



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

**CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE LA COLONIA LA
FLORIDA, ZONA 19, CIUDAD DE GUATEMALA**

Aristides Alejandro Baldetti Cifuentes

Asesorado por el Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

Guatemala, septiembre de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE LA COLONIA LA
FLORIDA, ZONA 19, CIUDAD DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ARISTIDES ALEJANDRO BALDETTI CIFUENTES
ASESORADO POR EL ING. PEDRO ANTONIO AGUILAR POLANCO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Mario Estuardo Arriola Ávila
EXAMINADOR	Ing. Walter Rolando Salazar Gonzales
EXAMINADOR	Ing. Luis Estuardo Saravia Ramírez
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 DE LA COLONIA LA FLORIDA, ZONA 19, CIUDAD DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 17 de marzo de 2015.

Aristides Alejandro Baldetti Cifuentes

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería

Guatemala, 24 de mayo de 2017.

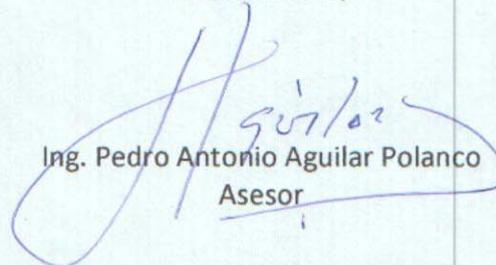
Ingeniero
Claudio César Castañón Contreras
Jefe del Departamento de Hidráulica
Escuela de Ingeniería Civil
USAC

Ingeniero Castañón:

Por este medio me permito dar aprobación al Trabajo de Graduación titulado:
"Caracterización de los Desechos Sólidos Domiciliarios de la Colonia La Florida, zona 19, Ciudad de Guatemala", desarrollado por el estudiante universitario **Aristides Alejandro Baldetti Cifuentes**, quien se identifica con carné universitario 2003-13014.

Por lo tanto, el autor de este trabajo y yo como Asesor, nos hacemos responsables del contenido y conclusiones del mismo.

Atentamente,



Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Asesor

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Ingeniero Civil
Colegiado 1307



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 11 de agosto de 2017

Ingeniero

Hugo Leonel Montenegro Franco

Director Escuela de Ingeniería Civil

Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero

Le informo que he revisado el trabajo de graduación titulado **"CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE LA COLONIA LA FLORIDA, ZONA 19, CIUDAD DE GUATEMALA"**, desarrollado por el estudiante de ingeniería civil **Aristides Alejandro Baldetti Cifuentes**, quien contó con la asesoría del ingeniero **Pedro Aguilar Polanco**.

Considero que este trabajo está bien desarrollado y habiendo cumplido con los objetivos doy mi *aprobación al mismo, solicitando darle el trámite respectivo.*

Sin otro particular, me despido atentamente.

"ID y Enseñad a Todos"


Ing. Luis Manuel Sandoval Mendoza
Jefe del Departamento de Hidráulica

FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC



USAC

TRICENTENARIA

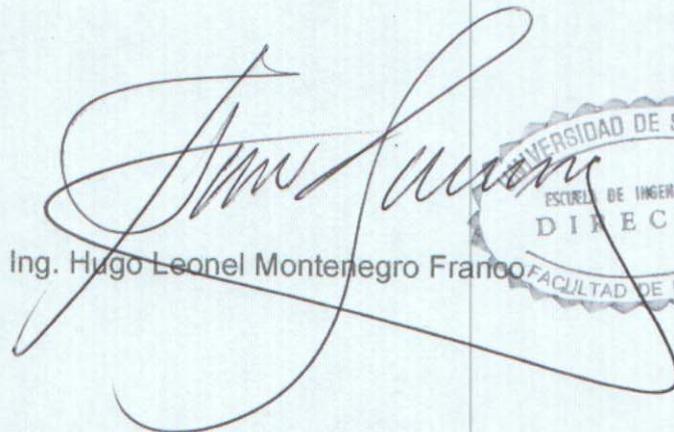
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

<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. Pedro Antonio Aguilar Polanco y Coordinador del Departamento de Hidráulica Ing. Luis Manuel Sandoval Mendoza, al trabajo de graduación del estudiante Aristides Alejandro Baldetti Cifuentes **CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE LA COLONIA LA FLORIDA, ZONA 19, CIUDAD DE GUATEMALA** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, septiembre 2017

/mrm.



Universidad de San Carlos
de Guatemala

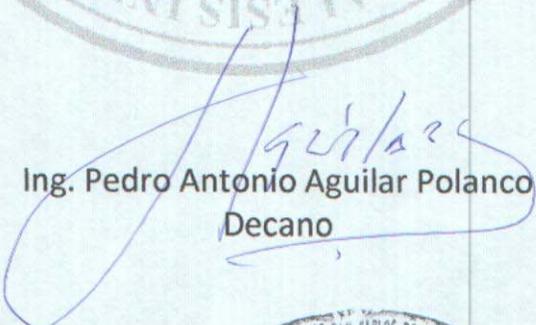


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 414.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE LA COLONIA LA FLORIDA, ZONA 19, CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Arístides Alejandro Baldetti Cifuentes**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, septiembre de 2017



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Mis padres** Dora Leticia Cifuentes Barrera y Alejandro Baldetti Lucas, como muestra de mi amor y respeto a su memoria. En paz descansen.
- Mi esposa** Eileen Marisabel Morales Pérez de Baldetti, por su amor, comprensión y apoyo incondicional.
- Mis hijos** Fiorella y Donato Baldetti Morales, por ser el motor que impulsa mi vida.
- Mis padres sustitutos** A quienes amo con todo mi corazón Jesús Barrera, Aristides Cifuentes (q. e. p. d.), Ruth y Clara Jeannette Cifuentes, que, sin su apoyo, esto no sería posible.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Gracias por iluminar mi vida y por las bendiciones recibidas a lo largo de mi vida.
Ingenieros Pedro Aguilar Polanco y Mario Corzo	Por compartir su enorme conocimiento y exigir siempre la superación personal.
Grupo de amigos	Por compartir cada reto y aventura en esto que se llama vida.
Mis primos	Roxana, Billy, Marco Vinicio, Angela, Fily, Celeste, Fernanda, Carlos y Daniel que son en realidad mis hermanos.
Mi familia	Por ser el pilar que me alienta a ser mejor cada día.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
1. CONCEPTOS BÁSICOS.....	1
1.1. Residuos sólidos	1
1.2. Propiedades y características físicas de los residuos sólidos	1
1.3. Principales tipos de residuos sólidos	3
1.3.1. Residuos orgánicos	3
1.3.2. Residuos inorgánicos	3
1.4. Características y usos de los diferentes tipos de residuos sólidos	4
1.4.1. Residuos orgánicos	4
1.1.1. Residuos inorgánicos	5
1.5. Origen y ubicación de los principales botaderos de basura de los alrededores del sector en estudio.....	13
1.6. Obtención de los residuos sólidos	18
1.7. Propiedades y características de los residuos sólidos orgánicos.....	20
1.7.1. Humedad	20
1.7.2. Densidad	21

1.7.3.	Poder calorífico	21
1.8.	Propiedades y características de los residuos sólidos inorgánicos.....	23
1.8.1.	Propiedades químicas.....	23
1.8.2.	El poder calorífico.....	23
1.8.3.	Peso específico y densidad de los residuos sólidos domiciliarios inorgánicos.....	24
1.8.4.	Granulometría	24
2.	MARCO LEGAL DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN GUATEMALA.....	27
2.1.	Marco jurídico institucional	27
2.2.	<i>Código de Salud</i> , Decreto 90-97 del Congreso de la República de Guatemala.....	27
2.3.	Municipalidad de Guatemala, <i>Reglamento de manejo de desechos sólidos para el municipio de Guatemala. Acuerdo COM No. 028-2002</i>	28
2.4.	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, <i>Reglamento para el manejo de desechos sólidos hospitalarios, Acuerdo Gubernativo No. 509-2001</i>	29
3.	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA.....	31
3.1.	Macrolocalización.....	31
3.1.1.	Indicadores generales	31
3.1.2.	Datos macroeconómicos.....	31
3.1.3.	Datos poblacionales	32
3.1.4.	Descripción geográfica.....	34
3.1.5.	Orografía de Guatemala.....	34
3.2.	Microlocalización	37

3.2.1.	Esquema de definición de zonas urbanas de la ciudad de Guatemala.....	37
3.2.2.	Datos históricos de la zona 19, colonia La Florida, ciudad de Guatemala.....	40
3.2.3.	Demografía.....	44
4.	CÁLCULO Y CUANTIFICACIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	47
4.1.	Situación actual de los desechos solidos	47
4.1.1.	Recolección	47
4.1.2.	Manejo y transporte	48
4.1.3.	Disposición final.....	48
4.2.	Cálculo del número de muestras o viviendas a evaluar	49
4.3.	Procedimiento para recolección de datos y muestreo	51
4.4.	Composición de los residuos sólidos en peso y porcentaje.....	54
4.5.	Cálculo de la densidad de los residuos solidos	58
4.5.1.	Densidad de residuos orgánicos.....	60
4.5.2.	Densidad de residuos inorgánicos.....	60
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	61
5.1.	Análisis de resultado obtenidos	61
5.2.	Producción per cápita.....	63
5.3.	Composición de los desechos sólidos de la zona 19 de la ciudad capital.....	63
	CONCLUSIONES	65
	RECOMENDACIONES	67
	BIBLIOGRAFÍA.....	69

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Basurero zona 3.....	15
2.	Basurero Km. 22,5 de la carretera al Pacífico (AMSA).....	17
3.	Basurero Km. 22,5 carretera al Pacífico (AMSA)	17
4.	Producción total de residuos	19
5.	Cálculo de la humedad en los residuos.....	20
6.	Cálculo del poder calorífico	22
7.	Mapa orográfico de Guatemala	36
8.	Distribución de las zonas de la ciudad capital	39
9.	Microlocalización	40
10.	Topografía de la zona 19	42
11.	Principales avenidas y calles de la zona 19	43
12.	Población según género.....	44
13.	Situación actual de la recolección	48
14.	Disposición final	49
15.	Proceso de recolección de basura	53
16.	Método del cuarteo.....	56
17.	Cuarteo de muestra.....	56
18.	Instrumentos utilizados.....	57
19.	Peso compactado.....	59
20.	Composición física de desechos sólidos.....	62

TABLAS

I.	Generación de residuos sólidos domiciliarios en el departamento de Guatemala en toneladas métricas	18
II.	Indicadores generales, macroeconómicos y poblacionales	32
III.	Estimación de población	44
IV.	Recolección de muestra	54
V.	Peso de residuos sólidos clasificados.....	57
VI.	Relación porcentual de residuos sólidos clasificados	58
VII.	Peso para la determinación de las densidades o el peso específico	59
VIII.	Densidad media de los residuos orgánicos	60
IX.	Densidad media de los residuos inorgánicos.....	60
X.	Producción per cápita según muestra.....	61
XI.	Peso específico de los desechos sólidos.....	61
XII.	Composición porcentual de los desechos sólidos.....	62
XIII.	Proyección sobre la producción de residuos sólidos	63
XIV.	Determinación de la producción de desechos sólidos	63

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Área
Kg	Kilogramo
Kg/hab/día	Kilogramo por habitante por día
Kg/m³	Kilogramo por metro cúbico
Núm.	Número
%	Porcentaje
PPC	Producción por capital o por habitante
RSD	Residuos sólidos domiciliarios

GLOSARIO

Actividades	Corresponden a las tareas para llevar a cabo la construcción de un elemento; se dividen en actividades rítmicas, comunes, con distintos elementos y singulares, las que corresponden a la personalización de cada vivienda.
AMSA	Autoridad para el manejo sustentable de la cuenca del lago de Amatitlán.
Basura	Es todo material considerado como desecho y que se necesita eliminar. Un producto de las actividades humanas al cual se le considera de valor igual a cero por el desechado. No necesariamente debe ser odorífica, repugnante e indeseable; depende de su origen y composición.
Caracterización	Acción o efecto de ordenar o disponer por clases.
Compost	Material que se genera a partir de la descomposición de los residuos sólidos orgánicos y sirve como estabilizador del suelo agrícola, parques, jardines y recuperación de tierras no fértiles.
Desecho sólido	Es el conjunto de materiales sólidos de origen orgánico e inorgánico sin utilidad práctica o valor

comercial para la persona o actividad que los genera.

