ministerio de Salud, la Comisión Nacional del Medio Ambiente, las Municipalidades y la comunidad organizada, establecerán un sistema de vigilancia de la calidad ambiental sustentado en los límites permisibles de exposición.

**Artículo 71. Derecho a la información.** El Ministerio de Salud, la Comisión Nacional del Medio Ambiente y las Municipalidades, deberán recolectar y divulgar información pertinente a la población, sobre los riesgos a la salud asociados con la exposición directa o indirecta de los agentes contaminantes, que excedan los límites de exposición y de calidad ambiental establecidos.

**Artículo 72. Programas de prevención y control de riesgos ambientales.** El Ministerio de Salud, la Comisión Nacional del Medio Ambiente, las Municipalidades y la comunidad organizada con todas las otras instancias apropiadas sean públicas o privadas, promoverán el desarrollo de programas de cuidado personal y de reducción de riesgos a la salud vinculados con desequilibrios ambientales, u ocasionados por contaminantes químicos, físicos o biológicos. El Ministerio de Salud velará por el cumplimiento de los acuerdos internacionales ratificados por

Guatemala, que prohíben el uso de sustancias dañinas al medio ambiente y en consecuencia al ser humano.

**Artículo 73. Importación de desechos.** Se prohíbe la importación de desechos tóxicos, radiactivos y/o difícil degradación.

**Artículo 74. Evaluación de impacto ambiental y salud.** El Ministerio de Salud, la Comisión Nacional del Medio Ambiente y las Municipalidades, establecerán los criterios para la realización de estudios de evaluación de impacto ambiental, orientados a determinar las medidas de prevención y de mitigación necesarias, para reducir riesgos potenciales a la salud derivados de desequilibrios en la calidad ambiental, producto de la realización de obras o procesos de desarrollo industrial, urbanístico, agrícola, pecuario, turístico, forestal y pesquero.

**Artículo 75. Sustancias y materiales peligrosos.** El Ministerio de Salud y la Comisión Nacional del Medio Ambiente en coordinación con otras instancias del sector público y privado, establecerán los criterios, normas y estándares para la producción, importación, tráfico, distribución, almacenamiento y venta de sustancias y materiales peligrosos para la salud, el ambiente y el bienestar individual y colectivo.

#### **Desechos sólidos**

**Artículo 102. Responsabilidad de las municipalidades.** Corresponde a las municipalidades la prestación de los servicios de limpieza o recolección, tratamiento y disposición de los desechos sólidos de acuerdo con las leyes específicas y en cumplimiento de las normas sanitarias aplicables. Las municipalidades podrán utilizar lugares para la disposición de desechos sólidos o construcción de los respectivos rellenos sanitarios, previo dictamen del Ministerio de Salud y la Comisión Nacional del Medio Ambiente, el que deberá ser elaborado dentro del plazo improrrogable de dos meses de solicitado. De no producirse el mismo será considerado emitido favorablemente, sin perjuicio de la responsabilidad posterior que se produjera, la que recaerá en el funcionario o empleado que no emitió el dictamen en el plazo estipulado.

**Artículo 103. Disposición de los desechos sólidos.** Se prohíbe arrojar o se 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 basura legales o clandestinos.

**Artículo 104. Lugares inadecuados.** Si el Ministerio de Salud comprobara que existen lugares en donde se estén depositando desechos sólidos sin llenar los requisitos de la presente ley, deberán ser trasladados a otros lugares que cumplan con los requisitos sanitarios, con base a un programa que de común acuerdo establezcan las municipalidades respectivas y el Ministerio de Salud.

**Artículo 105. Sitios y espacios abiertos.** Los propietarios o poseedores no de predios, sitios o espacios abiertos en sectores urbanos y rurales, deberán cercarlos

y mantenerlos libres de desechos sólidos, malezas y aguas estancadas. Las autoridades municipales, en coordinación con las sanitarias, son responsables de hacer cumplir esta disposición.

**Artículo 106. Desechos hospitalarios.** Los hospitales públicos y privados que por su naturaleza emplean o desechan materiales orgánicos o sustancias tóxicas, radiactivas o capaces de diseminar elementos patógenos, y los desechos que se producen en las actividades normales del establecimiento, solo podrán almacenar y eliminar esos desechos en los lugares y en la forma que lo estipulen las normas que sean elaboradas por el Ministerio de Salud. Los hospitales quedan obligados a instalar incineradores para el manejo y disposición final de los desechos, cuyas especificaciones y normas quedarán establecidas en el reglamento respectivo.

**Artículo 107. Desechos sólidos de la industria y comercio.** Para el almacenamiento, transporte, reciclaje y disposición de residuos y desechos sólidos, así como de residuos industriales peligrosos, las empresas industriales o comerciales deberán contar con sistemas adecuados según la naturaleza de sus operaciones, especialmente cuando la peligrosidad y volumen de los desechos, no permitan la utilización del servicio ordinario para la disposición de los desechos generales. El Ministerio de Salud y la Municipalidad correspondiente dictaminarán sobre la base del reglamento específico sobre esta materia.

**Artículo 108. Desechos sólidos de las empresas agropecuarias.** Los desechos sólidos provenientes de actividades agrícolas y pecuarias deberán ser recolectados, transportados, depositados y eliminados de acuerdo con las normas y reglamentos que se establezcan, a fin de no crear focos de contaminación ambiental, siempre y cuando no fuera posible su reprocesamiento y/o reciclaje para uso en otras actividades debidamente autorizadas.<sup>12</sup>

#### **4.5.2. Reglamento para el manejo de desechos sólidos hospitalarios (Acuerdo Gubernativo 509-2001)**

**Artículo 1. Objeto.** 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, centro 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 ese efecto se emita.

**Artículo 2. Contenido.** Para dar cumplimiento a las leyes indicadas con anterioridad este reglamento, regula los aspectos relacionados con la generación, clasificación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de los

---

<sup>12</sup> Congreso de la República de Guatemala. *Código de salud*. p. 2-24.

desechos hospitalarios que por su naturaleza se consideran tóxicos, radioactivos o capaces de diseminar elementos patógenos, así 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, laboratorios y cualquier otro establecimiento de atención en salud y veterinario.

**Artículo 4. Mecanismos de control y vigilancia.** El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social establecerá, a través del Departamento de Regulación de los Programas de Salud y Ambiente, en adelante denominado simplemente como el Departamento de Salud y Ambiente, de la Dirección General de Regulación, Vigilancia y Control de Salud, los mecanismos de control, coordinación y regulación; debiéndose ejecutar y vigilar el estricto cumplimiento de las disposiciones del presente reglamento, a través de las Direcciones de Áreas de Salud, quienes serán responsables de la correcta aplicación del mismo.

**Artículo 5. Asistencia técnica.** El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social deberá asistir técnicamente a los hospitales públicos, Distritos Municipales de Salud y otros niveles de atención por medio del personal profesional especializado de las Direcciones de Área de Salud para el Establecimiento de la infraestructura sanitaria relacionada con los procesos de manejo de desechos hospitalarios.

**Artículo 7. Manejo adecuado de desechos.** Las instituciones privadas y públicas referidas en los artículos anteriores deberán presentar un plan de manejo de desechos hospitalarios de conformidad por lo dispuesto en el presente reglamento para su aprobación por el Departamento de Regulación de los Programas de la Salud y el Ambiente, quien con fundamento en el plan presentado, emitirá un certificado de aprobación que deberá renovarse cada dos años, previa solicitud del interesado y de la correspondiente inspección que deba realizar el Departamento a efecto de constatar el funcionamiento del sistema de manejo de los desechos. El Departamento de Salud y Ambiente, deberá llevar un registro de los entes generadores a los cuales se les hubiere otorgado el certificado establecido en el párrafo anterior. El procedimiento para el registro deberá ser regulado por el propio Departamento, previa publicación en el diario oficial. En cualquier tiempo, el Departamento podrá realizar las inspecciones que sean necesarias a efecto de establecer el cumplimiento de este reglamento. En el caso de que un ente generado no cuente con el certificado correspondiente, deberá ser sancionado de conformidad con las normas del presente reglamento, o el Código de Salud. Los entes generadores que aun cuando posean el certificado, incumplieren con el manejo adecuado de los desechos de conformidad con el plan aprobado; quedarán sujetos a que el Departamento cancele temporalmente el certificado que el hubiere otorgado, dándole un plazo que no exceda de treinta días, a efecto de que el ente generador cumpla con el plan propuesto, y en caso de no hacerlo, se procederá a sancionar al infractor de la misma manera que en el caso anterior.

**Artículo 8. Obligación de incineradores.** Los entes generadores, tanto públicos 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 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. No obstante, lo estipulado en el párrafo

anterior, el Departamento de Salud y Ambiente, podrá autorizar otros sistemas de disposición final, que por los avances de la tecnología puedan garantizar el tratamiento de los desechos, para que los mismos no impacten negativamente en la salud y ambiente. Para tal efecto el Departamento de Salud y Ambiente emitirá la normativa técnica que fuera necesaria, debiendo en todo caso vigilar y controlar las nuevas tecnologías.

**Artículo 9. Tratamiento final conjunto.** Los entes generadores, tanto públicos como privados, referidos en los artículos anteriores, deben adquirir, instalar operar y mantener de manera individual o conjunta, incineradores o cualquier otro sistema autorizado por el Departamento de Salud y Ambiente, para el efecto de la disposición final de los desechos que produzcan y que sean considerados como infecciosos o peligrosos de conformidad con el presente reglamento. Para lo cual quedan obligados a establecer un plan de disposición de desechos, transporte, lugar de incineración, en su caso, el cual deberá contar con la aprobación del Departamento de Salud y Ambiente y el dictamen favorable del Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales sobre el estudio de evaluación de impacto ambiental. La misma obligación queda para las empresas de disposición en cuanto a la elaboración del plan de disposición al que se refiere el presente artículo. En el caso especial de las clínicas médicas particulares, clínicas odontológicas, laboratorios clínicos, laboratorios de patología, bancos de sangre, sanatorios, casas de salud, centros de radiología y diagnóstico por imágenes, clínicas veterinarias, deben contratar con una empresa de disposición debidamente autorizada o con cualquier otro ente generado que se encuentre debidamente organizado para la gestión expresada en el presente reglamento sobre el servicio de disposición final y con la frecuencia que su caso amerite.

