



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

**CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE LA
COLONIA BANVI, ZACAPA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA**

Juan Carlos Duarte Díaz

Asesorado por el Ing. José Edmundo Rodríguez

Guatemala, agosto de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE LA
COLONIA BANVI, ZACAPA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JUAN CARLOS DUARTE DÍAZ

ASESORADO POR EL ING. JOSÉ EDMUNDO RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Alejandro Castañon López
EXAMINADOR	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
EXAMINADOR	Ing. Fernando Boiton Velásquez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMILIARES DE LA COLONIA BANVI, ZACAPA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, en febrero de 2011.



Juan Carlos Duarte Díaz

Guatemala, 05 de Julio del 2013

Ingeniero:
Pedro Antonio Aguilar Polanco
Jefe del Departamento de Hidráulica
Escuela de Ingeniería Civil
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetado Ingeniero.

Por medio de la presente comunico a usted, la revisión y aprobación del trabajo para graduación titulado "CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES, DE LA COLONIA BANVI, ZACAPA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA." del estudiante de ingeniería civil Juan Carlos Duarte Díaz, quien se identifica con el número de carne 200611271.

Agradeciendo su atención, me suscribo.
Atentamente



JOSE EDMUNDO RODRIGUEZ
INGENIERO CIVIL
Colegiado No. 2818

José Edmundo Rodríguez.
Ingeniero Civil
Colegiado No 2818.



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,
5 de agosto de 2013

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

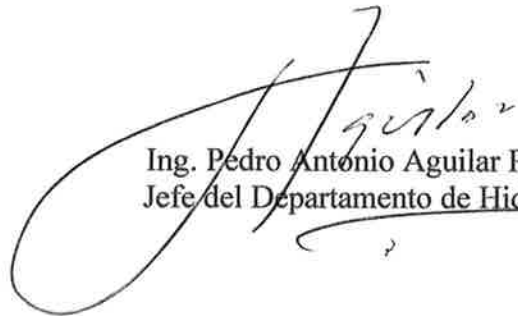
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE LA COLONIA BANVI, ZACAPA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Juan Carlos Duarte Díaz, quien contó con la asesoría del Ing. José Edmundo Rodríguez.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Jefe del Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. José Edmundo Rodríguez y del Jefe del Departamento de Hidráulica, Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco, al trabajo de graduación del estudiante Juan Carlos Duarte Díaz, titulado **CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE LA COLONIA BANVI, ZACAPA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

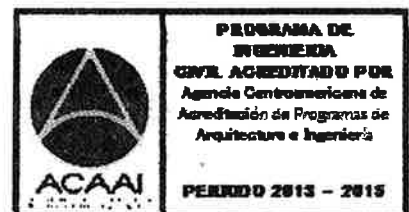

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, agosto de 2013.

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





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 RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE LA COLONIA BANVI, ZACAPA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA**, presentado por el estudiante universitario: **Juan Carlos Duarte Díaz**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, agosto de 2013

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Mis abuelos	Luis Alberto Díaz Gómez, Zoila Matta de Díaz, Víctor Duarte (q.e.p.d.), Sofía Beza Duarte (q.e.p.d.).
Mis padres	Hilder Abilio Duarte Beza y Fabiola Díaz Matta de Duarte
Mis hermanos	MSc. Ing. Felipe Andrés e Ing. José Miguel Duarte Díaz
Mis tíos y primos	Familia Duarte Beza y familia Díaz Matta
Mi asesor	Ing. José Edmundo Rodríguez
Mis tíos	Hugo Eli Duarte Beza, José Efraín Duarte Beza, Lic. Saúl Duarte Beza, Lic. Carlos Duarte Beza (q.e.p.d.).
El señor	Ing. Carlos Gálvez y familia

Mis amigos

Ing. Héctor Ovando, Ing. Misael Cámara, Ing. Giancarlo Schenone, Ing. Walter Arreaza, Daniel Reyes, Carlos Juárez, Lesly Orozco, Julio Sosa, Haroldo Oliveros, Olmo Parrilla, Hugo Salguero y los que no pude mencionar pero siempre los tendré presentes.

**La Universidad de
San Carlos de
Guatemala**

En especial a la Facultad de Ingeniería y Escuela de Ingeniería Civil.