INE

Instituto Nacional de Estadística.

MARN

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

**Residuo sólido
inorgánico**

Son los desechos sólidos no biodegradables: vidrio, metal, plástico, etc.

**Residuo sólido
orgánico**

Son los desechos sólidos que pueden fermentarse: cascaras de fruta, estiércol, malezas, entre otros.

Tara

Peso del recipiente o vehículo en donde se contiene o transporta alguna mercancía.

RESUMEN

La migración en busca de mejores oportunidades, el desmedido crecimiento poblacional, el consumo desmedido y la poca cultura de clasificación y reciclado de desechos sólidos domiciliarios de la sociedad guatemalteca han creado un caos en el manejo de los desechos sólidos y que, en la actualidad, a pesar de ser un problema serio a nivel nacional, poco o nada se hace al respecto.

Por tal razón, es la importancia de este trabajo de graduación ya que constituye una herramienta valiosa para enfrentar el problema de fondo. Es importante contar con la información necesaria para tratar un problema de raíz, es decir, tener la caracterización de los desechos sólidos residenciales de la zona para tomar decisiones acertadas.

En el presente trabajo de graduación se desarrollan las técnicas adecuadas para la obtención de datos importantes: la caracterización física de los desechos sólidos de carácter residencial; se establece su composición física orgánica e inorgánica y sus porcentajes; también, se determina el peso específico suelto y compactado, este dato es de suma importancia para el manejo, traslado y su disposición; además, se obtiene la producción per capita lo que puede generar proyecciones de producción de desechos sólidos y con ello crear un plan estratégico bien fundamentado para su correcta sustentabilidad.

OBJETIVOS

General

Caracterizar los desechos sólidos domiciliarios de la colonia La Florida, zona 19, ciudad de Guatemala.

Específicos

1. Determinar la cantidad y los tipos de desechos sólidos residenciales de la zona en estudio.
2. Determinar la producción per cápita y la densidad de los desechos sólidos en la zona en estudio.
3. Generar una caracterización adecuada para la toma de decisiones futuras de las autoridades competentes.

INTRODUCCIÓN

En función del crecimiento apresurado y descontrolado de las ciudades de países en vías de desarrollo, como la ciudad de Guatemala y su alrededores, el crecimiento económico de la población o su carencia, la migración local, la falta de cultura y educación, la carencia de programas de concientización, la falta de información confiable y muchos otros factores, han creado un problema serio en el manejo de los desechos sólidos de carácter residencial, el cual genera problemas de salud en la población y un daño que si no es tratado de forma integral, puede ser irreparable para el medio ambiente.

Para coadyuvar y ser parte del cambio y como lo demanda la Universidad de San Carlos de Guatemala, se realiza el presente estudio solo la caracterización de los desechos sólidos residenciales de la colonia La Florida, zona 19, Ciudad de Guatemala; se busca generar información sólida, confiable y precisa de los desechos sólidos generados en esta zona, el cual determinará la composición física y el manejo actual y los pesos específicos de los residuos; con el fin de brindar a las autoridades competentes en el tema datos importantes para la toma de decisiones para la ejecución de planes o proyectos para atender este problema.

En los capítulos 1 y 2 se describen todos los conceptos básicos y el marco legal que sustenta este documento; en los capítulos 4 y 5 se describen y realizan los procedimientos, los cálculos y el análisis de resultados, por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones pertinentes una vez analizado los resultados.

1. CONCEPTOS BÁSICOS

1.1. Residuos sólidos

Se define por residuo sólido a todo material que se desecha después de haber realizado un trabajo o cumplido con su misión. Se trata, por lo tanto, de algo inservible que se convierte en basura y que, para el común de la gente, no tiene valor económico. No necesariamente son odoríficos o repugnantes, depende de su composición y su origen.

1.2. Propiedades y características físicas de los residuos sólidos

Los residuos sólidos se pueden definir por:

- La actividad que les da origen
- Por su composición

Entre los residuos más importantes que se puedan encontrar por la actividad que les da origen están:

- Residuos municipales

La generación de residuos municipales varía en función de factores culturales asociados a los niveles de ingreso, hábitos de consumo, desarrollo tecnológico y estándares de calidad de vida de la población.

- Residuos industriales

La cantidad de residuos que genera una industria es función de la tecnología del proceso productivo, calidad de las materias primas o productos intermedios, propiedades físicas y químicas de las materias auxiliares empleadas, combustibles utilizados y los envases y embalajes del proceso.

- Residuos mineros

Incluyen los materiales removidos para obtener acceso a los minerales y todos los residuos provenientes de los procesos mineros.

- Residuos hospitalarios

Su composición varía desde el residuo tipo residencial y comercial a los de tipo médico con sustancias peligrosas.

- Residuos domésticos

Los producidos a raíz de la actividad en los hogares. Una de las principales utilidades de la caracterización de los residuos sólidos domiciliarios es el reducir a su mínima expresión los desechos enviados a los botaderos de basura; dichos esfuerzos tendrán que incluir el reciclaje para convertirlos y/o transformarlos en energía y abono. Estos restos están compuestos por diferentes tipos de materiales: restos de alimentos, papeles, cartones, plásticos, vidrios, metales y otros; también, en muchos casos, los residuos domiciliarios contienen desechos tóxicos y peligrosos: baterías, medicamentos e insecticidas.

1.3. Principales tipos de residuos sólidos

Entre los principales residuos sólidos, por su composición, se pueden clasificar en:

1.3.1. Residuos orgánicos

Son todos los residuos de origen biológico, son biodegradables (se descomponen naturalmente), tienen la característica de poder desintegrarse o degradarse rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica.

Son los desechos que alguna vez estuvieron vivos o fueron parte de algún ser vivo:

- Residuos con resto de alimento
- Residuos con restos de poda y de jardinería
- Residuos con huesos de animales

1.3.2. Residuos inorgánicos

Los desechos de origen no biológico, de origen industrial o de algún otro proceso no natural; por sus características químicas sufren una descomposición natural muy lenta. Muchos son de origen natural pero no son biodegradables, por ejemplo, los envases de plástico. Los residuos sólidos domiciliarios inorgánicos generalmente se reciclan a través de métodos artificiales y mecánicos; en muchos casos es imposible su transformación o reciclaje, por eso seguirán presentes en el planeta dentro de 500 años, algunos son peligrosos y contaminantes, entre estos se pueden encontrar:

- Residuos de plásticos
- Residuos de botellas de vidrio
- Residuos de envases *tetra brick*
- Residuos de escombros
- Residuos de muebles y electrodomésticos
- Residuos de metales en general
- Residuos de ropa vieja
- Residuos de neumáticos

1.4. Características y usos de los diferentes tipos de residuos sólidos

Todos los residuos sólidos, como se indicó anteriormente, están compuestos por diferentes tipos de materiales desechables:

1.4.1. Residuos orgánicos

Los residuos sólidos orgánicos son parte fundamental de la estructura epidemiológica y bacteriológica de cualquier población debido a su alta incidencia de enfermedades, ya que en estos encuentran su hábitat ideal moscas, cucarachas, ratas y otros vectores; donde encuentran alimento, vivienda y condiciones idóneas para proliferarse. Los materiales de residuos orgánicos con restos de alimentos, poda, jardinería, huesos de animales y derivados del papel, cada vez están siendo más reciclados, debido a que estos residuos se pueden transformar en:

- Compost

Es el producto que se obtiene de compuestos que forman o formaron parte de seres vivos en un conjunto de productos de origen animal y vegetal. Se forma cuando son depositados en un sistema de digestión para controlar el proceso biológico de descomposición de la materia orgánica y matar agentes patógenos.

- Biogases

Es un gas combustible que se genera en medios naturales, por las reacciones de biodegradación de la materia orgánica, en ausencia de oxígeno, es decir, en un ambiente anaerobio.

El resultado es una mezcla constituida por metano, dióxido de carbono y pequeñas partes de hidrógeno, nitrógeno, oxígeno y sulfuro de hidrógeno.

Este gas se puede utilizar para producir energía eléctrica mediante turbinas o plantas generadoras a gas, en hornos, estufas, secadores, calderas u otros sistemas de combustión a gas, entre otros usos.

1.1.1. Residuos inorgánicos

Este tipo de residuos sólidos se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Residuos de plástico

Los plásticos se han fabricado para satisfacer las demandas de una gran variedad de usos, en el mejoramiento de las condiciones de la vida del ser humano y en el acelerado crecimiento de la ciencia y la tecnología; en general, las personas tienen muy poco conocimiento sobre el plástico, cómo se obtiene, los tipos y sus aplicaciones y sus procesos de transformación.

El plástico son produce a partir del ácido tereftálico y etilenglicol, por policondensación; existiendo dos tipos: grado textil y grado botella. Para el grado botella se lo debe postcondensar, existen diversos colores para estos usos.

Los usos más cotidianos son: envases para gaseosas, aceites, agua mineral, cosmética, frascos varios, películas transparentes, fibras textiles, laminados de barrera en productos alimenticios, envases al vacío, bolsas para horno, bandejas para microondas, cintas de video y audio, geotextiles, películas radiográficas, etc.

Con respecto al aspecto financiero del reciclaje, un proceso adecuado y bien planificado es capaz de generar ingresos atractivos. Por lo antes mencionado, se hace ineludible mejorar y establecer nuevas tecnologías en cuanto a los procesos de recuperación de plásticos y buscar solución a esta problemática tan nociva para el ambiente y que se encuentra a diario en deterioro.

Los polímeros biodegradables se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Polímeros extraídos o removidos directamente de la biomasa: polisacáridos como almidón y celulosa. Proteínas como caseína, queratina y colágeno.
- Polímeros producidos por síntesis química clásica utilizando monómeros biológicos de fuentes renovables.
- Polímeros producidos por microorganismos, bacterias productoras nativas o modificadas genéticamente.

Los principales puntos de interés en cuanto a aplicaciones de los bioplásticos, de acuerdo con la IBAW (Asociación Internacional y Grupo de Trabajo de Polímeros Biodegradables) se centran en sectores específicos de empaque, medicina, agricultura y productos desechables. Debido al avance de la industria, en general, se han ampliado sus utilidades aplicándolos también en: teléfonos celulares, computadores, dispositivos de audio y video.

De acuerdo con esta información, el 10 % de los plásticos que actualmente se emplean en la industria electrónica pueden ser reemplazados por biopolímeros, según hace referencia en documento de investigación de Beatriz Cordovilla, *Determinación del consumo de envases plásticos para Delivery con la propuesta de creación de una planta procesadora en la ciudad de Milagro.*

- Residuos de botellas de vidrio

En la fabricación del vidrio se utiliza silicio que le da resistencia al carbonato de calcio y que le proporciona durabilidad. En el reciclaje del vidrio se utiliza como materia prima la calcina o vidrio desecho. Su fusión se

consigue a temperaturas mucho más reducidas que las de la fusión de minerales, por ende, existe un ahorro energético muy considerable.

Según estudios efectuados por CONADES (Comisión Nacional para el Manejo de los Desechos Sólidos), mencionado en el estudio realizado por Ing. Juan Carlos Chiapas, *Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios en el condominio residencial El Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva*, cada persona produce aproximadamente 37 kg de vidrio al año; los beneficios ambientales que conllevaría su reciclaje serían de gran aportación en la disminución de los residuos sólidos domiciliarios, como factor contaminante del medio ambiente y un notable ahorro de los recursos naturales ya que cada kilogramo de vidrio que se recolecta sustituye en la práctica a 1,2 kilogramos de vidrio virgen.

El reciclaje consiste en que este tipo de residuos sólidos domiciliarios se deben lavar para desechar los contaminantes, si existiesen. Realizado esto, el vidrio se procesa por fundición a grandes temperaturas para, luego, formar de esta manera nuevos envases y una gran variedad de objetos de adorno; este material es uno de los más apetecibles para los recolectores ya que la inversión física y económica es de bajos parámetros y podrán obtener, a cambio, una remuneración económica atractiva.