**Artículo 11. Requisitos para la autorización de empresas de disposición.** Las empresas de disposición públicas o privadas, para obtener las autorizaciones a las que se refiere el artículo anterior, deberán contar con la infraestructura y el equipo que a continuación se detalla:

- a) Un terreno localizado fuera de los perímetros urbanos de los municipios en donde se pretenda prestar el servicio.
- b) El terreno deberá contar con un área suficiente y necesaria, de conformidad con la demanda del servicio y a juicio del Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales y del Departamento de la Salud y Ambiente;
- c) El terreno debe tener como destino exclusivo el de servir como relleno sanitario de seguridad e instalación de equipos de incineración u otro sistema aprobado por Departamento de Salud y Ambiente, los que deberán estar totalmente aislados físicamente y garantizar la seguridad y el acceso restringido tanto a personas ajenas a la operación de la empresa, así como de animales.
- d) Debe contar con el transporte exclusivo y debidamente acondicionado para el traslado adecuado de los desechos objeto de la gestión.
- e) El personal debe contar con todas las medidas de protección necesarias para la operación y mantenimiento durante las diferentes etapas del proceso.
- f) Debe contar con personal debidamente capacitado, tanto para la operación y mantenimiento, así como para las contingencias.
- g) Debe contar con el personal técnico, que reúna los requisitos indicados en el artículo 6 del presente reglamento, quienes serán responsables para el manejo adecuado del proceso;
- h) Deberán permitir el ingreso, en cualquier momento, del personal técnico de salud a efecto de realizar las inspecciones que sean necesarias.

**Artículo 13. Etapas de la gestión.** Para lograr una gestión adecuada, toda organización hospitalaria, Centro de Salud, público o privado, y en general, todo ente generador, organizado de conformidad con el presente reglamento, deberán incluir en su plan de manejo de desechos hospitalarios, las siguientes etapas:

- a) Separación y embalaje
- b) Almacenamiento en cada unidad de generación;
- c) Recolección y transporte intrahospitalario;
- d) Almacenamientos intrahospitalarios;
- e) Transporte extrahospitalario;
- f) Tratamiento y,
- g) Disposición final.

**Artículo 14. Sobre la separación.** Todo ente generador deberá de capacitar al personal médico, paramédico, administrativo, personal de servicios varios o temporal, en función de la correcta separación de los desechos atendiendo a la clasificación contenida en el artículo tercero, del presente reglamento. Para tal efecto deberán separarse todos los desechos generados, en recipientes debidamente identificados embalados de fácil manejo, cuyo material no será susceptible de rotura para evitar cualquier tipo de derramamiento. Para efecto de lo anterior, los desechos que se generan deberán ser separados atendiendo a la siguiente clasificación:

- a) Desechos infecciosos: Deberán depositarse en bolsas o recipientes de color rojo con la simbología de bioinfecciosos, tal y como se expresa al final de este artículo. Los desechos infecciosos contemplados en el artículo 3, inciso d), subinciso d.5) de este reglamento, referidos a las jeringas, aguas hipodérmicas y cualquier otro tipo de aguja, deberán ser destruidos por medio de máquina trituradora o termotrituradora; o en su caso, embalarse en caja de cartón o recipientes plásticos apropiados y debidamente cerrados y sellados, debiéndose incluir tanto los desechos de la trituradora o termo trituradora, así como los de cajas antes referidas en la bolsa roja correspondiente.
- b) Desechos especiales: Debe depositarse en bolsas de color blanco con la simbología de químicos, tal y como se expresa al final del presente artículo. La cristalería entera o rota, debe embalarse en caja de cartón parafinada o recipiente plástico apropiado y debidamente cerradas y selladas; debiéndose depositar dentro de las bolsas de color blanco
- c) Desechos radioactivos en general y particularmente los considerados como de nivel medio o alto, deben depositarse en contenedores de plomo adecuados al nivel de radiación que les corresponda debidamente identificados con la simbología de radiactivos, tal y como se expresa al final del presente artículo; y separados del resto de los desechos los cuales corresponde al Ministerio de Energía y Minas dictar las normas para su disposición final.
- d) Desechos comunes: Deben depositarse en bolsas o envases de color negro.

La simbología que habrá de utilizarse de conformidad con el presente artículo, serán los siguientes, para cada tipo de bolsa, según corresponda;

**Artículo 18. Sobre los depósitos.** Cada unidad del ente generador debe contar con los depósitos especiales que sean necesarios de acuerdo al volumen de desechos producidos y de conformidad y de conformidad con la naturaleza de los mismos.

**Artículo 20. Almacenamiento de los desechos.** Los desechos deben ser almacenados según su clasificación y apilados en forma tal que no causen filtraciones, volteos, rupturas o cualquier situación que dañe la integridad de las bolsas. Aquellos desechos comprendidos dentro de la clasificación determinada por el presente reglamento, deben depositarse temporalmente en el lugar adecuado a que se refiere el artículo anterior. Los desechos comunes, se deben disponer en forma independiente y manejarse como un desecho de carácter municipal.

**Artículo 21. Criterio de evacuación.** Para el caso de la evacuación de los desechos hospitalarios de cualquier tipo de disposición final, se aplicará el criterio o principio de primero en entrar, primero en salir.

**Artículo 27. Formas de disposición final.** La disposición final comprende 3 formas para realizarse:

- a) Para los desechos clasificados como comunes, la disposición será por medio del sistema de manejo de desechos municipales.
- b) Para los desechos clasificados como infecciosos hospitalarios, debe realizarse su disposición por medio del sistema de incineración o cualquier otro sistema autorizado por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.
- c) Para los desechos clasificados como especiales, deberá utilizarse el sistema de relleno sanitario de seguridad o cualquier otro sistema autorizado por el Departamento de Salud y Ambiente.

**Artículo 29. Sobre el relleno sanitario de seguridad.** En los rellenos sanitarios se deberá asegurar que el área para la disposición de los desechos hospitalarios peligrosos, se encuentra restringido el acceso a personas ajenas al proceso, así como de animales.

**Artículo 30. Prohibición de acceso a personas no autorizadas.** Por ningún motivo se permitirá el acceso a recolectores para la sustracción parcial o total de cualquier clase de desecho peligroso.

**Artículo 31. Límite máximo permisible de las emisiones.** La calidad de las emisiones al aire generadas por los incineradores, deberán encontrarse dentro de los niveles máximos permisibles establecidos dentro de la tabla que contiene el artículo 36 de este reglamento, los cuales podrán ser modificados de manera consensuada entre el Ministerio de Salud y el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales.

**Artículo 32. De la operación del incinerador.** Todos los incineradores deberán disponer de una cámara de combustión primaria, que alcance la temperatura mínima de 850 grados Celsius, y una cámara de combustión secundaria, que alcance una temperatura mínima de 1300 grados Celsius y un tiempo de residencia mínima de los gases de dos segundos, y deberá ser ajustada al tipo de desecho sólido hospitalario que se incinere. En el proceso de incineración se deberá controlar: la flama, la temperatura, y el suministro apropiado de oxígeno. La carga de los desechos dentro de la cámara de combustión deberá hacerse mediante un pistón lateral o algún mecanismo que evite mantener la cámara de combustión primaria abierta.

**Artículo 33. De la ubicación de los incineradores.** Los incineradores que se encuentren en las propias instalaciones de los entes generadores a los que alude

el presente reglamento, deberán ser ubicados en un sitio donde no represente un riesgo para los pacientes, personal que labora en el hospital y para la población en general. Los incineradores instalados fuera del propio ente generador, deberán ubicarse fuera de los perímetros urbanos del municipio dentro de los cuales se preste el servicio. En ambos casos la selección del sitio donde se instale o construya el incinerador, deberá reunir condiciones de seguridad necesarias para evitar riesgos por fugas, incendios, explosiones y emisiones. La ubicación del incinerador debe ser de fácil acceso, para que el traslado de los desechos hospitalarios sea seguro.

**Artículo 39. Disposición para desechos que no deben incinerarse.** Todos los desechos hospitalarios que por su composición, embalaje o calidad, no pueden someterse al proceso de incineración, deberán contar con un sistema de pretratamiento según sea el caso; previo a disponerse de ellos en relleno sanitario de seguridad exclusivo para tal fin.

**Artículo 40. Manejo de relleno sanitario de seguridad.** El manejo de relleno sanitario de seguridad será autorizado por el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, mediante la evaluación del estudio de impacto ambiental.<sup>13</sup>

#### **4.5.3. Acuerdo ministerial 14-2016**

En este acuerdo ministerial se encuentra la norma técnica que establece el procedimiento para emitir dictamen sanitario sobre proyectos de construcción de sistemas para la disposición final de desechos sólidos. De la cual resaltan los siguientes artículos:

**Artículo 2. Objeto.** El objeto de la presente Norma Técnica es establecer el procedimiento, plazos y requisitos para la obtención del dictamen del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, a través del Departamento de Regulación de los Programas de la Salud y Ambiente, en adelante Departamento de Salud y Ambiente, dentro del trámite administrativo para la emisión de las licencias municipales de construcción para proyectos de construcción de sistemas de disposición final de desechos sólidos.

**Artículo 3. Solicitud.** Toda persona individual o jurídica, pública o privada, que solicite obtener del Departamento de Salud y Ambiente, el dictamen para proyectos de construcción de sistemas de disposición final de desechos sólidos, debe presentar su solicitud por escrito ante la autoridad sanitaria correspondiente, según la ubicación geográfica del proyecto, para su traslado al Departamento de Salud y Ambiente. El documento debe especificar claramente la dirección, número telefónico y/o correo electrónico de contacto para notificaciones.

---

<sup>13</sup> Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. *Reglamento para el manejo de desechos sólidos hospitalarios*. p. 1-11.

**Artículo 5. Formalidades.** Todo expediente debe cumplir con las formalidades siguientes:

- a) La documentación presentada en fotocopia debe estar legalizada por notario;
- b) Acompañar original y copia del expediente;
- c) Los planos deben ser legibles, presentarse impresos en formato A1 e incluir especificación clara de la escala utilizada;
- d) Todos los planos, informes y memorias de cálculo presentadas deben estar avalados por profesional competente, colegiado activo, por medio de su firma, sello y timbre correspondiente.

Dada la naturaleza de los proyectos de construcción de sistemas de disposición final de desechos sólidos, se considera responsable por el diseño de los mismos a los profesionales que avalan los planos y memorias de cálculo correspondientes.