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por siempre cuidar de mí, por darme sabiduría para poder alcanzar mis metas y proporcionarme capacidad para permitirme alcanzar este triunfo.
- Mis padres** Hilder Abilio Duarte Beza y Fabiola Díaz Matta de Duarte, por brindarme todo el apoyo y esfuerzo realizado para mi superación.
- Mis hermanos** MSc. Ing. Felipe Andrés e Ing. José Miguel por su apoyo y ejemplo a ser mejor cada día.
- Mis abuelos** Luis Alberto Díaz Gómez, Zoila Matta de Díaz, Victor Duarte (q.e.p.d.), Sofía Beza de Duarte (q.e.p.d.), por darme su cariño, consejos, apoyo y buenos recuerdos que nunca voy a olvidar.
- Mis tíos y primos** Familias Duarte Beza y Díaz Matta, por cada momento compartido durante este logro.
- Mi asesor** Ing. José Edmundo Rodríguez, por compartir sus conocimientos y experiencia para realizar este proyecto.
- Mis amigos** Por todos esos momentos compartidos, experiencias durante nuestras vidas y apoyo que me brindaron.

La empresa

FERRUN.

**La Universidad
de San Carlos de
Guatemala**

En especial a la Facultad de Ingeniería y Escuela de
Ingeniería Civil.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	
DOMICILIARES.....	1
1.1. Composición de los residuos.....	1
1.1.1. Materia orgánica	2
1.1.2. Materia inorgánica	2
1.2. Características de los residuos.....	3
1.2.1. Peso	3
1.2.2. Volumen	3
1.2.3. Densidad	4
1.3. Clasificación por estado.....	4
1.4. Clasificación por origen	5
1.4.1. Domiciliares	5
1.4.2. Comercial.....	5
1.4.3. Hospitalarios.....	5
1.4.4. Agrícolas.....	6
1.4.5. Industriales	6
1.4.6. Construcción o demolición.....	6
1.5. Clasificación por tipo de manejo.....	6

1.5.1.	Peligroso	7
1.5.2.	Inerte	7
1.5.3.	No peligroso	7
1.6.	Clasificación por origen	7
1.6.1.	Producción por habitante.....	8
1.7.	El ciclo de los residuos sólidos domiciliarios.....	9
2.	METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LA COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	11
2.1.	Recolección.....	12
2.1.1.	Sistemas de recolección de la colonia Banvi.....	13
2.2.	Procedimiento para la definición y obtención de la muestra de la colonia Banvi, Zacapa, departamento de Zacapa	16
2.3.	Cálculo del número de muestras o viviendas a evaluar	17
2.4.	Procedimiento para recolección de datos y muestreo.....	18
2.5.	Cálculo de la densidad	19
2.6.	Análisis de la composición física de los desechos	20
3.	INFORMACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA.....	25
3.1.	Ubicación geográfica.....	25
3.2.	Aspectos topográficos	26
3.3.	Clima	26
3.4.	Población	27
3.5.	Distribución y tipología de viviendas	27
3.6.	Aspectos económicos	27
3.7.	Servicios existentes.....	28

4.	INFORMACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA	29
4.1.	Resultados de la encuesta	29
4.2.	Características de los residuos sólidos domiciliarios de la colonia Banvi	30
4.3.	Cálculo de la generación de residuos sólidos de la colonia Banvi.....	32
5.	DISPOSICIÓN FINAL.....	35
5.1.	Análisis de la disposición final de los residuos sólidos domiciliarios de la colonia, Banvi.....	35
5.2.	Riesgo asociado al manejo de los residuos sólidos	35
5.3.	Propuesta del manejo adecuado de los residuos sólidos domiciliarios.....	36
5.3.1.	Minimización de la generación de residuos sólidos	37
5.3.2.	Acciones para la minimización.....	38
5.3.3.	Soluciones técnicas de minimización	39
5.3.4.	Reciclaje de los residuos sólidos orgánicos	40
5.3.5.	Reciclaje de los residuos sólidos inorgánicos.....	45
5.3.5.1.	Reciclaje de papel	45
5.3.5.2.	Reciclaje de plásticos	48
5.3.5.3.	Reciclaje de vidrio.....	51
5.3.5.4.	Reciclaje de aluminio.....	53
5.3.5.5.	Reciclaje de pilas y baterías	55
5.3.5.6.	Reciclaje de aceites usados	56
	CONCLUSIONES	59
	RECOMENDACIONES.....	61
	BIBLIOGRAFÍA.....	63