- Residuos de envases *tetra brick*

Su comercialización inicia en 1963, son envases formados de varios materiales: lámina de cartón, otra de aluminio y otra de plástico. Una de las grandes ventajas que ofrece al consumidor es su gran ligereza y su capacidad de conservación de los alimentos en condiciones adecuadas.

Se fabrican a partir del papel-cartón sobre el que se imprime el diseño comercial del cliente. Posteriormente, se laminan con papel de aluminio y por último un film de polietileno. A partir de los rollos así obtenidos se procede en las plantas a fabricar los envases.

De este tipo de residuos sólidos domiciliarios en su recuperación del papel, cartón, plástico y aluminio, se pueden obtener planchas de aglomerado que se pueden utilizar para la confección de distintos muebles en general, previo a la separación química del aluminio.

- Residuos de escombros

Este tipo de residuos domiciliarios por sus características de origen solo son utilizados en rellenos de terrenos por su misma consistencia a la compresión. El sector de la construcción y demolición es una de las actividades que más residuos sólidos domiciliarios de escombros genera, a pesar del gran volumen producido y del reconocido potencial de reutilización de este tipo de desechos, la mayor parte es llevada a vertederos; éste es el método más empleado para la evacuación de los escombros de la industria de la construcción.

Los residuos de construcción y demolición (RCD) se generan en las actividades propias de construcción, remodelación, rehabilitación, reforma y demolición o derribo de casas o infraestructuras, incluidos los de obra menor y reparación domiciliaria. Suponen un componente muy importante en los flujos de residuos locales y regionales debido a los grandes volúmenes generados.

- Residuos de maderas

Este tipo de residuos sólidos domiciliarios son los provenientes de los árboles, estos son de los recursos naturales renovables de los que se extrae la madera. La madera es una de las materias primas principales y esenciales en la fabricación de muchos productos: papel, envases, embalajes, muebles, materiales de construcción y otros. La utilidad de estos productos en la industria transformadora y en los comercios y hogares genera, residuos; también son considerados residuos de madera los que se generan en las podas y talas de jardines, bosques y plantaciones.

La producción de madera presenta una tendencia clara al crecimiento, por tal motivo está la necesidad de optimizar su utilización, sacando el mayor provecho posible de los residuos. La madera incluida en los residuos sólidos domiciliarios no se logra recuperar de forma individual, estos restos logran aportar energía en el caso de la incineración.

Uno de los principales destinos de los residuos sólidos domiciliarios de madera es su reciclaje, mediante su empleo para la industria como materia prima en una gran parte de sus procesos. Este proceso consiste en la separación de otros materiales, incluidos los que son considerados impurezas: grapas, plásticos, papeles y otros.

La depuración del material suele realizarse de forma manual, posteriormente, sigue un triturado y astillado de la madera; la granulometría del astillado suele ser en torno a los 40 mm - 50 mm, la principal aplicación de la madera astillada es la fabricación de tablero aglomerado. La industria utiliza entre un 60 % a 80 % de su materia prima secundaria (reciclada), procedente del astillado como consecuencia de los altos costos de la materia

prima virgen; el tablero aglomerado se puede emplear en la fabricación de muebles para cocinas, en el sector de la construcción (suelos, encofrados, cielos falsos, base de cubiertas y otros) y en la carpintería industrial (puertas), entre otros usos.

Otros residuos sólidos domiciliarios generados por el uso de la madera como el aserrín, cortezas, restos de matorrales no pueden ser reciclados y son aprovechados como combustible. El residuo generado en esta valorización energética consiste en ceniza de madera aprovechable para usos agrícolas.

- Residuos de papeles y cartones

El consumo de papel y de cartón ha venido en crecimiento exponencial a nivel mundial, es un factor fundamental la cultura y costumbres de cada población; los beneficios del reciclaje son de gran aportación para la conservación del medio ambiente. Entre sus principales beneficios se pueden encontrar:

- Disminución de la necesidad de fibras vegetales y vírgenes.
- Disminución del volumen de residuos sólidos domiciliarios.
- Disminución de la contaminación atmosférica y de los mantos freáticos.
- Disminución de la tala inmoderada de árboles.

El papel reciclado se fabrica sin utilizar cloro en su proceso de blanqueado de la pasta. Puede obtenerse papel ecológico a partir de papel reciclado, que garantiza la mínima utilización de productos químicos y la depuración de las aguas residuales. Se considera un papel reciclado para escritura e impresión el que como mínimo tiene un 90 %, en peso, de fibras de recuperación.

El papel reciclable no se debe mezclar con papel sucio, pañuelos desechables, papel de aluminio, papel de fax, papel engomado, plastificado, encerado y otros. La fase de separación de la tinta se lleva a cabo mediante la adición de un jabón biodegradable y la inyección de aire para crear burbujas a las que se adhiere la tinta, la cual se concentra y se transporta a un centro de tratamiento. El rendimiento del papel viejo es alto, un 90 % aproximadamente, frente al 50 % del rendimiento celulósico de la madera.

- Residuos de muebles y electrodomésticos

Este tipo de residuos sólidos domiciliarios no se reciclan por lo que se les denominan muertos. Por lo tanto, se necesita una gestión adecuada cuando dejen de ser útiles.

En varios países, los residuos sólidos domiciliarios especiales son los que requieren de un tratamiento específico, por ende, no se deben mezclar con ninguno de los otros residuos sólidos domésticos ordinarios ya que podrían actuar muy negativamente al medio ambiente.

Los clorofluorocarburos, conocidos como CFC, son los principales responsables de que los refrigeradores y otros aparatos de refrigeración, que también los contienen, deban considerarse como residuos especiales.

Si los CFC (clorofluorocarburos) se liberan a la atmósfera ayudan a apresurar la destrucción de la capa de ozono, que filtra la radiación solar, de manera que una parte importante de los rayos ultravioleta son absorbidos y no llegan a la superficie terrestre; cuando el grosor de la capa de ozono disminuye, se produce un aumento de la radiación ultravioleta que la atraviesa.

- Residuos de metales en general para reciclar

Este tipo de residuos sólidos domiciliarios de metales se recuperan en su mayor parte en el sector informal por chatarreros y pepenadores y no existen datos sobre las cantidades de productos manejados. En este apartado se dará especial importancia a los metales más comerciales:

- Acero
- Aluminio

1.5. Origen y ubicación de los principales botaderos de basura de los alrededores del sector en estudio

El origen y ubicación de los principales botaderos de basura de los alrededores de la zona en estudio y el manejo responsable de los residuos sólidos, da origen a los botaderos de basura o mejor conocidos como basureros municipales autorizados; el tirar la basura o residuos sólidos a un botadero de basura controlado es la forma más sencilla y económica de salir de ellos, pero la basura debe disponerse en cualquier sitio (basureros clandestinos), por lo tanto, el terreno donde se sitúa un botadero de basura municipal autorizado deberá cumplir algunas condiciones tales como:

- Estar lejos de cualquier edificio habitado
- Lejano de terrenos cultivables
- No debe atravesarlo corrientes de agua que se puedan contaminar

Para llevar o trasladar los desechos sólidos o basura a los botaderos de basura es necesario recolectarla antes; la basura que los camiones recogen por las zonas de los municipios y otros; una vez recolectada, sus ayudantes

realizan una previa selección, ya que perciben una remuneración extra sobre cada uno de los desechos sólidos separados; los más seleccionados son: plástico, metales, papel, cartón y vidrio.

- Botadero de basura de la zona 3

En este botadero de residuos sólidos (conocido como el relleno sanitario) durante casi 50 años ha sido el destino final de los desechos o residuos producidos por los habitantes del municipio de Guatemala y sus alrededores. En este basurero viven y trabajan familias que se encuentran bajo condiciones de extrema pobreza, que sobreviven con lo que la sociedad desecha.

El basurero atiende a la mayoría de municipios del área metropolitana, sin que contribuyan para su operatividad; es la municipalidad capitalina y los aportes de empresas privadas como la encargada de la recolección y los usuarios finales del botadero quienes sufragan el costo de operación; aproximadamente, el 53 % de la basura proviene de otros municipios.

Actualmente, se han identificado 250 sitios en donde se deposita ilegalmente la basura, en 75 de estos sitios (30 %) se recoge más de un metro cúbico de basura diariamente. Para erradicar estos sitios, (comúnmente conocidos como basureros clandestinos), el personal del Departamento de Limpieza de la Dirección de Medio Ambiente de la Municipalidad de Guatemala, trabaja en la recolección de estos desechos y en su traslado al botadero de basura de la zona 3.

La colaboración y participación de los vecinos es muy importante en esta actividad, ya que son quienes denuncian la existencia de estos sitios y muchas veces han colaborado en la limpieza de las áreas problemáticas

y, también, denuncian a los malos vecinos que tiran la basura en lugares inapropiados.

Se ha logrado, gracias al esfuerzo compartido de los trabajadores municipales y de los vecinos, la erradicación de algunos de estos basureros clandestinos; además, se han podido recuperar estas áreas, que se convierten posteriormente en áreas jardinizadas que engalanan la ciudad.

Según la Comisión Nacional para el Manejo de los Desechos Sólidos (CONADES), más de dos mil familias viven de los desechos que reciclan del basurero de la zona 3, adonde llega el 60 % de los desperdicios del departamento de Guatemala. El país produce medio kilogramo de basura por habitante, es decir, 6 500 toneladas cada año.

Es decir, unas 1 950 toneladas llegan cada año al botadero de la zona 3. Pese a ello, se aprovecha solo el 25 % de los desechos que pueden ser reciclados.

Figura 1. **Basurero zona 3**



Fuente: *El 18 de abril*. <http://kaitlynklug.blogspot.com/>. Consulta: 26 de marzo de 2015.

- Botadero de basura AMSA en el Km. 22,5 de la carretera al Pacífico, Bárcenas Villa Nueva.

El botadero de Villa Nueva recibe diariamente un promedio de 300 toneladas métricas de basura, ordenada y reciclada por una planilla de recolectores; se estima que puede generar un megavatio de energía limpia, suficiente para abastecer alrededor de 10 000 hogares o iluminar las calles del municipio.

Por esta razón, la firma inglesa Carbón Trade planea invertir alrededor de US\$ 3 000 000 para generar electricidad mediante gas metano en el basurero de Villa Nueva. El procedimiento para generar energía conlleva a la descomposición de la basura que genera gas metano, uno de los principales contaminantes y causantes del cambio climático, el cual se entuba y se envía a quemadores para generar electricidad.

La firma británica Carbón Trade ganó la concesión realizada por la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y el Lago de Amatitlán (AMSA) que administra el basurero; en 2007 realizó perforaciones de pozos para hacer un estudio sobre la viabilidad del proyecto; se tuvo un resultado exitoso con el objetivo de generar energía; para el 2017 el proyecto es completamente funcional.

Figura 2. **Basurero Km. 22,5 de la carretera al Pacífico (AMSA)**



Fuente: *Rescatemos nuestro lago*. <http://rescatemosnuestrolago.blogspot.com>. Consulta: 26 de marzo de 2015.

Figura 3. **Basurero Km. 22,5 carretera al Pacífico (AMSA)**



Fuente: *El periódico*. <http://www.elperiodico.com.gt/es/20080405/temasdeinteres/51864/>.
Consulta: 26 de marzo de 2015.

1.6. Obtención de los residuos sólidos

En el perfil ambiental de Guatemala publicado en 2010 – 2012 por la Universidad Rafael Landívar, se presentaron estimaciones sobre la generación de desechos sólidos domiciliarios con el uso de las proyecciones de población por municipio y departamentos.

Tabla I. **Generación de residuos sólidos domiciliarios en el departamento de Guatemala en toneladas métricas**

Generación de desechos sólidos en el departamento de Guatemala	Población	Generación	
		T - día	T - mes
	3 207 587	1 578,36	18 940,32

Fuente: elaboración propia

La producción de residuos sólidos domésticos es una variable dependiente básicamente del tamaño de la población y de sus características socioeconómicas. Una variable necesaria para dimensionar el sitio de disposición final es la llamada producción per cápita (PPC). Este parámetro asocia el tamaño de la población, la cantidad de residuos y el tiempo; la unidad de expresión es el kilogramo por habitante por día (Kg/hab/día).