**Artículo 6. Declaración jurada.** El expediente debe contener declaración jurada de compromiso de cumplimiento del proyecto, por medio de acta notarial. Deberán incluirse las cláusulas necesarias para garantizar que las modificaciones incorporadas al proyecto por causas de fuerza mayor estén justificadas y avaladas por profesionales competentes, a través de planos, memorias e informes debidamente firmados, sellados y timbrados y que éstas sean reportadas al Departamento de Salud y Ambiente, en un plazo no mayor de quince días, contados a partir de su ocurrencia.

**Artículo 8. Opinión técnica.** Recibido el expediente por la Jefatura del Departamento de Salud y Ambiente, esta debe trasladarla a la Unidad de Autorizaciones Sanitarias para su evaluación y emisión de la opinión técnica correspondiente. La Unidad de Autorizaciones Sanitarias, efectuará las inspecciones sanitarias que sean necesarias para poder opinar, incorporando los informes correspondientes al expediente. La opinión será favorable si el expediente contiene suficiente evidencia para asegurar que el proyecto no representa un riesgo a la salud o de contaminación al ambiente, caso contrario será desfavorable. La emisión de la opinión técnica deberá ocurrir en un plazo no mayor de cuarenta días, contados a partir de la fecha del traslado del expediente hacia la Unidad de Autorizaciones Sanitarias.

**Artículo 10. Dictamen.** Devuelto el expediente completo a la Jefatura del Departamento de Salud y Ambiente, incluyendo la opinión técnica respectiva; ésta procederá a emitir el dictamen correspondiente; si el mismo fuera desfavorable, deberá especificar al solicitante las razones del porqué se deniega su solicitud. El dictamen que corresponda, deberá emitirse dentro del plazo de cinco días, a partir del traslado de la opinión técnica respectiva hacia la Jefatura del Departamento.<sup>14</sup>

#### 4.6. Ministerio de Relaciones Exteriores

---

<sup>14</sup> Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. *Acuerdo ministerial 14-2016*. p. 2-4.

El Ministerio de Relaciones Exteriores ha creado convenios para controlar los movimientos de desechos peligrosos a otros países.

**4.6.1. Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos (Convenio Número 0253)**

En el Convenio Número 0253 se contempla el peligro que el aumento de los desechos sólidos causa daños, con la salud humana y en el medio ambiente, sobre todo por la generación de los desechos sólidos peligrosos. Por lo tanto, en este se declara que los Estados tienen la obligación de velar que el generador de los residuos sólidos cumpla con el proceso de transporte y eliminación de los desechos peligrosos sin que estos causen daño alguno al ambiente.

Se reconoce también que el Estado tiene el derecho de prohibir la entrada o eliminación de los desechos sólidos peligrosos y otros desechos ajenos a su territorio. Tomando en cuenta varios acuerdos internacionales y regionales han abordado la protección y conservación del medio ambiente en el tránsito de mercancías peligrosas.

Teniendo presente el espíritu, los principios, los objetivos y las funciones de la Carta Mundial de la Naturaleza aprobada por la Asamblea General de las Naciones Unidas en su trigésimo séptimo período de sesiones (1982) como norma ética con respecto a la protección del medio humano y a la conservación de los recursos naturales.

Se afirma que los Estados han de cumplir sus obligaciones internacionales relativas a la protección de la salud humana y a la protección y conservación del medio ambiente, y son responsables de los daños de conformidad con el derecho

internacional. Este acuerdo también reconoce que los países en desarrollo tienen una capacidad limitada para manejar los desechos peligrosos y otros desechos,

#### **4.7. Municipalidad capitalina**

Con el fin de procurar que la Ciudad de Guatemala esté libre de desechos sólidos, la municipalidad estableció los códigos y reglamentos:

##### **4.7.1. Código municipal (Decreto 12-2002)**

**Artículo 1. Objeto.** El presente Código tiene por objeto desarrollar los principios constitucionales referentes a la organización, gobierno, administración, y funcionamiento de los municipios y demás entidades locales determinadas en este Código y el contenido de las competencias que correspondan a los municipios en cuanto a las materias que éstas regulen.

**Artículo 67. Gestión de intereses del municipio.** El municipio, para la gestión de sus intereses y en el ámbito de sus competencias puede promover toda clase de actividades económicas, sociales, culturales, ambientales, y prestar cuantos servicios contribuyan a mejorar la calidad de vida, a satisfacer las necesidades y aspiraciones de la población del municipio.

**Artículo 68. Competencias propias del municipio.** Las competencias propias deberán cumplirse por el municipio, por dos o más municipios bajo convenio, o por mancomunidad de municipios, y son las siguientes:

- a) Abastecimiento domiciliario de agua potable debidamente clorada; alcantarillado; alumbrado público; mercados; rastros; administración de cementerios y la autorización y control de los cementerios privados; limpieza y ornato; formular y coordinar políticas, planes y programas relativos a la recolección, tratamiento y disposición final de desechos y residuos sólidos hasta su disposición final;
- b) Pavimentación de las vías públicas urbanas y mantenimiento de las mismas;
- c) Regulación del transporte de pasajeros y carga, y sus terminales locales;
- d) La autorización de megáfonos o equipos de sonido a exposición al público en la circunscripción del municipio;
- e) Administrar la biblioteca pública del municipio;
- f) Promoción y gestión de parques, jardines y lugares de recreación;
- g) Gestión y administración de farmacias municipales populares;
- h) La prestación del servicio de policía municipal;
- i) Cuando su condición financiera y técnica se los permita, generar la energía eléctrica necesaria para cubrir el consumo municipal y privado;

- j) Delimitar el área o áreas que dentro del perímetro de sus poblaciones puedan ser autorizadas para el funcionamiento de los siguientes establecimientos: expendio de alimentos y bebidas, hospedaje, higiene o arreglo personal, recreación, cultura y otros que por su naturaleza estén abiertos al público;
- k) Desarrollo de viveros forestales municipales permanentes, con el objeto de reforestar las cuencas de los ríos, lagos, reservas ecológicas y demás áreas de su circunscripción territorial para proteger la vida, salud, biodiversidad, recursos naturales, fuentes de agua y luchar contra el calentamiento global;
- l) Las que por mandato de ley, le sea trasladada la titularidad de la competencia en el proceso de descentralización del Organismo Ejecutivo; y,
- m) Autorización de las licencias de construcción, modificación y demolición de obras públicas o privadas, en la circunscripción del municipio.

**Artículo 69. Obras y servicios a cargo del gobierno central.** El Gobierno Central u otras dependencias públicas podrán, en coordinación con los planes, programas y proyectos de desarrollo municipal, prestar servicios locales cuando el municipio lo solicite.

**Artículo 72. Servicios públicos municipales.** El municipio debe regular y prestar los servicios públicos municipales de su circunscripción territorial y, por lo tanto, tiene competencia para establecerlos, mantenerlos, ampliarlos y mejorarlos, en los términos indicados en los artículos anteriores, garantizando un funcionamiento eficaz, seguro y continuo y, en su caso, la determinación y cobro de tasas y contribuciones equitativas y justas. Las tasas y contribuciones deberán ser fijadas atendiendo los costos de operación, mantenimiento y mejoramiento de calidad y cobertura de servicios.<sup>15</sup>

#### **4.7.2. Reglamento del manejo de desechos sólidos para el municipio de Guatemala (Acuerdo Comunitario 028-2002)**

**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 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 medio determinados en el presente Reglamento.

---

<sup>15</sup> Congreso de la República de Guatemala. *Código municipal (Decreto 12-2002)*. p. 2-26.

**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 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 recolector.
- 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, en el cual se puede 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 y 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) Implementar programas y actividades que tiendan a reducir gradualmente los volúmenes de basura generada.
- h) Promover la clasificación, selección, recuperación, reutilización y reciclado de los desechos sólidos que así lo permitan.
- i) Establecer procedimientos administrativos para el control y sanción de los infractores de este Reglamento y demás disposiciones municipales vinculadas con el manejo de los desechos sólidos.
- j) Promover y garantizar la participación ciudadana en los procesos de fiscalización y control del manejo de desechos sólidos, a través de los Concejos de Desarrollo Municipal.
- k) Cualquier otra actividad que sea necesaria para el manejo adecuado de desechos sólidos y saneamiento ambiental que se generen en el municipio.

**Artículo 6.** La Municipalidad de Guatemala, a través de la Dirección de Medio Ambiente y dentro del ámbito de su competencia, vigilará, verificará y fiscalizará el cumplimiento del presente Reglamento. La Dirección del Medio Ambiente de la Municipalidad de Guatemala, por los medios y con los recursos que disponga, afrontará la problemática ambiental del Municipio con la participación de todos los sectores involucrados, coordinando y promoviendo la concientización masiva que permita el cambio de hábitos y conductas que promuevan la eliminación de focos de contaminación del medio ambiente y prevengan su generación. Corresponde al departamento de limpieza ser el responsable y ejecutar los programas de saneamiento ambiental que en esta materia acuerde la Municipalidad de Guatemala, sin perjuicio de las disposiciones legales existentes a nivel nacional, en materia ambiental y sanitaria.

**Artículo 7.** El proceso de manejo de desechos sólidos comprende:

- a) El almacenamiento temporal,
- b) La recolección,
- c) El transporte,
- d) La recuperación (que incluye la reutilización y el reciclaje),
- e) El tratamiento; y
- f) La disposición final.

**Artículo 8.** En todo proyecto, obra, industria o cualquier actividad que desarrolle toda persona individual o jurídica y que por sus características requiera de un Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental, deberá contemplarse una evaluación relacionada con el proceso de manejo de desechos sólidos que el mismo tendrá y en el que se involucrará a la Municipalidad de Guatemala para su autorización, control y supervisión.

**Artículo 9.** En aquellos casos en que se autoricen sitios de almacenamiento temporal de desechos sólidos, se deberá cumplir como mínimo, con las siguientes condiciones:

- a) Separar los desechos sólidos para facilitar su clasificación de desechos sólidos orgánicos, no orgánicos y materiales de potencial reciclable. El recolector de basura está comprometido a promover entre los usuarios del servicio, la separación de la basura en forma adecuada.
- b) Permitir a los recolectores su fácil acceso y extracción; si el lugar de almacenamiento está en el interior de la propiedad, deber ser accesible y estar cercano a los ingresos; de no ser así, deberá movilizar los desechos sólidos hacia un lugar accesible para la recolección, con anticipación al paso de los camiones recolectores.