APÉNDICES.....65

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Volumen del cilindro	4
2.	Residuos sólidos domiciliarios generados por una familia I	9
3.	Residuos sólidos domiciliarios generados por una familia II	13
4.	Recolección pública municipal	14
5.	Recolección domiciliar por método de acera I	14
6.	Recolección domiciliar por método de acera II	15
7.	Recolección domiciliar por método de acera III	15
8.	Procedimientos estadísticos para los estudios de caracterización de residuos sólidos	20
9.	Proceso de cuarteo de los desechos sólidos	22
10.	Separación de desechos	23
11.	Pesaje de los desechos	23
12.	Composición de la caracterización de residuos sólidos	31
13.	Esquema de acciones para lograr la minimización de	36
14.	Sistema de compostaje por volteo mecánico	41
15.	Proceso de compostaje en pilas de volteo	42

TABLAS

I.	Clasificación de estratos socioeconómicos del municipio de Zacapa ..	19
II.	Composición de los residuos sólidos domiciliarios de la colonia Banvi, Zacapa	31
III.	Plásticos termostables	49

IV. Plásticos termoplásticos50

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
kg	Kilogramo
kg/hab/día	Kilogramo por habitante por día
kg/m³	Kilogramo por metro cúbico
%	Porcentaje
PPC	Producción por habitante o per cápita
Q	Quetzales
RSD	Residuos sólidos domiciliarios

GLOSARIO

Compost	Es el 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.
INE	Instituto Nacional de Estadística.
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.
Minimización	Es el conjunto de medidas destinadas a reducir la producción de residuos sólidos domiciliarios.
Producción per cápita	Es la generación de residuos sólidos expresada en kilogramos por habitantes por día.
Reciclaje	Es la reutilización de los residuos sólidos, sean tratados previamente o no.
Residuo sólido	Es el conjunto de materiales sólidos de origen orgánico e inorgánico que no tienen utilidad práctica o valor comercial para la persona o actividad que los genera.

RESUMEN

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

Teniendo en cuenta la problemática en materia de recolección, manejo y disposición final de residuos sólidos se enfrenta en el país, así como también la necesidad de contar con estudios actuales que permitan abordar esta problemática y el aumento considerable de los índices de contaminación del planeta; ha provocado que diferentes países del mundo comiencen a discutir y repensar la forma de crecer económicamente, manteniendo y mejorando los estándares ambientales, para poder así cambiar la relación producción-contaminación a una relación perfectamente sustentable, por lo cual se ha desarrollado el presente proyecto.

Este trabajo de graduación contempla un estudio de caracterización de residuos sólidos domiciliarios generados por los habitantes de la colonia Banvi, Zacapa, departamento de Zacapa, población que se sitúa dentro del estrato socioeconómico medio. Trabajo que servirá de herramienta esencial para la planificación del manejo y disposición final de dichos residuos sólidos promoviendo las mejores prácticas, adecuadas a los resultados obtenidos, enfocándose en la minimización, reutilización o reciclaje de los residuos sólidos domiciliarios.

OBJETIVOS

General

Caracterizar y clasificar los desechos sólidos producidos por la población de la colonia Banvi, Zacapa, departamento de Zacapa, para poder determinar una gestión que mejore el manejo de los mismos y darles una disposición final adecuada en un relleno sanitario.

Específicos

1. Determinar la cantidad, tanto en peso como en volumen de desechos sólidos que produce la población en estudio, para plantear soluciones adecuadas para el manejo, tratamiento y disposición de los mismos.
2. Definir el contenido orgánico e inorgánico de los residuos sólidos producidos por los habitantes de la colonia Banvi, en el departamento de Zacapa.
3. Proponer la adecuada disposición final de los residuos sólidos domiciliarios

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación corresponde al informe final de la caracterización de residuos sólidos domiciliarios, llevada a cabo en la colonia Banvi, Zacapa, departamento de Zacapa.