La estimación teórica de producción per cápita (PPC) es un parámetro que evoluciona en la medida que los elementos que la definen varían; en términos generales, la PPC varía de una población a otra, de acuerdo principalmente a su grado de urbanización, su densidad poblacional y su nivel de consumo o nivel socioeconómico. Otros elementos, como los periodos estacionales y las actividades predominantes también afectan la

PPC. Es posible efectuar una estimación teórica de la PPC en función de las estadísticas de recolección y utilizando la siguiente expresión:

Figura 4. **Producción total de residuos**

$$P_R = \frac{N_V \cdot N_J \cdot C_P \cdot D_N}{POBLACION}$$

Donde :

P_R = Producción total de residuos sólidos por día
 N_V = Número de vehículos en operación
 N_J = Números de viajes por vehículos
 C_P = Capacidad útil estimada por vehículo en m^3
 D_N = Densidad de los residuos en el vehículo

Fuente: *El papel de los residuos sólidos, en la solución de problemas ambientales.*
<http://www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/residuos.html>. Consulta: 26 de marzo de 2015.

Otra alternativa estimativa es comparar con municipios, comunidades, condominios o colonias de situaciones socioeconómicas similares de las cuales se disponga información fidedigna.

La cantidad y calidad de los residuos sólidos domiciliarios puede variar en forma significativa a través del año. Comúnmente, en climas templados, la cantidad media diaria, semanal y mensual de residuos está sobre la media anual durante los meses de verano.

Esto es atribuible, en parte, al aumento de la basura orgánica (por hábitos y disponibilidad para consumo); además, de las probables actividades de mejoramiento urbano comúnmente realizadas en esta época.

Hay lugares donde la actividad de mejoramiento durante los meses de temporada de vacaciones puede aumentar la media anual, porque aumenta la proporción de residuos domésticos y comerciales, como Guatemala donde para Semana Santa y Navidad se eleva el nivel de basura generada por habitante.

1.7. Propiedades y características de los residuos sólidos orgánicos

Entre sus principales propiedades y características se encuentran:

1.7.1. Humedad

Es una característica importante para los procesos a que puede ser sometida la basura. Se determina generalmente de la siguiente forma: tomar una muestra representativa, de 1 a 2 Kg, se calienta a 80 °C durante 24 horas, se pesa y se expresa en base seca y húmeda.

Figura 5. Cálculo de la humedad en los residuos

$$Humedad = \frac{Peso_{Inicial} - Peso_{Final}}{Peso_{Inicial}} \cdot 100$$

Se expresa en porcentaje
Si el denominador es $Peso_{Inicial}$, se habla de humedad en base húmeda
Si el denominador es $Peso_{Final}$, se habla de humedad en base seca

Fuente: *El papel de los residuos sólidos en la solución de problemas ambientales.*
<http://www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/residuos.html>. Consulta: 26 de marzo de 2015.

1.7.2. Densidad

La densidad de los residuos sólidos depende de su constitución y humedad; este valor se debe medir para tener un valor real. Se deben distinguir valores en distintas etapas del manejo.

$$densidad = \frac{masa}{volumen} \quad [Ec. 1]$$

- Densidad suelta

Generalmente, se asocia con la densidad en el origen. Depende de la composición de los residuos.

- Densidad de transporte

Depende de si el camión es compactador o no y del tipo de residuos transportados.

- Densidad, residuo dispuesto en relleno

Se debe distinguir entre la densidad recién dispuesta, la basura, y la densidad después de asentado y estabilizado el relleno sanitario.

1.7.3. Poder calorífico

Esta característica o propiedad de los residuos sólidos domiciliarios se define como la cantidad de calor que puede entregar o transmitir un cuerpo. El poder calorífico es esencial en los procesos de recuperación energética, al igual que el porcentaje de cenizas producido. Se debe diferenciar entre poder calorífico inferior y superior.

El poder calorífico superior (PCS) no considera corrección por humedad y el inferior (PCI) en cambio sí. Se mide en unidades de energía por masa, [cal/gr], [Kcal/kg], [BTU/lb], utilizando un calorímetro.

También se puede conocer a través de un cálculo teórico que busca valores típicos de PC por componentes y se combina con el conocimiento de la composición de los residuos:

Figura 6. **Cálculo del poder calorífico**

$$PC = n_0 PC_0 + n_1 PC_1 + \dots + n_x PC_x$$

en donde
 n_i = Porcentaje en peso del componente
 PC_i = Poder calorífico de i
Ejemplo : PC plástico es de 9000 (cal/gr), madera 5000 – 6000 (cal/gr)

Fuente: *El papel de los residuos sólidos, en la solución de problemas ambientales.*
<http://www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/residuos.html>. Consulta: 26 de marzo de 2015.

Otra de las principales propiedades y características de los residuos sólidos domiciliarios inorgánicos son las propiedades químicas: condicionantes para algunos procesos de recuperación y tratamiento final; la composición química resultante de su conjunto también es muy variable. Es necesario conocer la composición de un residuo concreto para determinar sus características de recuperación energética y la potencialidad de producir fertilizantes, si es orgánico, con la adecuada relación carbono/nitrógeno.

1.8. Propiedades y características de los residuos sólidos inorgánicos

Al igual que los residuos sólidos domiciliarios orgánicos, las principales propiedades y características de los residuos sólidos domiciliarios inorgánicos son casi similares.

1.8.1. Propiedades químicas

Son factores condicionantes para algunos procesos de recuperación y tratamiento final. La composición química es la consecuencia de la enorme variabilidad que experimenta la composición de los residuos sólidos domiciliarios; también, es conveniente conocer la presencia y concentración de residuos tóxicos y peligrosos para evaluar el riesgo de su manejo, tratamiento, reprocesado y reutilización.

1.8.2. El poder calorífico

Es esencial en los procesos de recuperación energética al igual que el porcentaje de cenizas producido. Las características calorimétricas de los residuos sólidos domiciliarios inorgánicos determinan el diseño de las instalaciones y la recuperación energética.

La valoración, fruto de la propia variabilidad de la composición de los residuos, viene predefinida por el poder calorífico de cada producto.

1.8.3. Peso específico y densidad de los residuos sólidos domiciliarios inorgánicos

Tiene vital importancia para calcular las dimensiones de los recipientes de basura de domicilios privados y vías públicas (calles, avenidas, parques y otras); también, es un factor básico que determina los volúmenes de los equipos de recolección y transporte para no exceder la capacidad de los rellenos sanitarios. La densidad puede variar dependiendo del grado de compactación al que se encuentran sometidos los residuos. La reducción de volumen está presente en todas las fases de la gestión de los residuos sólidos domiciliarios y se emplea para optimizar su proceso de recolección ya que el gran espacio que ocupan es uno de los mayores problemas a los que se enfrentan las plantas encargadas de su procesamiento.

El peso específico unitario de cada producto no indica que el conjunto tenga un valor global proporcional al de sus componentes. De hecho, en los hogares, estos valores suelen ser superiores debido a los espacios no utilizados del recipiente que contiene la basura. Sin embargo, conforme vayan siendo agrupados de forma más caracterizada (homogénea), se aproximarán al cálculo matemático que da unos valores medios teóricos para residuos sin compactar.

1.8.4. Granulometría

Es el grado de segregación de los materiales y el tamaño físico de los componentes. En los residuos sólidos domiciliarios inorgánicos, representa un valor imprescindible para el cálculo de las dimensiones en los procesos mecánicos de separación y, especialmente, para escoger cribas, tromeles y artilugios similares que basan su trabajo, consistente en la separación, en el tamaño.

Estos mismos valores deben ser tomados con sumo cuidado, puesto que en las operaciones de recolección se afecta a las dimensiones como consecuencia de la compresión o de mecanismos trituradores.

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

2.1. Marco jurídico institucional

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

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

“Artículo 103. Disposición de los desechos sólidos. Se prohíbe arrojar o acumular desechos sólidos de cualquier tipo en lugares no autorizados, alrededor de zonas habitadas y en lugares que puedan producir daños a la salud a la población, al ornato o al paisaje, utilizar medios inadecuados para su transporte y almacenamiento o proceder a su utilización, tratamiento y disposición final, sin la autorización municipal correspondiente, la que deberá tener en cuenta el cumplimiento de las medidas sanitarias establecidas para evitar la contaminación del ambiente, específicamente de los derivados de la contaminación de los afluentes provenientes de los botaderos de bausa legales o clandestinos”¹.

¹ *Código de Salud. Decreto 90-97.* <http://transparencia.minfin.gob.gt/transparencia/BibliotecaDigital/Documentos%20Area%20Social/CodSalud.pdf>. Consulta: 4 de abril de 2015.

2.3. Municipalidad de Guatemala, Reglamento de manejo de desechos sólidos para el municipio de Guatemala. Acuerdo COM Núm. 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 la persona individual o jurídica, pública o privada. Es obligación de todo habitante del municipio de Guatemala cumplir y velar porque se cumpla el presente reglamento y todas las disposiciones existentes en materia de medio ambiente.
- Artículo 3. Los habitantes del municipio de Guatemala a su costa, están obligados a enviar al vertedero, autorizado por la Municipalidad de Guatemala, los desechos sólidos que produzcan, por los medios determinados en el presente reglamento.
- Artículo 5. La Municipalidad de Guatemala para el manejo de los desechos sólidos tiene las funciones siguientes:
 - a. Regular y controlar el almacenamiento temporal de los desechos sólidos en:

Industrias, mercados, comercios, plazas, calles, demás lugares públicos o privados, así como en las edificaciones nuevas que se autoricen, deberá preverse el depósito adecuado y accesible al recolectar.
 - b. Establecer, regular, autorizar, controlar y supervisar el sistema de almacenamiento, recolección y transporte de los desechos sólidos de industrias, mercados, comercios, parques, plazas, calles y demás lugares públicos o privados, con cobertura en todo el municipio, pudiendo establecer áreas de trabajo y procedimientos específicos en cada caso.
 - c. Controlar técnicamente, la disposición final de los desechos sólidos en los lugares autorizados.
 - d. Establecer y promover programas de concientización, sensibilización y educación ambiental para la población, incluyendo el conocimiento de la normativa ambiental existente; y promover e incentivar programas de investigación y estudios específicos para el mejor conocimiento de los desechos sólidos que se generan, sus características y como reducir los efectos contaminantes y las formas para un manejo adecuado.
 - e. Coordinar con instituciones públicas o privadas, las actividades que permitan eliminar y prevenir los focos de contaminación y mantener la limpieza del municipio.

f. Sobre la base de lo estipulado en el *Código Municipal* y demás leyes aplicables, contratar, administrar o dar en concesión la operación y mantenimiento del vertedero de desechos sólidos, ubicado en la zona 3 y otros sitios para la disposición final que en el futuro se autoricen.

g. Promover la clasificación, selección, recuperación, reutilización y reciclado de los desechos sólidos que así lo permitan².