**Artículo 44.** La Municipalidad de Guatemala promoverá y destinará áreas específicas para el proceso de separación de desechos sólidos para el reciclaje en el Vertedero de la zona 3, o en otros lugares que en el futuro autorice la Municipalidad de Guatemala.

**Artículo 45.** Con el fin de optimizar el espacio en el Vertedero y facilitar el reciclaje de los desechos que se producen en el Municipio de Guatemala, el proceso de separación se deberá realizar desde los lugares en que se genera y mientras esto se logra, se autorizará que lo ejecuten en el vertedero los separadores que actualmente efectúan esta actividad.

**Artículo 47.** El sitio autorizado por la Municipalidad de Guatemala para la disposición final de los desechos sólidos del Municipio, es el Vertedero ubicado al final de la 30 calle entre las zonas 3 y 7 de la Ciudad de Guatemala y otros que en el futuro autorice la Municipalidad de Guatemala.

**Artículo 48.** La Dirección de Medio Ambiente elaborará un Plan de Manejo Ambiental General para el vertedero, en el que se establecerán normas, metas y objetivos, con un sistema de monitoreo que estará sujeto a revisión y actualización en forma anual.

**Artículo 78.** Los Desechos Hospitalarios comunes, podrán disponerse en el vertedero de la zona 3.

**Artículo 79.** El manejo de Desechos Sólidos Hospitalarios, se hará conforme a lo establecido en el Acuerdo Gubernativo No 509-2001 Reglamento para el Manejo de Desechos Sólidos Hospitalarios, publicado en el Diario Oficial con fecha 9 de enero del 2002.

**Artículo 80.** Con el fin de evitar la proliferación de basureros clandestinos, los propietarios de lotes o terrenos baldíos tienen la obligación de circularlos. Se da un plazo de seis (6) meses a partir de la vigencia de este Reglamento para que cumplan con esta disposición.<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> Municipalidad de Guatemala. *Reglamento del manejo de desechos sólidos para el municipio de Guatemala (Acuerdo Comunitario 028-2002)*. p. 1-8.



## 5. DESARROLLO EXPERIMENTAL

### 5.1. Campo muestral

Para el desarrollo experimental de la caracterización de desechos sólidos se debe determinar un campo muestral, el cual es obtenido por medio de la fórmula del Dr. Kunitoshi Sakurai, experto en desechos sólidos para la OPS (Organización Panamericana de la Salud).

$$n = \frac{Z^2 * pq * N}{N * E^2 + Z^2 * pq}$$

Donde:

- n = tamaño de la muestra
- N = número total de viviendas
- pq = variabilidad de la población
- $Z^2$  = grado de confianza
- E = error permisible en la estimación de producción *pér cápita*.

Según criterios del Dr. Sakurai y la información recolectada a través del levantamiento catastral realizado previamente, se obtienen los siguientes datos:

- N = 461 casas
- pq = 0,04 gr/hab/día
- $Z^2$  = 1,96, con un grado de confianza del 95 %
- E = 5 %

$$n = \frac{1,96^2 * 0,04 * 461}{461 * 0,05^2 + 1,96^2 * 0,04} = 54,49 \text{ casas}$$

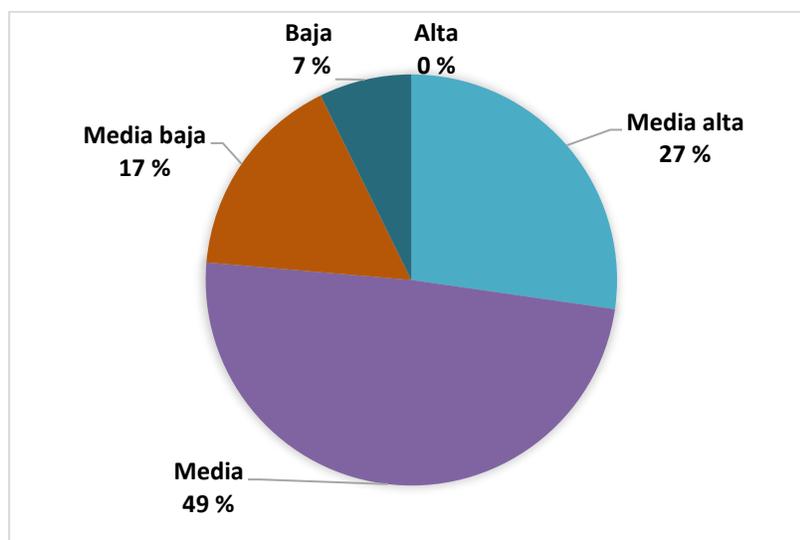
El campo muestral para la caracterización de desechos sólidos será de 55 viviendas.

## 5.2. Estudio de resultados obtenidos de encuestas

Como parte de la caracterización de los desechos sólidos del municipio de El Tejar Chimaltenango, se realizó una encuesta por casa (apéndice 1), de la cual se obtuvieron los siguientes resultados:

En cuanto al nivel económico de la población se clasificaron en 5 niveles económicos, distribuidos de la siguiente manera:

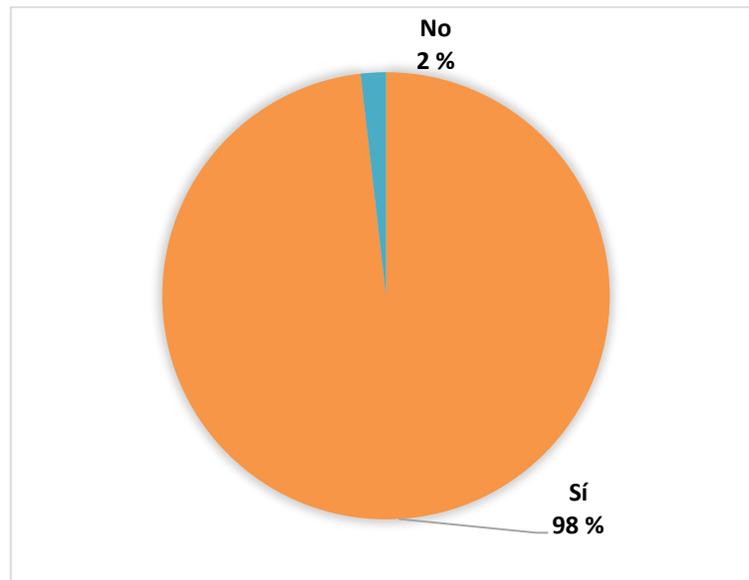
Figura 17. Nivel económico de la población en el municipio de El Tejar



Fuente: elaboración propia.

Con respecto al servicio de recolección de basura se obtuvo que el 98 % de la población sí recibe el servicio de recolección de residuos sólidos; mientras que el 2 % que no lo recibe, prefiere quemarlos en su vivienda.

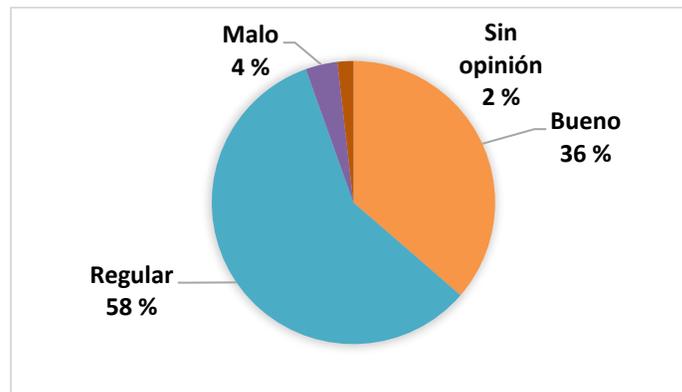
Figura 18. **Población que posee el servicio de recolección de basura**



Fuente: elaboración propia.

El servicio de recolección de basura en las encuestas fue clasificado en tres categorías: bueno, malo y regular. En el municipio, el servicio mayormente fue clasificado como regular con un 58 %, como se muestra en la siguiente gráfica.

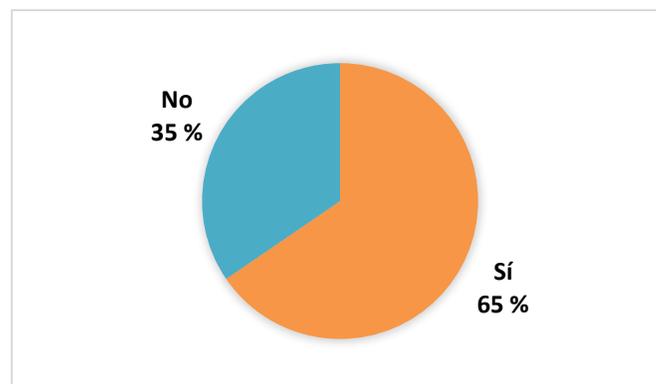
Figura 19. **Clasificación del servicio de recolección de basura**



Fuente: elaboración propia.

Con respecto al reciclaje, en la actualidad, es en su mayoría practicada no solo por el aspecto de ayudar al medio ambiente; también, porque reciben cierta remuneración económica, como se muestra en la siguiente gráfica, que muestra que un 65 % de la población del municipio sí lo practica.

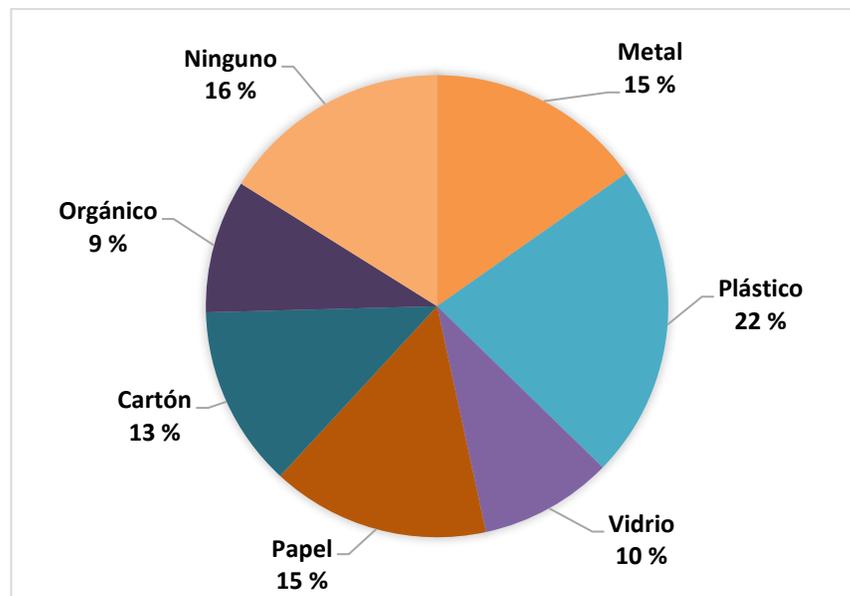
Figura 20. **Práctica del reciclaje en El Tejar**



Fuente: elaboración propia.