Contiene los conceptos que conforman la base teórica para determinar la clasificación y composición de los residuos sólidos, la metodología utilizada para obtener la información, las características de la población en donde tomó lugar el estudio, la tabulación de los resultados, el análisis de los mismos y propuesta de manejo y disposición de los residuos sólidos domiciliarios.

Este estudio surge de la necesidad de tener parámetros que indiquen las cantidades en que se generan los distintos residuos sólidos a nivel domiciliario, para darles el manejo adecuado, conocer las metodologías a utilizar para su disposición e incluso que el servicio de recolección de residuos sólidos pueda ser autosustentable. Los beneficios son para las comunidades donde apliquen estos conocimientos y para el medio ambiente.

En el capítulo 1 se presenta información de los residuos sólidos y de cómo éstos están compuestos de diversos materiales, se puede clasificar de varias formas, tanto por estado, origen como por características, se describe el proceso del ciclo de los residuos sólidos domiciliarios, todos los conceptos mencionados anteriormente son necesarios para poder desarrollar una caracterización.

En el capítulo 2 se indica el proceso para llevar a cabo el estudio de caracterización de desechos sólidos y las actividades que se efectuaron y se describen también los métodos de recolección de residuos sólidos. En el capítulo 3 se presenta información importante del departamento de Zacapa.

En el capítulo 4 se describe el proceso de los resultados del estudio de la caracterización y el porcentaje de la composición de los residuos sólidos de la colonia Banvi separando la materia orgánica de la inorgánica.

En el capítulo 5 se indican las ventajas de la minimización de residuos, las políticas de reciclaje, la importancia del reciclaje para beneficiar el manejo apropiado de estos. Al final se presentan las conclusiones y recomendaciones pertinentes.

1. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES

Material que no representa una utilidad o un valor económico para el dueño, el dueño se convierte por ende en generador de residuos. Desde el punto de vista legal o lo más complicado respecto a la gestión de los residuos, es que se trata de un tema que depende del punto de vista de dos, quien genera y quien fiscaliza. Los residuos están compuestos de diversos materiales y se puede clasificar de varias formas, tanto por estado, origen como por características.

1.1. Composición de los residuos

Usualmente los valores de descomposición de residuos sólidos municipales o domésticos se describen en términos de porcentaje en masa, también usualmente en base húmeda y elementos como materia orgánica, papeles y cartones, escombros, plásticos, textiles, metales, vidrios, huesos, etc.

La utilidad de conocer la composición de residuos sirve para una serie de fines, entre los que se pueden destacar estudios de factibilidad de reciclaje, factibilidad de tratamiento, investigación, identificación de residuos y estudio de políticas de gestión de manejo, entre otros.

Es necesario distinguir claramente en que etapa de la gestión de residuos corresponden los valores de composición. Los factores que depende la composición de los residuos son relativamente similares a los que definen el nivel de generación de los mismos.

La cantidad y calidad de los residuos sólidos puede variar en forma significativa a través del año.

En lugares donde la generación de residuos industriales representa un porcentaje importante del total, el patrón de generación queda determinado por el tipo de industrias presentes.

1.1.1. Materia orgánica

Son todos aquellos residuos que se descomponen gracias a la acción de minúsculos organismos llamados desintegradores, como las bacterias y las lombrices. En otras palabras son los residuos de comida y restos de jardín. Con los residuos orgánicos, al biodegradarse, se elabora composta, que es un abono natural de gran utilidad para mejorar los suelos. Aunque el papel y el cartón son materiales orgánicos, por el valor que tienen para ser convertidos nuevamente en papel o cartón, deben ser separados del resto de los residuos orgánicos y colocados entre los inorgánicos para ser comercializados.

1.1.2. Materia inorgánica

Los residuos inorgánicos son los elaborados con materiales que no se descomponen o tardan largo tiempo en descomponerse: plásticos, metales y vidrio. Por lo indicado anteriormente también entre ellos se incluyen el papel y el cartón. También forman parte del grupo de los inorgánicos los residuos de productos que combinan distintos materiales. El problema con muchos de ellos es que ante la dificultad de separar los materiales que los integran, no se pueden reciclar, por lo que su destino no puede ser otro más que el de convertirse en desechos o basura.