2.4. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, *Reglamento para el manejo de desechos sólidos hospitalarios, Acuerdo Gubernativo Núm. 509-2001*

- “Artículo 1. El presente reglamento tiene como finalidad dar cumplimiento a lo preceptuado en el artículo 106 del *Código de salud*, así como de las disposiciones relativas a la preservación del medio ambiente contenidas en la *Ley del Organismo Ejecutivo* y la *Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente* en cuanto a las descargas y emisiones al ambiente, concernientes, particularmente al manejo de desechos que comprende la recolección, clasificación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de los mismos, provenientes de los hospitales públicos o privados, centros de atención médica autónomos o semiautónomos y de atención veterinaria. Los desechos generados por los mataderos o rastros deben manejarse de conformidad con el reglamento que para tal efecto se emita.
- Artículo 2. Para dar cumplimiento a leyes indicadas con anterioridad, este reglamento, regula los aspectos relacionados con la generación, clasificación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de los desechos hospitalarios que por su naturaleza se consideran tóxicos, radiactivos o capaces de diseminar elementos patógenos, sí como los desechos que se producen en las actividades normales de los centros de atención de salud humana o animal, tales como: hospitales tanto públicos como privados, clínicas, laboratorio y cualquier otro establecimiento de atención en salud y veterinario.
- Artículo 3. Definiciones. Para efectos de este reglamento se entenderá por:
 - a) Empresa de disposición: cualquier entidad pública o privada, individual o jurídica, que se dedique a la recolección, transporte y disposición final de los desechos sólidos infecciosos, químicos peligrosos, farmacéuticos y radiactivos decaídos.
 - b) Ente generador: se define como ente generador a toda unidad del sector público o privado en donde exista práctica de la medicina humana o veterinaria,

² *Reglamento de manejo de desechos sólidos para el municipio de Guatemala.* <https://prezi.com/d9owcp5bnnoh/reglamento-de-manejo-de-desechos-solidos-para-el-municipio/>. Consulta: 4 de abril de 2015.

incluyendo a las morgues, los laboratorios, así como a todo tipo de centro que con fines de prevención, diagnóstico, recuperación, tratamiento o investigación, produzca desechos sólidos de los incluidos dentro de presente Reglamento.

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

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

- Artículo 8. Obligación de Incineradores. Los entes generadores, tanto público como privados, quedan obligados de conformidad con las disposiciones del Código de Salud, a adquirir, instalar y mantener en forma individual o conjunta, incineradores para la disposición final de los desechos que produzcan y que sean considerados como infecciosos de conformidad con el presente reglamento, cuyas especificaciones y normas quedarán establecidas de conformidad con lo preceptuado en el capítulo sexto del presente reglamento. Podrán asimismo, contratar los servicios de empresas de disposición que se encuentren debidamente autorizadas por el Departamento de Salud y Ambiente.
- Artículo 41. Disposición general. Todo lo referente al régimen de infracciones y sanciones se estará a lo que sobre dicha materia disponen los artículos 216, 217, 218, 219, 220, 221 y 222 del Decreto Número 90-97 del Congreso de la República de Guatemala, *Código de salud*³.

³ Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. *Reglamento para el manejo de desechos sólidos hospitalarios, Acuerdo Gubernativo No. 509-2001*. <http://www.mspas.gob.gt/images/files/saludambiente/regulacionesvigentes/desechossolidos/AcuerdoGubernativo509-2001ManejoDesechosSolidosHospitalarios.pdf>. Consulta: 4 de abril de 2016.

3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

Para esta caracterización se establecen las áreas de influencia del estudio que corresponde a los espacios geográficos afectados, negativa o positivamente, directa e indirectamente, por las actividades.

3.1. Macrolocalización

La investigación establecerá una base de datos confiable para posteriormente ser utilizada para la correcta manipulación de los desechos sólidos que se generan en el país. En el presente caso, el municipio de Guatemala.

Por lo tanto, es importante la ubicación exacta del área de influencia y enmarcar los temas más importantes del país.

3.1.1. Indicadores generales

Los indicadores generales de un país indican el nombre, su capital, su extensión territorial, etc.

3.1.2. Datos macroeconómicos

Estos datos son de carácter estadístico e indican la situación actual de la economía de Guatemala, en el ámbito de la industria, mercado de trabajo, comercio, etc.

3.1.3. Datos poblacionales

La información sobre la población es esencial para el proceso de delimitación.

Tabla II. **Indicadores generales, macroeconómicos y poblacionales**

Indicadores generales y de población				
Descripción	Unidad de cuenta	Información	Fecha	Fuente
Extensión territorial	Kms ²	108,889	2015	IGN
Población	Millones de personas	16 176 133	2015	INE
Capital del país		Guatemala		
Sistema de Gobierno		República		
Presidente		Jimmy Morales Cabrera		
Moneda		Quetzal		
Macroeconómicos				
Descripción	Unidad de cuenta	Información	Fecha	Fuente
PIB corriente	Millones de quetzales	454098,4	2014	Banco de Guatemala
PIB constante	Millones de quetzales	231267,8	2014	Banco de Guatemala
PIB per cápita	Quetzales	28728,3	2014	Banco de Guatemala
Crecimiento del PIB corriente	Porcentaje	7,3	2014	Banco de Guatemala
Crecimiento del PIB constante	Porcentaje	4,3	2014	Banco de Guatemala
Población económicamente activa	Personas	6,168470	2014	INE (ENEI-2014)
Tasa de ocupación bruta	Porcentaje	59,9	2014	INE (ENEI-2014)
Tasa de desempleo abierto total	Porcentaje	2,9	2014	INE (ENEI-2014)
Precios				
Descripción	Unidad de cuenta	Información	Fecha	Fuente
Inflación acumulada	Porcentaje	1,60	Julio 2015	INE
Inflación interanual	Porcentaje	2,32	Julio 2015	INE
Inflación mensual	Porcentaje	0,51	Julio 2015	INE
Finanzas públicas				

Continuación de la tabla II.

Descripción	Unidad de cuenta	Información	Fecha	Fuente
Gasto público	Millones de quetzales	61053,6	2014	Ministerio de Finanzas
Gasto público	Porcentaje del PIB	26,4	2014	Ministerio de Finanzas
Ingreso público	Millones de quetzales	58511,5	2014	Ministerio de Finanzas
Ingreso público	Porcentaje del PIB	25,3	2014	Ministerio de Finanzas
Déficit presupuestario	Millones de quetzales	(8622,2)	2014	Ministerio de Finanzas
Déficit presupuestario	Porcentaje del PIB	(1,4)	2014	Ministerio de Finanzas
Deuda externa	Porcentaje del PIB	12,00	2014	Ministerio de Finanzas
Sector externo				
Descripción	Unidad de cuenta	Información	Fecha	Fuente
Importaciones	Millones de US\$	8 597,3	Junio 2015	Banco de Guatemala
Exportaciones	Millones de US\$	5 621,1	Junio 2015	Banco de Guatemala
Balanza comercial	Millones de US\$	(2 976,2)	Junio 2015	Banco de Guatemala
Tipo de cambio de referencia	Q*US\$	7,65449	26/08/2015	Banco de Guatemala
Indicadores sociales				
Descripción	Unidad de cuenta	Información	Fecha	Fuente
Pobreza total	Porcentaje	53,7	2012	INE (ENCOVI-2011)
Pobreza extrema	Porcentaje	13,3	2012	INE (ENCOVI-2011)
Esperanza de vida al nacer	Años	72	2015-2020	Cepal
Tasa global de fecundidad	Número de hijos	3,8	2014	Banco Mundial
Tasa bruta de natalidad	por c/1000 habitantes	27,7	2015-2020	Cepal
Tasa bruta de mortalidad	por c/1000 habitantes	5,3	2015-2020	Cepal
Tasa de analfabetismo	Porcentaje	14,46	2014	Conalfa
Acuerdos de Paz	Porcentaje del PIB	0,01	2014	Ministerio de Finanzas

Fuente: elaboración propia.

3.1.4. Descripción geográfica

Guatemala se encuentra en la región de Centroamérica; limita al norte con México, al oeste con Belice y al sur con Honduras y El Salvador; es bordeado por el Golfo de Honduras. Su relieve se caracteriza por ser montañoso y con mesetas de caliza.

3.1.5. Orografía de Guatemala

Guatemala es un país ubicado en la región subtropical del hemisferio norte con un relieve marcadamente montañoso en casi el 60 % de su superficie. Las diferentes zonas ecológicas varían desde el nivel del mar hasta aproximadamente 4 000 msnm, con precipitación pluvial que varía de una zona a otra desde los 400 hasta aproximadamente 4 000 mm anuales.

La sierra de los Cuchumatanes y la Sierra Madre se adentran en Guatemala. La Sierra Madre atraviesa el país de oeste a este, corre paralela al Pacífico y se prolonga hacia Honduras por el Cerro Oscuro. La sierra de los Cuchumatanes, más al norte, se extiende hasta el norte del río Chixoy o Negro, donde se divide en dos grupos: los Cuchumatanes al oeste y la sierra de Chamá al este.

Guatemala es uno de los países más volcánicos del mundo. Destacan los de Tajumulco (4 220 msnm), el pico más alto de América Central, volcán de Fuego (3 763 msnm), el de Santa María (3 772 msnm), el volcán de Agua (3 763 msnm), el volcán San Pedro, el Tolimán, a orillas del lago de Atitlán.

Debido a sus múltiples plegamientos orográficos, Guatemala está sometida a constantes sismos y erupciones volcánicas. Una de las mayores

tragedias que ha conocido la historia de este país se produjo con el terremoto de 1976, que ocurrió en la madrugada del 4 de febrero, cuando a las 3:01:43 hora local, Guatemala despertó sobresaltada por un fuerte sismo. El sismo, con una intensidad de 7,6° en la escala de Richter, duró 39 segundos y fue seguido de varias réplicas.

La falla de Motagua, que atraviesa el territorio guatemalteco de este a oeste, fue la que provocó el terremoto de 1976. El epicentro se localizó a 150 kilómetros al noroeste de la ciudad de Guatemala, cerca de Gualán, en el departamento de Zacapa y el hipocentro, a 5 kilómetros de profundidad. Causó aproximadamente veintitrés mil muertos, setenta y seis mil heridos y dejó a más de un millón de personas sin hogar.

Figura 7. Mapa orográfico de Guatemala



Fuente: *Mapa de Guatemala*. <https://es.wikipedia.org/wiki/Guatemala#Orograf.C3.ADa>.

Consulta: 4 de abril de 2016.

3.2. Microlocalización

Definidos los datos importantes en la macrolocalización, se procede al análisis del área de estudio; la investigación se realizará específicamente en la colonia La Florida de la zona 19 de la ciudad capital, para ello es necesario enmarcar datos importantes del área.

El municipio de Guatemala es a su vez, la cabecera departamental, municipal y la ciudad capital de la República, se encuentra situado en la parte central del departamento, en la región 1 o región metropolitana. Se localiza en la latitud 14° 38' 29" en la longitud 90° 30'47". Limitada al norte con los municipios de Chinautla y San Pedro Ayampuc (Guatemala), al sur con los municipios de Santa Catarina Pinula, San José Pinula, Villa Canales, San Miguel Petapa y Villa Nueva (Guatemala), al Este con el municipio de Palencia (Guatemala), y al oeste con el municipio de Mixco (Guatemala). Cuenta con una extensión territorial de 228 kilómetros cuadrados, de los cuales 80 kilómetros cuadrados corresponden a la ciudad capital incluyendo sus colonias; se encuentra en una altura promedio de 1 498,89 metros sobre el nivel del mar, por lo que generalmente su clima es templado.

3.2.1. Esquema de definición de zonas urbanas de la ciudad de Guatemala

La definición de las zonas de la ciudad se basa en un sistema de espiral que se desenvuelve en dirección opuesta a las agujas del reloj, fue creado por el ingeniero Raúl Aguilar Batres.

Los criterios empleados por este eminente urbanista guatemalteco fueron la división que, de hecho, se establecía en la ciudad a través de las principales

vías de acceso y la divisoria continental de las aguas que pasan por el centro del valle donde se asienta la capital. Las primeras quince zonas fueron aprobadas en el año 1952.

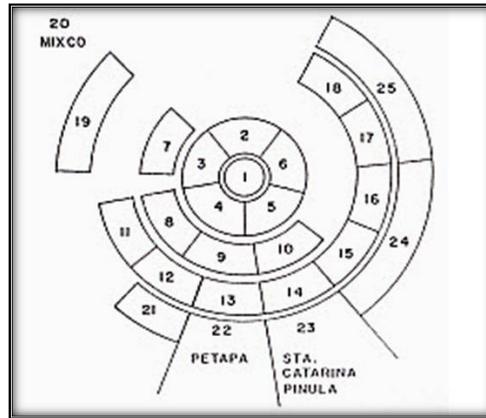
Cuando se desarrollaron los censos de 1964, se incorporaron por necesidad censal, las zonas 16, 17, 18, 19, 21, 24 y 25; la zona 19 correspondía al municipio de Chinautla, la zona 20 al municipio de Mixco y la zona 22 al municipio de Santa Catarina Pínula.