De todos los desechos sólidos producidos en el municipio de El Tejar, que son reciclados, se consideró la siguiente clasificación: metal, plástico, vidrio, papel, cartón y orgánico, de los cuales el metal y el papel son los materiales que más clasifican en el municipio, como se muestra en la siguiente gráfica.

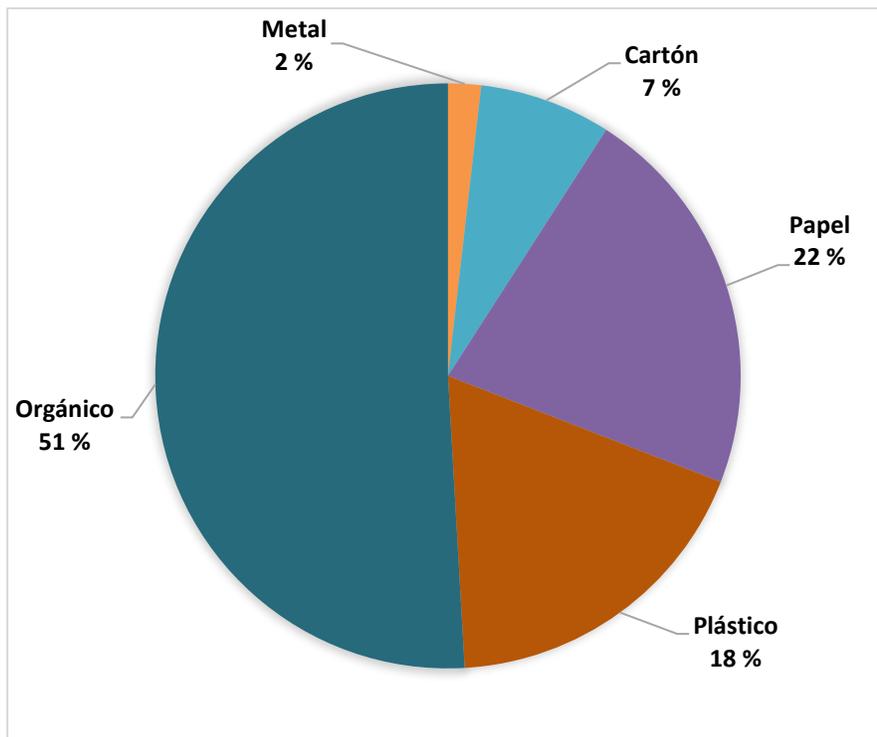
Figura 21. **Desechos sólidos reciclados**



Fuente: elaboración propia.

De todos los desechos sólidos producidos en el municipio de El Tejar, se consideró la siguiente clasificación: metal, plástico, vidrio, papel, cartón y orgánico; de los cuales el orgánico es el desecho sólido mayormente producido por la población según las encuestas, como se muestra en la siguiente gráfica.

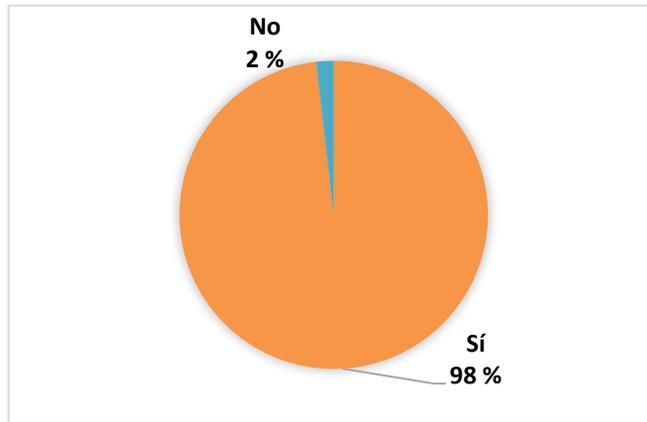
Figura 22. **Porcentaje de cada desecho sólido producido en el municipio**



Fuente: elaboración propia.

En la encuesta realizada para este trabajo de graduación, se le cuestionó a la población si estuviera dispuesta a clasificar siempre los desechos sólidos previamente al servicio de recolección de basura; de lo cual se obtuvo que el 98 % de la población sí estaría dispuesto a realizar el reciclaje, como se muestra en la siguiente gráfica.

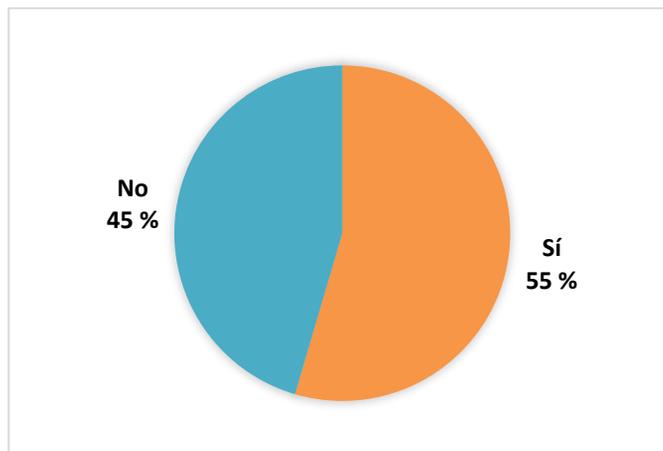
Figura 23. **Población del municipio dispuesta a reciclar**



Fuente: elaboración propia.

No toda la población conoce qué es o cómo se realiza el compostaje; sin embargo, el 55 % de la población sí lo conoce y lo práctica, como se muestra en la siguiente gráfica.

Figura 24. **Compostaje**



Fuente: elaboración propia.

### 5.3. Cálculo y cuantificación de los desechos sólidos domiciliarios recolectados

Los desechos sólidos del municipio de El Tejar, Chimaltenango fueron recolectados dos veces por una semana, el cual se realizó brindándoles bolsas negras a las viviendas con letreros pegados de qué tipo de desecho sólido debían depositar en esta.

Para la determinación del peso y el volumen de los desechos sólidos se utilizó un recipiente cilíndrico con un volumen de  $0,0172 \text{ m}^3$ . y una balanza con una precisión de  $\pm 0,0625 \text{ lb}$ . Las cuales se muestran en las siguientes imágenes.

Figura 25. **Balanza**



Fuente: elaboración propia.

Figura 26. **Recipiente cilíndrico para el volumen**



Fuente: elaboración propia.

### 5.3.1. **Peso**

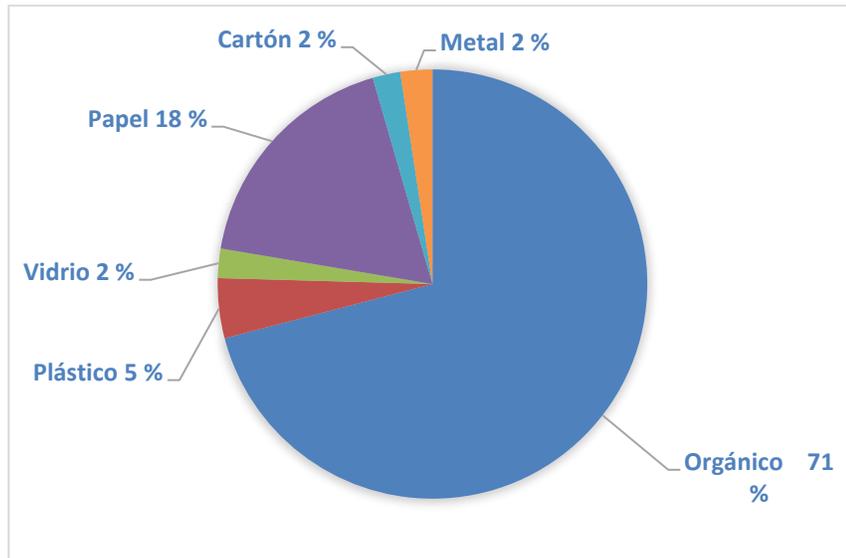
El peso de los desechos sólidos producidos por las viviendas de la muestra de cálculo, los cuales se encuentran en los apéndices 2, 3, 4 y 5. A continuación, se encuentra una tabla resumen de los pesos de los desechos sólidos según su clasificación.

Tabla X. **Peso de los desechos sólidos de El Tejar**

<b>Desecho sólido</b>	<b>Peso (kg)</b>
Orgánico	544,57
Plástico	34,66
Vidrio	16,95
Papel	137,1
Cartón	15,98
Metal	18,45
Total	767,75

Fuente: elaboración propia.

Figura 27. **Porcentaje de los desechos sólidos recolectados**



Fuente: elaboración propia.

### 5.3.2. Volumen

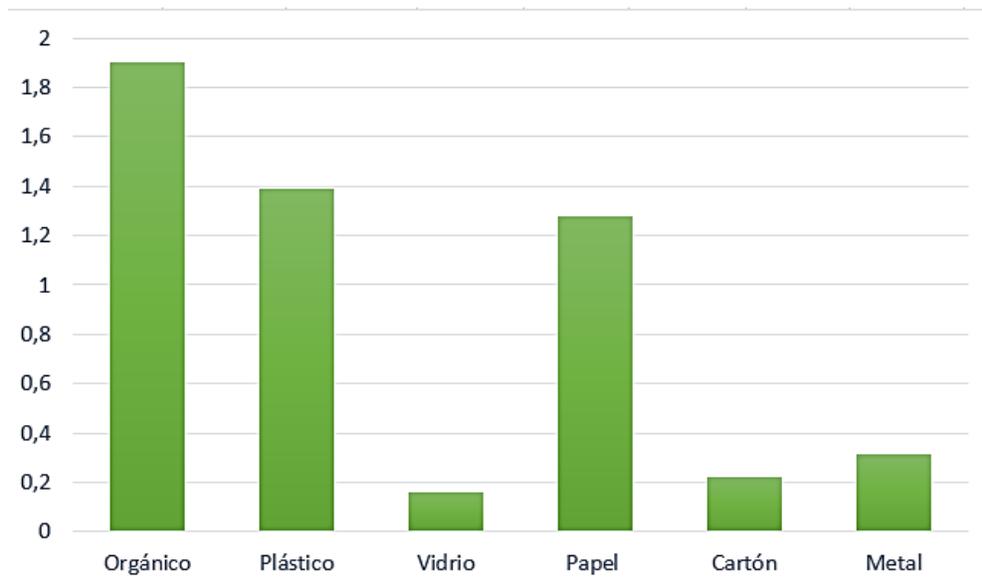
La medición del volumen fue realizada con los residuos sólidos compactados y sueltos, según se muestran en los apéndice 6 y 7 y realizado como se muestra en los apéndices 8 y 9. Se colocó el desecho sólido en el cilindro a fin de cubrir todos los espacios vacíos sin ser comprimidos para el suelto; mientras que para el compactado los desechos sólidos se aplastaron lo máximo posible en el recipiente. El volumen de los desechos sólidos recolectados se muestra en la siguiente tabla.