En 1972, se decreta y se pone en vigor el Acuerdo Municipal que delimita las 23 zonas en que se divide la ciudad, respetando el criterio censal en relación a las zonas 20, 22 y 23; la reciente incorporación de la colonia La Florida (1972) a la jurisdicción del municipio de Guatemala, convierte a ésta en la zona 19, número trasladado del que pertenecía al municipio de Chinautla.

En relación a la zona 22, fue delimitada dentro del Decreto Municipal del 5 de enero de 1972, en función de los contornos de la aldea Guajitos; dicha aldea siempre fue considerada en los censos de población y habitación como parte de la zona 21, asignándole este número (22) al municipio de San Miguel Petapa.

En síntesis, existen actualmente 22 zonas postales. Las zonas 20, 22 y 23 están planificadas para incorporar áreas de crecimiento futuro de la ciudad pero pertenecen a otro municipio.

Figura 8. **Distribución de las zonas de la ciudad capital**



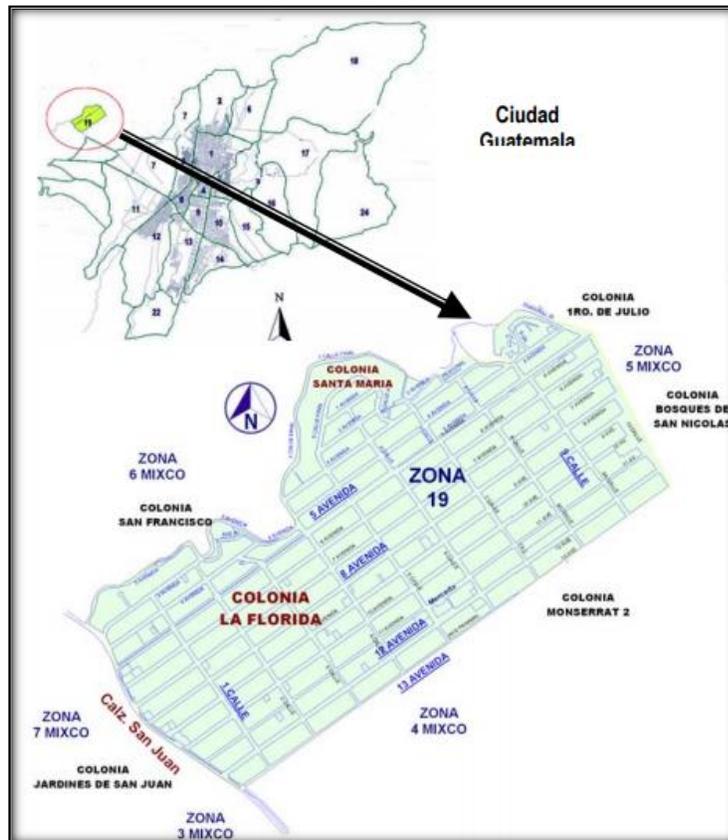
Fuente: Municipalidad de Guatemala. *Alcaldía auxiliar*. <http://www.muniguate.com/>. Consulta: 4 de abril de 2016.

La colonia La Florida pertenece actualmente a la zona 19 de la ciudad capital, es una lotificación que comprende una extensión de 816 006 metros cuadrados, según el topógrafo Guillermo del Pinal Ayala, situada en el kilómetro 16 de la carretera a San Juan Sacatepéquez, fundada en 1952 en los terrenos de El Potrero del Espinal, y adscrita al municipio de Guatemala en 1958 por Acuerdo Gubernativo signado por el presidente Miguel Ydígoras Fuentes.

Limita al norte con la aldea Lo de Bran y colonia Primero de Julio; al sur con la aldea La Brigada, calzada San Juan, colonias Belén y Jardines de San Juan; al este con las colonias Montserrat I y II, y al oeste con la colonia Santa Marta. Estas colindancias pertenecen al municipio de Mixco.

Se encuentra a 1 603 metros sobre el nivel del mar, latitud $14^{\circ} 34' 16''$, y longitud $90^{\circ} 34' 33''$.

Figura 9. **Microlocalización**



Fuente: Municipalidad de Guatemala. *Alcaldía auxiliar*. <http://www.muniguate.com/>. Consulta: 4 de abril de 2016.

3.2.2. **Datos históricos de la zona 19, colonia La Florida, ciudad de Guatemala**

Como consecuencia de la *Ley de Reforma Agraria*, Decreto 900, promulgada por el gobierno del extinto coronel Jacobo Árbenz Guzmán en su calidad de Presidente Constitucional de la República de Guatemala en el año de 1951, que promulgaba la expropiación de todas las tierras abandonadas y ociosas para ser repartidas en familias campesinas que carecieran de tierras

donde vivir y cultivar; la familia Aycinena, propietaria de grandes extensiones de terreno al norte del municipio de Mixco donde había en algunas partes cafetales y milperíos y cuyo terreno central es la finca El Naranjo con aldeas como Lo de Fuentes y El Rodeo, inició la lotificación de parte de sus propiedades con el nombre de La Florida, donde antiguamente era conocido como Potrero El Espinal, lotes con medidas en 8,50 m y 11,90 m (los de esquina) de ancho, por 27,90 m de fondo. En 1953 se amplió a la Segunda Florida a causa de que Julio Vila y compañía Ltda. compró la finca, y el resto de la misma, también, la fraccionó en lotes de 8,40 metros y 10,25 metros de ancho, por 27 metros de fondo.

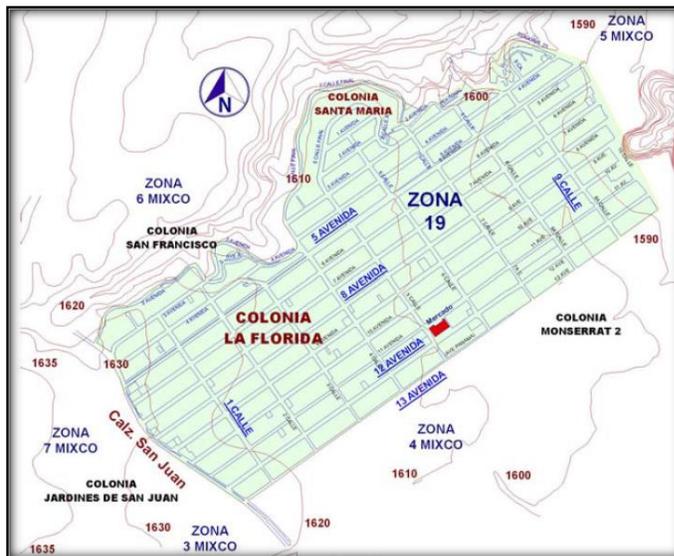
El 18 de julio de 1958, el extinto coronel e ingeniero Miguel Ydígoras Fuentes, en ese entonces Presidente Constitucional de la República de Guatemala, a solicitud de los vecinos organizados en el Comité Pro Mejoramiento de la Colonia La Florida, decepcionados por la ineptitud e ineficiencia de la Corporación Municipal de Mixco para solucionar sus problemas de desarrollo urbano, decreta la segregación de la colonia de la jurisdicción del municipio de Mixco y su anexión automática al municipio de Guatemala; le da el tiempo necesario para la ampliación de sus límites, amparado en el Decreto 1183 del Congreso de La República de Guatemala en sus artículos 1º, 2º y 3º.

A partir de este histórico hecho, los asuntos de gestión del Comité Pro Mejoramiento Social de la Colonia La Florida empezaron, paulatinamente, a fructificar.

La topografía del lugar es bastante regular, las pendientes varían del 1 % al 2 %, esta información forma parte de los archivos digitales de la página

muniguate.com del artículo escrito por Carlos Rene García Escobar, denominado *Historia de la zona 19*.

Figura 10. **Topografía de la zona 19**



Fuente: Municipalidad de Guatemala. *Alcaldía auxiliar*. <http://www.muniguate.com/>. Consulta: 4 de abril de 2016.

En la zona se ubican importantes lugares donde se pueden generar distintos tipos de desechos sólidos, pero en esta investigación no serán tomados en cuenta porque se limita a desechos sólidos domiciliarios.

- Centros religiosos: Parroquia Nuestra Señora del Rosario y una cantidad aproximada de 30 iglesias pequeñas de la religión cristiana evangélica.
- Centros educativos: Escuela de Educación Pública Nacional para Mujeres No. 58, Nacional para Varones Núm. 59, Diego Reynoso y Escuela Panamericana.

- Sitios importantes: mercado cantonal, parque 10 de mayo y Las Guacamayas.

Los accesos a la colonia La Florida son muy amplios ya que cuenta con calles de 9 metros de ancho recubiertas con una capa asfáltica en algunas avenidas y el resto con recubiertas con concreto hidráulico; las principales avenidas y calles de la colonia La Florida son, 5, 8, 12 y 13 avenida, 1 y 9 calle por donde circulan la mayoría de vehículos con una carga vehicular aproximada de 500 vehículos por hora, en los momentos de mayor circulación y de 200 vehículos por hora en la de menor circulación.

Figura 11. Principales avenidas y calles de la zona 19



Fuente: MELENDEZ, Denis. *Ordenamiento mercado La Florida zona 19*. p. 51.

3.2.3. Demografía

Según el censo realizado en los años de 1981 y 2002 por el Instituto Nacional de Estadística, el crecimiento poblacional de la colonia La Florida es de 2 % anual.

Tabla III. **Estimación de población**

Estimación de crecimiento poblacional, vivienda y familia de la zona 19, Ciudad de Guatemala				
Estimación @ 5 años	Años			
	2002	2008	2017	2023
Población	24 645	27 754	33 169	37 354

Fuente: elaboración propia.

La población por tipo de sexo se divide de la siguiente forma:

Figura 12. **Población según género**



Fuente: elaboración propia.

El grupo étnico predominante es no indígena con un 91 % y el rango de edad de la población se comprende principalmente entre los 15 y 64 años, con un 63 % y el un 90 % de la población es alfabeta.

El total de viviendas es de 6 102, de las cuales el 63 % es vivienda formal el 16 % apartamentos y el 21 % restante lo conforma viviendas tipo palomar e improvisada, según el censo 2002.

4. CÁLCULO Y CUANTIFICACIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE RESIDUOS SÓLIDOS

Se inicia con el trabajo de recolección de información de campo, una vez caracterizada el área de influencia y la información básica correspondiente en el capítulo anterior.

4.1. Situación actual de los desechos solidos

De las 4 680 viviendas contabilizadas en la zona 19 se estima, por medio de observación propia, que el 88,03 % de la población ocupa el sistema de recolección de basura privado-municipal, es decir, un aproximado de 4 120 viviendas; el resto de las viviendas utiliza otros métodos como incineración en patios o servicios de recolección clandestina que vierten la basura en el barranco denominado Las Guacamayas el cual se encuentra cercado, no obstante se da esta actividad.

4.1.1. Recolección

La recolección de basura la realizan dos empresas público-privadas que prestan el servicio tres veces por semana a diferente horario; una de las empresas se denomina Servicio de Limpieza Particular Castro, con un costo de Q 40,00 mensuales y la otra denominada Servicio Particular de Extracción de Limpieza, con un costo mensual de Q 30,00; emplean el método de servicio a la puerta, es decir, el usuario del servicio dispone sus desechos en la puerta de su vivienda y se recoge; personas ajenas al servicio realizan una ronda en horas de la madrugada clasificando en su mayoría basura con posibilidad de reciclaje, lo que representa en buena medida el sustento diario de sus familias.

4.1.2. Manejo y transporte

Se trasladan los residuos en camiones particularmente pintados de color amarillo, de 3 ejes de carga, con capacidad de 23 toneladas métricas; en el proceso de recolección, se realiza una segunda clasificación en donde extraen o separan pet, vidrio, ropa, papel, cartón y electrónicos que han quedado de la primera recolecta.

Figura 13. **Situación actual de la recolección**



Fuente: elaboración propia.