Tabla XI. **Volumen suelto**

<b>Desecho sólido</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>
Orgánico	1,9
Plástico	1,391
Vidrio	0,157
Papel	1,279
Cartón	0,222
Metal	0,314
Total	5,26

Fuente: elaboración propia.

Figura 28. **Volumen suelto**



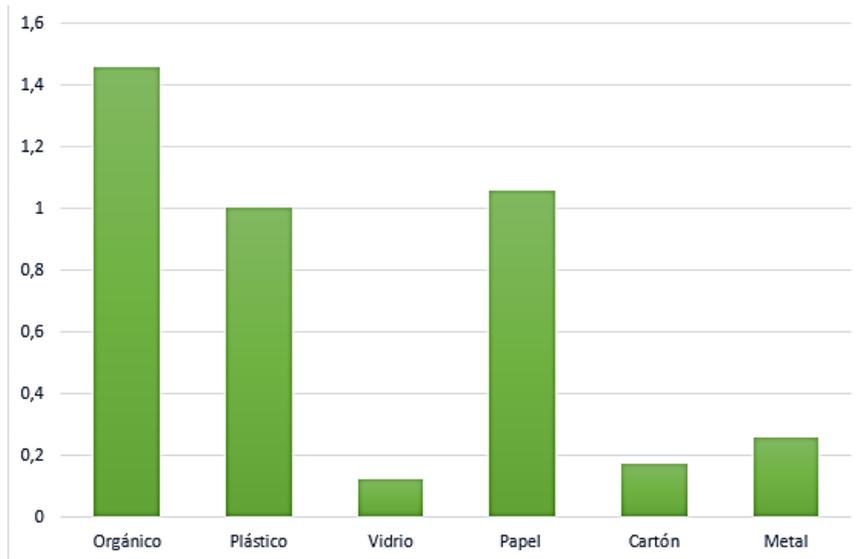
Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Volumen compactado**

<b>Desecho sólido</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>
Orgánico	1,46
Plástico	1,006
Vidrio	0,127
Papel	1,059
Cartón	0,177
Metal	0,26
Total	4,09

Fuente: elaboración propia

Figura 29. **Volumen compactado**



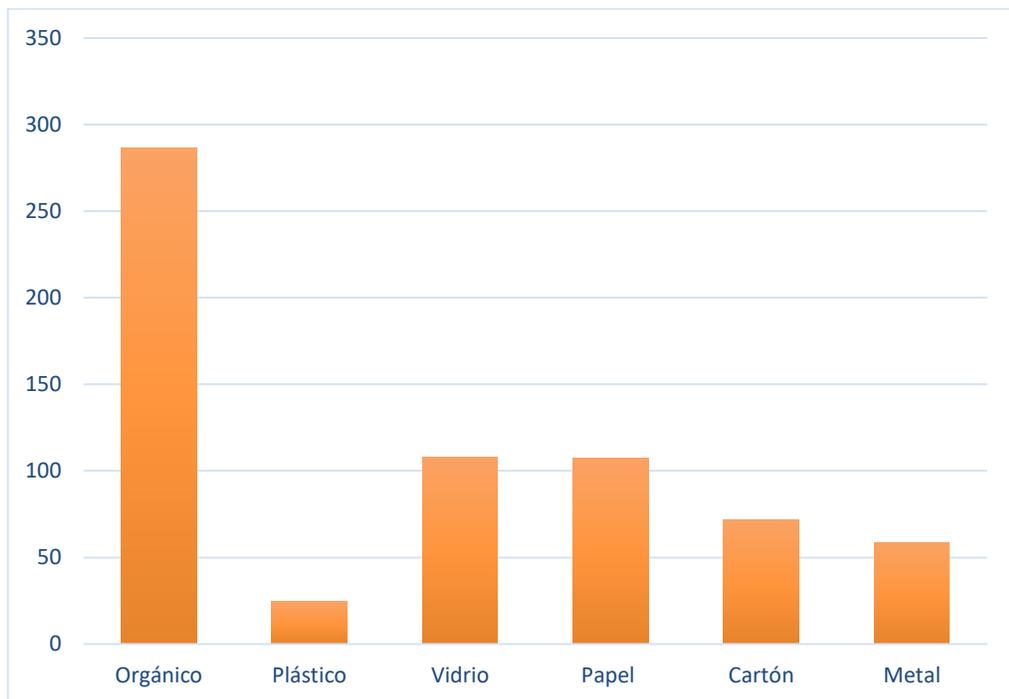
Fuente: elaboración propia.

### 5.3.3. Densidad o peso específico

El cálculo de la densidad se realizó con el volumen suelto y compactado; se utilizó la ecuación siguiente:

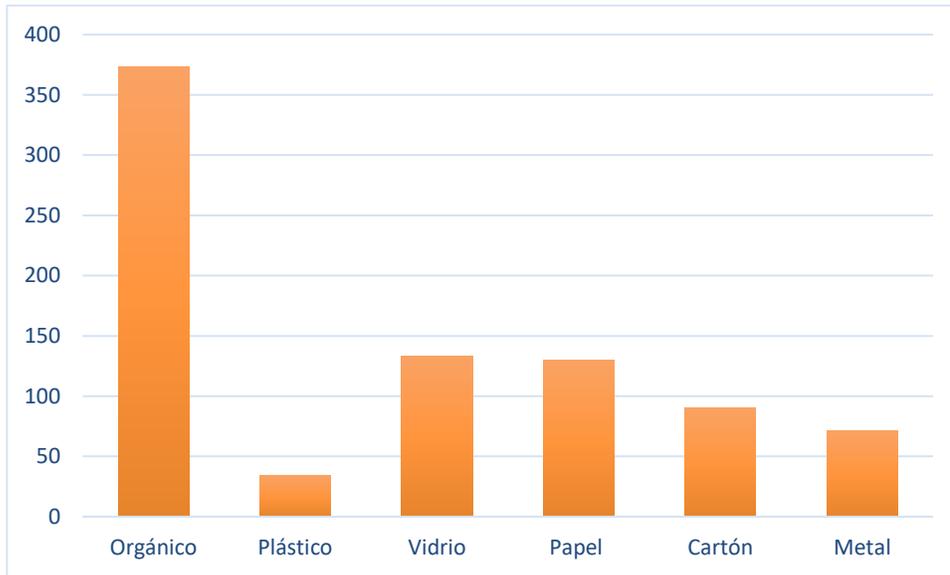
$$Densidad = \frac{masa (kg)}{volumen (m^3)}$$

Figura 30. Densidad suelta



Fuente: elaboración propia.

Figura 31. **Densidad compactada**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Densidades de los desechos sólidos**

Desecho sólido	Densidad suelta (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad compactada (kg/m <sup>3</sup> )
Orgánico	288,62	373,00
Plástico	24,91	34,45
Vidrio	107,96	133,46
Papel	107,22	129,50
Cartón	71,97	90,27
Metal	58,77	70,98

Fuente: elaboración propia.

#### 5.4. Cálculo de la generación de desechos sólidos del municipio de El Tejar, Chimaltenango

Para el cálculo de los desechos sólidos generados, se requiere el cálculo de la producción *per cápita*, la cual se realizó con los datos obtenidos del peso de desechos sólidos y la cantidad de habitantes del municipio; se utilizó la siguiente ecuación:

$$PPC = \frac{\text{peso total de la basura en kilogramos}}{\text{No. de habitantes}} * \frac{1}{\text{No. días}}$$

Al ingresar los datos obtenidos:

$$PPC = \frac{767,75 \text{ kg}}{259 \text{ habitantes}} * \frac{1}{7 \text{ días}} = 0,42$$

En el municipio de El Tejar, la producción *per cápita* es de 0,42 kilogramos por habitante al día.



## **6. ANÁLISIS DE DATOS OBTENIDOS**

### **6.1. Propuesta para el manejo de desechos sólidos en el municipio de El Tejar, Chimaltenango**

El manejo adecuado de los desechos sólidos es de suma importancia para diversos factores de la vida del ser humano, como fue descrito a lo largo de este trabajo de graduación. Las mejores opciones para el control de la producción de desechos sólidos y su manejo son: reducción, reutilización, compostaje y reciclaje.

#### **6.1.1. Reducción**

La reducción es uno de los principales métodos que favorecen al manejo de desechos sólidos, debido a que, sí minimiza su generación de estos, menor será el espacio por disponer para los rellenos sanitarios y menos impacto ambiental. En la actualidad, la reducción se está convirtiendo en uno de los métodos más utilizados por la población en general.

Las formas en las que la reducción está siendo implementada son:

- Reducción del uso de bolsas plásticas a través del uso de bolsas de tela o recipientes de plásticos.
- Prohibición del uso de materiales desechables y promover el uso de recipientes plásticos o de vidrio.
- Uso de baterías solo recargables.
- Utilizar ambas caras de las hojas de papel.

- Utilizar material reciclable.

De las cuales la población del municipio no cumple aún con todas ellas, y las que son cumplidas solo es por una parte de la población. Sin embargo, si este método fuera implementado y exigido en el municipio sería de gran ayuda para la disminución de los desechos sólidos generados por la población.

### **6.1.2. Reutilización**

La reutilización es una acción en la cual se pueden reducir los desechos sólidos dándoles un segundo uso, ya sea de la misma manera que se utilizó por primera vez o dándole un uso distinto modificándolo de una manera simple y útil.

Los vecinos del municipio de El Tejar Chimaltenango, con base en los comentarios que se obtuvieron en la realización de las encuestas, son personas dispuestas a poner de su parte en la reutilización de los desechos sólidos, ya que en su mayoría sí realizan el reciclaje y reutilización o están dispuestos a realizar actividades relacionadas.

### **6.1.3. Reciclaje**

Esta es una de las acciones más conocidas por la población en general, ya que desde los colegios y escuelas han ido inculcando esta cultura en los niños, los cuales la transmiten en su hogar tratando de aplicar las mismas acciones en su casa.

Los vecinos de El Tejar Chimaltenango, con base en las encuestas se obtuvo que un 65 % de los encuestados si reciclan en su casa, y el 98 % de las viviendas encuestadas si están dispuestas a reciclar todos los desechos sólidos

posibles, ya sea para llevarlos ellos a una recicladora o para que a las personas encargadas de la recolección de basura se les facilite esta acción.

#### **6.1.4. Compostaje**

El compostaje es una de las acciones menos conocidas por la población en general, ya que no es una práctica que sea muy inculcada en los establecimientos educativos, ni es anunciada en las redes sociales o medios de comunicación que son los medios por los cuales las personas pueden estar enteradas de su realización.

Sin embargo, los vecinos de El Tejar Chimaltenango en un 55 % de los encuestados si conocen que es el compostaje y lo realizan en casa.

#### **6.2. Necesidad de un relleno sanitario en el municipio de El Tejar**

El municipio de El Tejar no cuenta con un basurero que clasifique los residuos sólidos que son generados por la población; el lugar en el cual son desechados es en el botadero de Tzan Juyú, el cual según indican los vecinos del municipio se ha convertido en un criadero de vectores animados.

El peligro inminente que causan también los basureros clandestinos, es algo que debe ser erradicado debido a que no solo promueve la proliferación de criaderos de vectores animados y afecta a la salud de la población; también, están comenzando a contaminar los cuerpos de agua que se encuentran en el municipio, lo cual no solo afecta al municipio sino a todos los lugares que se abastecen de agua potable proveniente de estos nacimientos.

Por los motivos mencionados previamente y otros que posiblemente no se han encontrado hasta la fecha, se requiere del plan de elaboración de un relleno sanitario en el municipio de El Tejar Chimaltenango, con el fin de realizar el manejo adecuado de los residuos sanitarios, para erradicar los problemas antes mencionados en beneficio de la población y el ambiente. Considerando que la mayoría de la población se encuentra en un nivel medio, el plan de gestión de un relleno sanitario es algo que podría ser factible de realizar a futuro.

## CONCLUSIONES

1. El campo muestral para la caracterización de los desechos sólidos del municipio de El Tejar Chimaltenango fue determinado utilizando el método del Dr. Kunitoshi Sakurai, experto en desechos sólidos para la Organización Panamericana de la Salud, el cual dio como resultado 55 viviendas encuestadas cuyos desechos sólidos fueron recolectados y analizados en la realización de este trabajo de graduación.
2. Los desechos sólidos domiciliarios actualmente son dispuestos en su mayoría en el botadero de Tzan Juyú; mientras que otra parte de los desechos es destinada a los basureros clandestinos que en su mayoría se encuentran cerca de los nacimientos de agua del municipio, según la inspección visual realizada.
3. Los desechos sólidos de las 55 casas del campo muestral fueron en total 767,75 kg cuantificados y clasificados en: orgánico, plástico, vidrio, papel, cartón y metal, los cuales dieron un total de 5,26 m<sup>3</sup> de volumen suelto y 4,09 m<sup>3</sup> de volumen suelto, se obtuvo una producción *per cápita* de 0,42 kg/hab/día; mientras que las densidades obtenidas pueden ser apreciadas en la tabla XIII.
4. La caracterización de los desechos sólidos del municipio era de suma importancia realizarla, ya que es un factor que afecta tanto a la población como al medio ambiente, debido a su mal manejo.

5. La razón principal de la realización de este trabajo de graduación es para dejar una investigación previa que sea de ayuda para la futura realización de un plan para el manejo de los residuos sólidos del municipio, así como de la posible realización de un relleno sanitario, ya que los estudios preliminares se encuentran expresados anteriormente.

## RECOMENDACIONES

1. Concientizar a la población para que continúe o empiece a implementar el reciclaje, la reutilización, la reducción y el compostaje en sus rutinas diarias con el fin de reducir los efectos negativos de los residuos sólidos.
2. Realización de talleres por parte de la municipalidad en los cuales se demuestre como es la elaboración del compostaje, para tener un suelo mejor para realizar la plantación y de esta forma reducir los desechos sólidos orgánicos y aprovecharlos para bien.
3. Considerar la gestión de un plan para un relleno sanitario en el municipio que se considere factible y apto para la cantidad de residuos sólidos producidos.
4. Fomentar en casa y en el municipio la separación de los residuos sólidos por medio de basureros identificados ya sea con nombre o colores, con el fin de facilitar la recolección y promover el reciclaje.
5. Mejorar el servicio de recolección de basura en el municipio, para ayudar a crear conciencia en la población que no le da importancia al manejo de los residuos sólidos debido al mal servicio por parte de la municipalidad.



## BIBLIOGRAFÍA

1. ÁNGEL ENRÍQUEZ, Teresa Alejandra. *Caracterización de residuos sólidos domiciliarios del condominio Vilas de la Meseta, San Lucas Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 55 p.
2. BASTERRECHEA, Manuel. *Estudio reforma de la estructura del manejo de residuos sólidos en la cuenca sur del lago de Amatitlán*. Guatemala: Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán (AMSA), 2012. 365 p.
3. EGUIZÁBAL LEÓN, Ana Rebeca. *Caracterización de desechos sólidos domiciliarios en colonia Los Naranjales, zona 4, municipio de Escuintla*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2017. 71 p.
4. GÁLVEZ CATALÁN, Javier Antonio. *Caracterización de 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*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 138 p.
5. GONZÁLEZ, Julián. *Residuos sólidos urbanos, módulo I: contaminación ambiental*. España: Escuela de Negocios, 2008. 105 p.

6. GREENPEACE. *Manual ciudadano sobre desechos sólidos*. Guatemala: Fondo de Cultura Editorial, 1998. 93 p.
7. INSIVUMEH *Meteorología*. [en línea]. Actualizada: 7 de julio 2018. <<http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia.html>>. [Consulta: 10 de agosto de 2018].
8. JARAMILLO, Jorge. *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*. Washington, DC.: Francisco Zepeda, 1991. 211 p.
9. MENDOZA, Colomer; GALLARDO, Francisco. *Tratamiento y gestión de residuos sólidos*. México: Limusa, 2007. 319 p.
10. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Acuerdo Gubernativo No. 23-2003. Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental*. Guatemala: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2003. 22 p.
11. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Acuerdo Gubernativo No. 281-2015. Política nacional para la gestión integral de residuos y desechos sólidos*. Guatemala: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2015. 2 p.
12. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. *Acuerdo Gubernativo No. 509-2001. Política nacional para el manejo de desechos sólidos hospitalarios*. Guatemala: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2001. 12 p.

13. Presidencia de la República de Guatemala. *Acuerdo Gubernativo No. 111-2005. Política Nacional para el manejo integral de los residuos y desechos sólidos*. Guatemala: Presidencia de la República de Guatemala, 2005. 28 p.
14. SAKURAI, Kunitoshi. *Hdt 17: método sencillo del análisis de residuos sólidos*. [en línea]. Japón: CEPIS/OPS. Asesor Regional en Residuos Sólidos, 2000.
15. SEGEPLAN/DPT. *Plan de desarrollo El Tejar, Chimaltenango*. Guatemala: Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de El Tejar y Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia; Dirección de Planificación Territorial, 2010. 110 p.
16. SIMMONS, Charles. *Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala*. Guatemala: Editorial de Ministerio de Educación Pública 'José de Pinera Ibarra', 1986. 997 p.
17. TCHOBANOGLOUS, George; THEISEN, Hilary; VIGIL, Samuel. *Gestión integral de residuos sólidos*. Madrid: McGraw-Hill, 1994. 454 p.
18. UNDA OPAZO, Francisco. *Ingeniería sanitaria aplicada a saneamiento y salud pública*. México: Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana, 1969. 870 p.



# APÉNDICES

## Apéndice 1. Encuesta



### 'CARACTERIZACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES, EN LA CABECERA DEL MUNICIPIO DE EL TEJAR, DEL DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO'

Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala

Encuestador: Katerine de Paz

### ENCUESTA

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

Vivienda No \_\_\_\_\_

1. ¿Cuántas personas viven en su hogar? \_\_\_\_\_
2. ¿El lugar donde habita es propio o alquilado?  
 Propio                       Alquilado
3. Según los ingresos de su hogar ¿en qué nivel económico se considera?  
 Alta     Media alta     Media     Media baja     Baja
4. ¿Recibe un servicio de recolección de residuos sólidos?     Sí     No
5. Si recibe servicio de recolección de residuos sólidos, ¿qué hace con su \_basura?  
 Enterrarla     Quemarla     Dejarla en terrenos baldíos     Con un vecino
6. ¿Cuántos días a la semana pasa el servicio de recolección de basura? \_\_\_\_\_
7. ¿Qué días de la semana pasa el servicio de recolección de basura?  
 Lunes                       Jueves                       Domingo  
 Martes                       Viernes                       Ninguno  
 Miércoles                       Sábado

Continuación del apéndice 1.