4.1.3. Disposición final

Los desechos sólidos recolectados de la zona 19 de la ciudad capital de Guatemala, en su mayor parte son depositados en el botadero municipal de la zona 3 de la ciudad de capital.

Figura 14. Disposición final



Fuente: elaboración propia.

4.2. Cálculo del número de muestras o viviendas a evaluar

Con el objeto de obtener una muestra representativa de la población, se realizó el siguiente procedimiento:

- Definición de la población: todas las viviendas de tipo residencial circunscritas dentro de los límites territoriales de la zona 19 de la ciudad de Guatemala.

Determinación de la generación per capita mediante:

$$Pi = \frac{Wi}{Hv} \text{ [KilogramoHabitanteDía]}$$

Donde:

- Pi = producción individuo

- W_i = peso de la muestra [Kg]
- H_v = número de habitantes por vivienda

El muestreo estratificado proporcional es el más común para la selección de muestras por ser el que representa la misma probabilidad en que la muestra puede ser seleccionada; para la fidelización de este método se deben seguir los siguientes pasos:

- Determinación de las variables y la notación científica.
- En el cálculo para determinar el tamaño de la muestra se debe considerar un nivel de confianza, un nivel de error de estimación y un valor de variación.
- Asignación del tamaño de la muestra de viviendas particulares por estratos.
- Si no hay datos iniciales de la población, se debe asumir la desviación estándar en 200 gr/habitantes/día.
- El nivel de confianza más utilizada es de 96 %, por lo que este coeficiente de confianza es de 1,96.

La desviación estándar es $\sigma=0,2$ kg/habitantes/día, el promedio podría ser 0,655 kg/habitantes/día y el tamaño de la población es $N=4\ 680$ viviendas.

Además, si se considera un error de estimación equivalente a 10 % del promedio estimado, luego $E=0,0655$. Con estos datos, el tamaño de la muestra será:

$$n = \frac{C_c^2 * N * \sigma^2}{(N - 1) * E^2 + C_c^2 * \sigma^2}$$

Donde:

- n = número de muestras
- C_c = coeficiente de confianza
- σ = desviación estándar
- N = número de la población
- E = error estimado

Por lo tanto:

$$n = \frac{1,96^2 * 4\,680 * 0,20^2}{(4\,680 - 1) * 0,0655^2 + 1,96^2 * 0,20^2}$$

$$n = 35,68 = 36 \text{ viviendas}$$

4.3. Procedimiento para recolección de datos y muestreo

- Procedimiento para la toma de datos y muestras:
 - Seleccionar al azar las 36 viviendas de la muestra.

- Seleccionar el lugar y los recursos humanos y el equipo para la recolección de datos, así como el diseño del formulario.
- Realizar la respectiva visita para la aprobación de la toma de muestras con los habitantes de las viviendas seleccionadas.
- Para la toma de muestras
 - Se registra la información particular del número de habitantes de cada vivienda muestreada y la identificación de cada propiedad.
 - Se hace entrega de las bolsas debidamente rotuladas por vivienda para su clasificación previa en orgánico e inorgánico.
 - En el proceso de recolección, se maneja con cuidado el traslado al sitio de análisis previamente establecido; en este caso 11 avenida entre 8 y 9 calle de la zona en estudio para su debida caracterización; previo al traslado, se realiza la primera toma de peso por vivienda.
 - Se realiza la separación por medio del método del cuarteo, hasta formar una muestra homogénea de 45 kg o menos.
 - Se toma el peso total de la muestra homogenizada y se realiza la separación de los residuos de la siguiente manera:
 - Orgánicos
 - ✓ Con residuos de comida
 - ✓ Madera

- ✓ Papel y cartón
- Inorgánicos
 - ✓ Residuos sanitarios.
 - ✓ Plásticos
 - ✓ Metales
 - ✓ Vidrio
 - ✓ Telas y ropa
- Se toma el peso individual para realizar el porcentaje de cada clasificación.
- Con el resto del cuarteo se realiza el cálculo de la densidad de los residuos tanto sueltos como compactados.

Figura 15. **Proceso de recolección de basura**



Fuente: elaboración propia.

4.4. Composición de los residuos sólidos en peso y porcentaje

Para este proceso se toma la muestra de las viviendas debidamente seleccionadas y se toma el peso de cada muestra por vivienda.

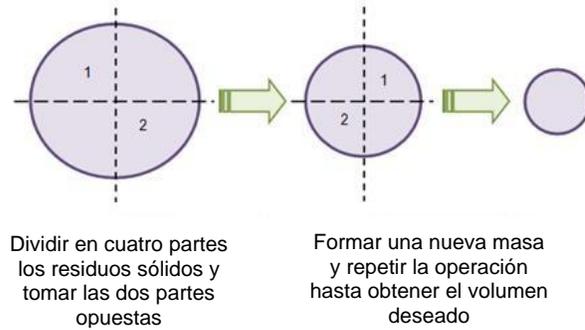
Tabla IV. **Recolección de la muestra**

Recolección muestra por fecha							
Información general		Sábado 01/04	Martes 04/04/	Jueves 06/04	Sábado 08/04	Martes 11/04	Jueves 13/04
No. de vivienda	Núm. de habitantes	Peso [Kg]	Peso [Kg]	Peso [Kg]	Peso [Kg]	Peso [Kg]	Peso [Kg]
1	5	5,07	5,10	5,44	4,43	4,81	5,60
2	9	7,20	7,46	7,62	6,29	7,02	7,40
3	8	4,98	5,36	5,16	4,35	5,03	4,59
4	9	4,16	4,74	4,18	3,64	4,44	3,15
5	5	4,27	4,38	4,54	3,73	4,13	4,48
6	10	4,80	5,43	4,84	4,19	5,08	3,74
7	6	9,49	9,16	10,40	8,30	8,67	11,50
8	14	8,71	9,38	9,04	7,61	8,80	8,03
9	4	3,20	3,31	3,39	2,80	3,12	3,29
10	6	2,35	2,78	2,30	2,05	2,59	1,50
11	2	0,53	0,70	0,49	0,47	0,65	0,15
12	2	1,28	1,37	1,33	1,12	1,29	1,20
13	8	8,11	8,15	8,71	7,08	7,69	8,97
14	6	5,97	6,02	6,41	5,22	5,68	6,58
15	8	2,13	2,82	1,94	1,86	2,61	0,61
16	7	7,09	7,13	7,62	6,20	6,73	7,85
17	5	4,89	4,94	5,24	4,27	4,65	5,36
18	6	6,19	6,21	6,65	5,41	5,86	6,87
19	5	5,24	5,25	5,65	4,58	4,96	5,85
20	10	6,22	6,70	6,46	5,44	6,29	5,73
21	4	5,33	5,22	5,81	4,66	4,93	6,28
22	4	5,69	5,54	6,21	4,97	5,23	6,77
23	9	8,00	8,17	8,53	6,99	7,70	8,52
24	7	6,22	6,35	6,63	5,44	5,99	6,63
25	18	11,20	12,05	11,62	9,79	11,32	10,32
26	3	1,44	1,63	1,45	1,26	1,52	1,12
27	12	18,98	18,33	20,80	16,59	17,34	23,01
28	4	4,05	4,08	4,36	3,54	3,84	4,48
29	2	1,92	1,94	2,06	1,68	1,83	2,09
30	4	1,85	2,11	1,86	1,62	1,97	1,40
31	2	0,89	1,02	0,89	0,78	0,96	0,65
32	4	1,78	2,04	1,78	1,55	1,91	1,30
33	6	3,78	4,06	3,92	3,30	3,81	3,50
34	8	5,12	5,48	5,33	4,47	5,15	4,79
35	7	6,72	6,80	7,20	5,87	6,41	7,32
36	5	2,40	2,71	2,42	2,10	2,54	1,87
Total, muestra [kg]		187,23	193,91	198,27	163,64	182,54	192,51

Fuente: elaboración propia.

- Homogenización por el método del cuarteo de la muestra total
 - Para realizar este trabajo se utiliza la muestra de un día. Se deben colocar los residuos en una zona pavimentada o sobre un plástico grande con la finalidad de no combinar los residuos con tierra.
 - Se rompen las bolsas y se vierte el desecho formando un montón. Con la finalidad de homogenizar la muestra, se trozan los residuos más voluminosos hasta conseguir un tamaño que resulte manipulable: de 15 cm o menos.
 - El montón se divide en cuatro partes (método de cuarteo) y se escogen las dos partes opuestas (lados sombreados de la figura que se muestra a continuación) para formar un nuevo montón más pequeño. La muestra menor se vuelve a mezclar y se divide en cuatro partes nuevamente, luego se escogen dos opuestas y se forma otra muestra más pequeña. Esta operación se repite hasta obtener una muestra de 50 kg de basura o menos. Este procedimiento se realiza para obtener dos muestras similares, una servirá para la clasificación y la segunda para el cálculo de la densidad de la muestra.

Figura 16. **Método del cuarteo**



Fuente: CARAZO, Diriamba. *Plan integral de manejo de residuos sólidos urbanos*. p. 2.

Figura 17. **Cuarteo de muestra**



Fuente: elaboración propia.

Figura 18. Instrumentos utilizados



Fuente: elaboración propia.

- Clasificación de los desechos sólidos

La clasificación de los residuos se realiza a mano como se muestra en las figuras y se realiza el pesaje individual de cada grupo clasificado con el fin de obtener el porcentaje en peso de cada grupo.

- Relación porcentual en peso de las muestras tomadas

Tabla V. **Peso de residuos sólidos clasificados**

PESO DE RESIDUOS SÓLIDOS MÉTODO DEL CUARTEO								
Información general		Jueves 30/03	Sábado 01/04	Martes 04/04	Jueves 06/04	Sábado 08/04	Martes 11/04	Peso promedio
Datos generales	Peso total de la muestra [kg]	187,23	193,91	198,27	163,64	182,54	192,51	186,35
	Peso de la muestra producto del cuarteo [Kg]	35,57	40,72	36,68	40,91	49,29	44,28	41,24
Orgánicos	Orgánicos	24,90	28,10	26,41	28,64	34,01	30,51	28,76
	Papel y cartón	1,92	2,44	2,75	3,27	4,44	4,43	3,21
	Madera y follaje	0,19	0,33	0,25	0,29	0,33	0,15	0,26
Inorgánicos	Plásticos	6,65	7,33	5,50	6,42	7,89	6,95	6,79
	Metales	0,09	0,19	0,02	0,08	0,15	0,10	0,11
	Vidrio	0,04	0,04	0,04	0,16	0,05	0,04	0,06
	Telas y ropa	1,69	1,94	1,71	1,55	1,73	1,83	1,74

Fuente: elaboración propia.

De los siguientes datos se obtiene:

Tabla VI. **Relación porcentual de residuos sólidos clasificados**

COMPOSICIÓN PORCENTUAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS								
Información general		Sábado 01/04	Martes 04/04	Jueves 06/04	Sábado 08/04	Martes 11/04	Jueves 13/04	% promedio
Orgánicos	Orgánicos	70,00 %	69,00 %	72,00 %	70,00 %	69,00 %	68,90 %	69,817 %
	Papel y cartón	5,40 %	6,00 %	7,50 %	8,00 %	9,00 %	10,00 %	7,650 %
	Madera	0,53 %	0,82 %	0,68 %	0,70 %	0,67 %	0,35 %	0,625 %
Inorgánicos	Plásticos	18,70 %	18,00 %	15,00 %	15,70 %	16,00 %	15,70 %	16,517 %
	Telas y ropa	4,74 %	4,76 %	4,65 %	3,80 %	3,52 %	4,13 %	4,266 %
	Metales	0,26 %	0,48 %	0,05 %	0,20 %	0,30 %	0,22 %	0,251 %
	Vidrio	0,11 %	0,10 %	0,11 %	0,40 %	0,11 %	0,09 %	0,154 %
	Otros	0,26 %	0,84 %	0,00 %	1,20 %	1,41 %	0,61 %	0,720 %

Fuente: elaboración propia.

4.5. Cálculo de la densidad de los residuos sólidos

La densidad permite conocer el volumen que ocupa cierta cantidad de residuos sólidos con el fin de saber qué cantidad de vehículos es necesaria para recolección, se calcula según el siguiente procedimiento:

- Se tara el recipiente vacío (W_1) y se determina su volumen (V).
- Se depositan los desechos dentro del recipiente y se acomodan de tal manera que se llenen los espacios vacíos en dicho recipiente.
- Se tara nuevamente el recipiente lleno (W_2) y por diferencia se obtiene el peso de los residuos (W).
- Finalmente, se divide el peso de los residuos (W) entre el volumen del recipiente (V) para obtener la densidad suelta; para el presente caso se utilizó un recipiente cilíndrico de 5 galones de capacidad, equivalente a 0,0189271 m³.

- La compactación se realiza por medio de un mazo compactador, en cada tercio del recipiente, compactando 23 veces en forma de espiral y así hasta alcanzar el volumen total.
- Se repite el procedimiento para encontrar la densidad de los residuos compactados.

Figura 19. **Peso compactado**



Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Peso para la determinación de las densidades o el peso específico**

		PESO DE RESIDUOS SÓLIDOS [Kg]					
Información general		Sábado 01/04	Martes 04/04	Jueves 06/04	Sábado 08/04	Martes 11/04	Jueves 13/04
Material Orgánico	Suelto [kg]	4,35	3,98	4,27	4,05	3,85	4,55
	Compactado [Kg]	6,35	7	6,15	6,25	6,05	6,45
Material inorgánico	Suelto [kg]	1,35	1,27	1,37	1,45	1,2	1,35
	Compactado [Kg]	1,71	1,68	1,72	1,67	1,59	1,77

Fuente: elaboración propia.

4.5.1. Densidad de residuos orgánicos

Se determina una densidad promedio de los residuos orgánicos en la siguiente tabla:

Tabla VIII. Densidad media de los residuos orgánicos

Información general		Sábado 01/04	Martes 04/04	Jueves 06/04	Sábado 08/04	Martes 11/04	Jueves 13/04	Densidad promedio
Material orgánico	Suelto [kg/m ³]	229,83	210,28	225,60	213,98	203,41	240,40	220,58
	Compactado [Kg/m ³]	335,50	369,84	324,93	330,21	319,65	340,78	336,82

Fuente: elaboración propia.

4.5.2. Densidad de residuos inorgánicos

Se determina una densidad promedio de los residuos orgánicos de la siguiente tabla:

Tabla IX. Densidad media de los residuos inorgánicos

Información general		Sábado 01/04	Martes 04/04	Jueves 06/04	Sábado 08/04	Martes 11/04	Jueves 13/04	Densidad promedio
Material inorgánico	Suelto [kg]	71,33	67,10	72,38	76,61	63,40	71,33	70,36
	Compactado [Kg]	90,35	88,76	90,87	88,23	84,01	93,52	89,29

Fuente: elaboración propia.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con la información obtenida mediante el muestreo se obtiene.

5.1. Análisis de resultado obtenidos

De la muestra se obtiene que la producción per cápita es de 0,398 Kg/hab/día. Según se muestra la siguiente tabla:

Tabla X. **Producción per cápita según muestra**

Descripción	Sábado 01/04	Martes 04/04	Jueves 06/04	Sábado 08/04	Martes 11/04	Jueves 13/04
Producción per cápita [Kg/hab/día]	0,40	0,41	0,42	0,35	0,39	0,41
Total, de habitantes muestreados	234	Producción promedio per cápita				0,398

Fuente: elaboración propia.

Se obtienen pesos específicos con las siguientes cualidades; este dato es importante para la disposición y el manejo de los desechos sólidos.

Tabla XI. **Peso específico de los desechos solidos**

	Información general	Peso específico
Material orgánico	Suelto [kg/m ³]	220,58
	Compactado [Kg/m ³]	336,82
Material inorgánico	Suelto [kg/m ³]	70,36
	Compactado [Kg/m ³]	89,29

Fuente: elaboración propia.

Los residuos sólidos tienen una composición según la siguiente tabla:

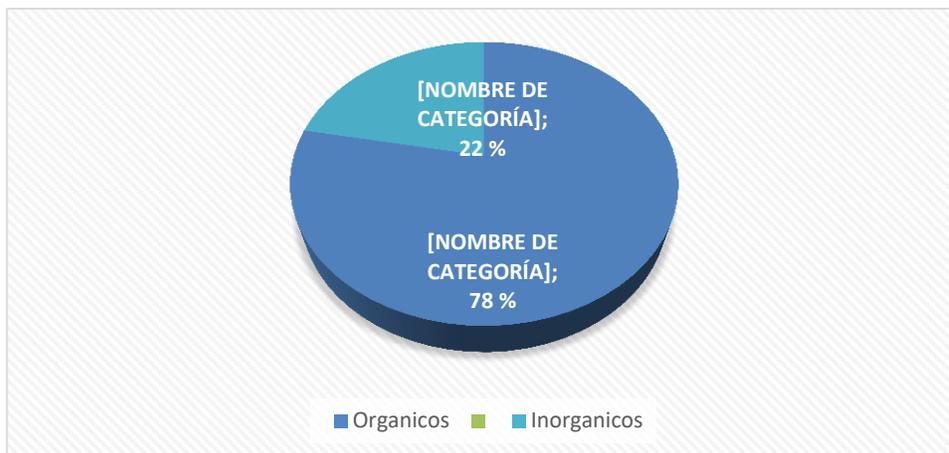
Tabla XII. **Composición porcentual de los desechos sólidos**

Información general		Porcentaje promedio
Orgánicos	Orgánicos	69,817 %
	Papel y cartón	7,650 %
	Madera	0,625 %
Inorgánicos	Plásticos	16,517 %
	Telas y ropa	4,266 %
	Metales	0,251 %
	Vidrio	0,154 %
	Otros	0,720 %

Fuente: elaboración propia.

Muestra una composición general de desechos orgánicos del 69,817 % y desechos inorgánicos del 30,18 %

Figura 20. **Composición física de desechos sólidos**



Fuente: elaboración propia.

5.2. Producción per cápita

Con la información obtenida mediante el muestreo e información de la tabla número XIII, se observa la producción proyectada para el año 2023 para la colonia La Florida zona 19.

Tabla XIII. **Proyección sobre la producción de residuos sólidos**

Proyección sobre la producción de residuos sólidos [Ton/día]	Años	
	2017	2023
Población	33 169	34 995
Producción per cápita [Ton/hab/día]	0,000398	0,000398
Residuos sólidos proyectados [Ton/día]	13,20	13,93

Fuente: elaboración propia.

5.3. Composición de los desechos sólidos de la zona 19 de la ciudad capital

Según cálculos anteriores se puede determinar que la composición de los desechos sólidos estará determinada de la siguiente manera.

Tabla XIV. **Determinación de la producción de desechos sólidos**

Información general		2017	2023
		[Ton/día]	[Ton/día]
Orgánicos	Orgánicos	0,69816667	9,22
	Papel y cartón	0,0765	1,01
	Madera	0,00625	0,08
Inorgánicos	Plásticos	0,16516667	2,18
	Telas y ropa	0,04266058	0,56
	Metales	0,00251182	0,03
	Vidrio	0,00153854	0,02
	Otros	0,00719943	0,10

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Actualmente, se generan 13,20 toneladas de desechos sólidos por día de carácter residencial en la zona 19, ciudad de Guatemala.
2. Se tiene una producción de desechos sólidos per cápita de 0,398 kilogramos/habitante/día en zona 19, colonia La Florida, ciudad de Guatemala.
3. Las densidades promedio para los desechos orgánicos fueron:
 - Suelto 220,58 Kg/m³
 - Compactado 336,82 Kg/m³
4. Las densidades para el material inorgánicos:
 - Suelto 70,36 kg/m³
 - Compactado 89,29 kg/m³
5. Los residuos sólidos se disponen en un 88 % mediante un tren de recolección brindado por 2 empresas distintas, las cuales recogen los desechos sólidos los días sábado, martes y jueves; estos desechos son vertidos en el basurero municipal ubicado en la zona 3 de la ciudad de Guatemala. Otro 9,5% dispone colocar su basura en la puerta del algún vecino para evitar el pago de servicio y 2,5% dispone incinerar su basura. Esta información fue recolectada de forma verbal con vecinos del área en estudio.

6. El estudio se realizó durante 17 días, 2 semanas del mes de abril de 2017; se logró determinar que no existe cultura ni interés de clasificación dentro de los habitantes del área de estudio debido a la falta de información.
7. La totalidad de la generación de los desechos sólidos, se distribuyen de la siguiente manera:
- Residuos orgánicos 78,09 % distribuidos de la siguiente forma:
 - Restos de comida 61,54 %
 - Papel y cartón 7,65 %
 - Madera 0,63 %

 - Residuos inorgánicos 21,91 % distribuidos de la siguiente manera:
 - Plásticos 16,52 %
 - Telas y ropa 4,27 %
 - Metales 0,25 %
 - Vidrio 0,15%
 - Otros 0,72 %

RECOMENDACIONES

1. Se debe incentivar al estudiante a realizar estos análisis con el objetivo de caracterizar la mayor parte de la ciudad de Guatemala para colaborar con la toma de decisiones de las autoridades competentes ya que con esta información se pueden crear proyecciones para el manejo sustentable y rentable de los desechos sólidos.
2. Se deben realizar campañas de concientización para incentivar y educar a la población en general sobre la clasificación de los desechos sólidos, ya que con esto se puede coadyuvar a evitar el daño ambiental provocado por el mal manejo y disposición final de los desechos. Sólidos con una cultura de clasificación se puede reciclar o reutilizar la mayor parte de los residuos, en su mayoría son desechos orgánicos los que pueden ser convertidos en compost; además, se reduciría la cantidad necesaria de vehículos para su recolección que reduciría en buena medida la generación de dióxido de carbono que tanto daño provoca.
3. Generar una guía detallada para realizar los estudios de caracterización de desechos sólidos de carácter residual con el objetivo de unificar criterios y poder tabular datos para homologar la información obtenida al final del informe.

BIBLIOGRAFÍA

1. ACURIO, Guido; ROSSIN, Antonio; TEIXEIRA, Paulo Fernando y ZEPEDA, Francisco. *Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe*. 2a ed. Washington: Organización Panamericana de la Salud, 1998. 130 p.
2. Congreso de la República de Guatemala. *Acuerdo Gubernativo 111-2005, Política para el manejo integral de los residuos y desechos sólidos*. Guatemala: Presidencia de la República, 2005. 28 p.
3. CORDOVILLA CIRINO, Beatriz Cecibel. *Determinación del consumo de envases plásticos para Delivery con la propuesta de creación de una planta procesadora en la ciudad de Milagro*. Universidad de Guayaquil, Ecuador. 2012. 312 p.
4. CHIAPAS PÉREZ, Juan Pablo. *Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios en el condominio residencial El Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2011. 118 p.

DUARTE DIAZ, Felipe Andrés. *Caracterización de los desechos sólidos del municipio de San Antonio La Paz, departamento de El Progreso y propuesta para relleno sanitario*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 143 p.

5. Instituto Nacional de Estadística et al. *Características de la población y de los locales de habitación censados*. Guatemala: Fondo de Población de las Naciones Unidas, 2003. 278 p.
6. Perfil Ambiental de Guatemala. *Vulnerabilidad local y creciente construcción de riesgo*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar, 2010. 468 p.
7. Reglamento de manejo de desechos sólidos para el municipio de Guatemala. *Acuerdo No. 028-2002*. [En línea]. <<http://www.mspas.gob.gt/images/files/saludambiente/regulacionevigentes/desechossolidos/AcuerdoGubernativo5092001ManejoDesechosSolidosHospitalarios.pdf>>. [Consulta: 26 de marzo de 2015].
8. Reglamento para el manejo de desechos sólidos hospitalarios. *Acuerdo Gubernativo No. 509-2001*. [En línea]. <<http://www.mspas.gob.gt/images/files/saludambiente/regulacionevigentes/desechossolidos/AcuerdoGubernativo5092001ManejoDesechosSolidosHospitalarios.pdf>>. [Consulta: 4 de abril de 2015].