8. ¿En qué horario recibe el servicio de recolección de basura?  
 5:00 – 8:00     8:00 – 11:00     11:00 – 13:00     13:00 en adelante
9. Según su opinión, ¿cómo considera el servicio de recolección de basura?  
 Bueno     Regular     Malo
10. ¿Qué problemas detecta en el servicio de recolección de basura?  
 No pasa el camión     Horario inadecuado  
 Falta de cortesía     No recogen todo  
 Dejan caer basura     Ninguno  
 Mala organización     Otro: \_\_\_\_\_
11. ¿Sabe cuál es el destino final de su basura?     Sí     No
12. ¿Conoce lo que es el reciclaje?     Sí     No
13. ¿Practica el reciclaje en su vivienda de alguna manera?     Sí     No
14. ¿Qué tipos de desechos sólidos clasifica?  
 Metal     Papel     Ninguno  
 Plástico     Cartón  
 Vidrio     Orgánicos
15. ¿Cuál es el desecho sólido que más se produce en su hogar? \_\_\_\_\_
16. ¿Considera usted que el mal manejo de los desechos sólidos causa daños a la salud?     Sí     No
17. ¿Estaría usted dispuesto a colaborar clasificando la basura en su hogar antes de ser recolectada por el servicio de recolección designado?     Sí     No
18. ¿Conoce usted que es el compostaje?     Sí     No

**¡Gracias!**

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 2. Datos de peso de los desechos sólidos

No. de vivienda	Desechos sólidos (lb)					
	Orgánico	Plástico	Vidrio	Papel	Cartón	Metal
1	19,8	0,95	1	3,2	4,9	3,4
2	9,7	0,5	0	0,6	0	0
3	23,4	1,5	0	5,85	3,8	2,6
4	25,3	2,15	1,55	8,35	0	1,4
5	20,1	1,7	2,74	4,25	0	0
6	19,4	0,84	0	3,65	2,1	1,6
7	26,9	1,64	0	5,3	0	0
8	25,7	2,3	0	7,25	0	0
9	21,3	1,6	0	3,45	2,4	0,95
10	20,8	1,54	0	5,25	0	0
11	21,1	1,43	0	2,65	0	0
12	20,5	2,05	0	4,25	2,1	1,45
13	19,5	1,35	0	4,6	0	0
14	19,85	1,26	0	5,15	0	0
15	21,2	0,8	0	4,75	0,5	0,6
16	20,1	3,5	0	5,15	0	0
17	19,7	1,65	0	4,9	0	0
18	28,75	2,54	2,45	7,9	0	3,8
19	20,32	1,2	0	4,75	4,3	0
20	21,58	2,8	3	5,15	0	2,6
21	30,7	3,15	0	8,25	0	0
22	27,65	2,9	0	8,4	0	0
23	25,85	3,05	0	7,15	0	2,15
24	21,55	2,25	1,75	4,75	0	0
25	23,6	3,7	2,9	5,55	1,9	1,76
26	18,9	1,35	0	3,25	0	0
27	27,76	2,65	2,4	8,35	0	0
28	24,85	1,74	1,4	5,25	0	1,5
29	21,3	0,8	0	4,45	0	0
30	20,45	1,3	0	3,05	0	0,85
31	22,6	0,8	0	8,25	3,5	0
32	20,75	1,25	4,25	7,15	0	0,5
33	21,55	0,85	0	6,3	0	4,6
34	22,8	1,7	0	8,55	0	0
35	27,55	0,5	0	10,25	0	4,15
36	21,25	1,2	0	5,25	1,75	0
37	28,75	3,45	4,3	8,15	0	0
38	20,85	1,1	0	4,3	0	0,75
39	18,8	0,85	0	5,35	2,25	0
40	17,9	0,4	0	2,25	0	0
41	19,75	0,3	0	6,3	0	1,4
42	22,7	1,8	1,65	7,15	1,9	0
43	21,4	1,4	0	8,15	0	0
44	21	0,6	0	5,5	0	2
45	20,4	0,3	0	4,25	0	0
46	24,5	0,4	0	8,6	0	0
47	19,4	0,35	0	3,2	1,6	1,2
48	23,7	0,25	2,9	6,5	0	0
49	18,9	0,6	2,2	5,45	0	0
50	20,8	0,45	0	6,25	0	0,8
51	19,4	0,3	0	3,9	1,25	0
52	16,85	0,25	0	2,5	0	0
53	19,6	0,3	0	4,15	0	0,54
54	20,4	0,4	2,8	5,25	0	0
55	18,85	0,25	0	3,9	0,9	0
Total	1198,06	76,24	37,29	301,7	35,15	40,6

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Desechos sólidos clasificados y recolectados**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Medición del peso de los desechos sólidos**



Fuente: elaboración propia.

### Apéndice 5. Datos de volumen suelto de los desechos sólidos

No. de vivienda	Volumen suelto (m3)					
	Orgánico	Plástico	Vidrio	Papel	Cartón	Metal
1	0,033	0,01	0,008	0,026	0,04	0,02
2	0,01	0,008	0	0,005	0	0
3	0,027	0,016	0	0,05	0,005	0,012
4	0,03	0,018	0,01	0,054	0	0,013
5	0,029	0,05	0,011	0,021	0	0
6	0,035	0,017	0	0,018	0,008	0,015
7	0,036	0,012	0	0,052	0	0
8	0,031	0,01	0	0,055	0	0
9	0,038	0,021	0	0,025	0,005	0,01
10	0,04	0,02	0	0,015	0	0
11	0,04	0,021	0	0,019	0	0
12	0,04	0,052	0	0,02	0,01	0,021
13	0,04	0,02	0	0,016	0	0
14	0,03	0,013	0	0,048	0	0
15	0,042	0,026	0	0,021	0,013	0,018
16	0,038	0,053	0	0,02	0	0
17	0,039	0,014	0	0,012	0	0
18	0,05	0,022	0,01	0,015	0	0,016
19	0,041	0,021	0	0,018	0,008	0
20	0,039	0,055	0,012	0,01	0	0,012
21	0,052	0,024	0	0,013	0	0
22	0,048	0,018	0	0,01	0	0
23	0,043	0,021	0	0,06	0	0,021
24	0,035	0,052	0,01	0,014	0	0
25	0,032	0,055	0,013	0,022	0,01	0,008
26	0,024	0,04	0	0,013	0	0
27	0,045	0,07	0,015	0,01	0	0
28	0,041	0,024	0,01	0,014	0	0,005
29	0,038	0,029	0	0,01	0	0
30	0,037	0,025	0	0,008	0	0,012
31	0,016	0,01	0	0,005	0,026	0
32	0,042	0,024	0,011	0,01	0	0,018
33	0,025	0,013	0	0,01	0	0,035
34	0,043	0,02	0	0,015	0	0
35	0,045	0,021	0	0,012	0	0,012
36	0,019	0,012	0	0,046	0,011	0
37	0,04	0,072	0,01	0,02	0	0
38	0,038	0,021	0	0,015	0	0,01
39	0,037	0,016	0	0,02	0,013	0
40	0,012	0,035	0	0,022	0	0
41	0,04	0,02	0	0,01	0	0,015
42	0,042	0,025	0,01	0,013	0,01	0
43	0,025	0,012	0	0,056	0	0
44	0,042	0,023	0	0,012	0	0,008
45	0,041	0,022	0	0,015	0	0
46	0,039	0,018	0	0,061	0	0
47	0,013	0,01	0	0,008	0,028	0,01
48	0,044	0,022	0,007	0,02	0	0
49	0,028	0,046	0,012	0,023	0	0
50	0,03	0,017	0	0,059	0	0,012
51	0,035	0,018	0	0,02	0,01	0
52	0,015	0,021	0	0,038	0	0
53	0,037	0,02	0	0,026	0	0,011
54	0,039	0,024	0,008	0,028	0	0
55	0,01	0,012	0	0,021	0,025	0
Total	1,9	1,391	0,157	1,279	0,222	0,314

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. **Datos de volumen compactado de los desechos sólidos**

No. de vivienda	Volumen compactado (m3)					
	Orgánico	Plástico	Vidrio	Papel	Cartón	Metal
1	0,025	0,003	0,006	0,022	0,037	0,018
2	0,002	0,001	0	0,001	0	0
3	0,019	0,009	0	0,046	0,002	0,01
4	0,022	0,011	0,008	0,05	0	0,011
5	0,021	0,043	0,009	0,017	0	0
6	0,027	0,01	0	0,014	0,005	0,013
7	0,028	0,005	0	0,048	0	0
8	0,023	0,003	0	0,051	0	0
9	0,03	0,014	0	0,021	0,002	0,008
10	0,032	0,013	0	0,011	0	0
11	0,032	0,014	0	0,015	0	0
12	0,032	0,045	0	0,016	0,007	0,019
13	0,032	0,013	0	0,012	0	0
14	0,022	0,006	0	0,044	0	0
15	0,034	0,019	0	0,017	0,01	0,016
16	0,03	0,046	0	0,016	0	0
17	0,031	0,007	0	0,008	0	0
18	0,042	0,015	0,008	0,011	0	0,014
19	0,033	0,014	0	0,014	0,005	0
20	0,031	0,048	0,01	0,006	0	0,01
21	0,044	0,017	0	0,009	0	0
22	0,04	0,011	0	0,006	0	0
23	0,035	0,014	0	0,056	0	0,019
24	0,027	0,045	0,008	0,01	0	0
25	0,024	0,048	0,011	0,018	0,007	0,006
26	0,016	0,033	0	0,009	0	0
27	0,037	0,063	0,013	0,006	0	0
28	0,033	0,017	0,008	0,01	0	0,003
29	0,03	0,022	0	0,006	0	0
30	0,029	0,018	0	0,004	0	0,009
31	0,008	0,003	0	0,001	0,023	0
32	0,034	0,017	0,009	0,006	0	0,015
33	0,017	0,006	0	0,006	0	0,031
34	0,035	0,013	0	0,011	0	0
35	0,037	0,014	0	0,008	0	0,01
36	0,011	0,005	0	0,042	0,008	0
37	0,032	0,065	0,008	0,016	0	0
38	0,03	0,014	0	0,011	0	0,007
39	0,029	0,009	0	0,016	0,01	0
40	0,004	0,028	0	0,018	0	0
41	0,032	0,013	0	0,006	0	0,012
42	0,034	0,018	0,008	0,009	0,007	0
43	0,017	0,005	0	0,052	0	0
44	0,034	0,016	0	0,008	0	0,005
45	0,033	0,015	0	0,011	0	0
46	0,031	0,011	0	0,057	0	0
47	0,005	0,003	0	0,004	0,025	0,007
48	0,036	0,015	0,005	0,016	0	0
49	0,02	0,039	0,01	0,019	0	0
50	0,022	0,01	0	0,055	0	0,009
51	0,027	0,011	0	0,016	0,007	0
52	0,007	0,014	0	0,034	0	0
53	0,029	0,013	0	0,022	0	0,008
54	0,031	0,017	0,006	0,024	0	0
55	0,002	0,005	0	0,017	0,022	0
Total	1,46	1,006	0,127	1,059	0,177	0,26

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. **Medición de volumen de los desechos sólidos**



Fuente: elaboración propia.