1.2. Características de los residuos

Básicamente trata de identificar en una base másica o volumétrica, los distintos componentes de los residuos. Usualmente los valores de composición de residuos sólidos municipales o domésticos se describen en términos de porcentaje en masa, también usualmente en base húmeda y contenidos *items* como materia orgánica, papeles y cartones, escombros, plásticos, textiles, metales, vidrios, huesos, entre otros.

1.2.1. Peso

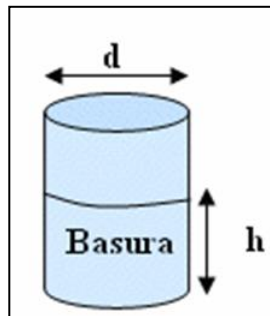
En física, es la medida de la fuerza que ejerce la gravedad sobre la masa de un cuerpo. Para efectos de este tipo de estudios, se puede determinar el peso de los contenedores de residuos sólidos con balanzas, básculas o dinamómetros. Los resultados deberán ser en kilogramos, para el sistema internacional de medidas, o en libras para el sistema inglés.

1.2.2. Volumen

El peso volumétrico de los residuos sólidos es de gran importancia, ya que con este dato se determina el número de unidades para el transporte en función de la capacidad de éstas, además sirve de base para proyectar las necesidades de espacio para el diseño de un relleno sanitario.

Los residuos deben ser colocados en un recipiente (de dimensiones y peso conocidos) y se mide la altura del cilindro, a donde llega la basura. Con estos datos se calcula el volumen de los residuos sólidos

Figura 1. **Volumen del cilindro**



Fuente: elaboración propia.

1.2.3. Densidad

Seguido de la toma de procesamiento de datos de peso y volumen, se procede al cálculo de la densidad de la basura dividiendo el peso de ésta entre el volumen del recipiente:

$$\text{Densidad} = \text{peso} / \text{volumen}$$

Para calcular una densidad compactada, el procedimiento que se lleva a cabo es el mismo, con la única diferencia que al momento de colocar los residuos en el recipiente éstos deben ser comprimidos, lo cual puede hacerse en forma manual o con la ayuda de un pisón.

1.3. Clasificación por estado

Un residuo es definido por estado según el estado físico en que se encuentre. Existen por lo tanto tres tipos de residuos desde este punto de vista: sólidos, líquidos y gaseosos, es importante notar que el alcance real de esta

clasificación puede fijarse en términos puramente descriptivos o, como es realizado en la práctica, según la forma de manejo asociado: por ejemplo un tambor con aceite usado y que es considerado residuo, es intrínsecamente un líquido, pero su manejo va a ser como un sólido pues es transportado en camiones y no por un sistema de conducción hidráulica.

1.4. Clasificación por origen

El origen de los residuos constituye un parámetro interesante para su clasificación, ya que muchas de sus características y propiedades están determinadas por el lugar y forma en la que se originan.

1.4.1. Domiciliares

Residuo que por su naturaleza, composición, cantidad y volumen es generado en actividades realizadas en viviendas o en cualquier establecimiento similar.

1.4.2. Comercial

Son residuos generados en establecimientos comerciales y mercantiles, tales como almacenes, depósitos, hoteles, restaurantes, cafeterías y plazas de mercado.

1.4.3. Hospitalarios

Son aquellos generados durante el diagnóstico, tratamiento, prestación de servicios médicos o inmunización de seres humanos o animales, en la

investigación relacionada con la producción de éstos o en los ensayos con productos biomédicos.

1.4.4. Agrícolas

Son aquellos generados por la crianza de animales y la producción, cosecha y segado de cultivos y árboles, que no se utilizan para fertilizar los suelos.

1.4.5. Industriales

Son residuos generados en actividades industriales, como resultado de los procesos de producción, mantenimiento de equipo e instalaciones y tratamiento y control de la contaminación

1.4.6. Construcción o demolición

Son aquellos que resultan de la construcción, remodelación, y reparación de edificios o de la demolición de pavimentos, casas, edificios comerciales y otras estructuras.

1.5. Clasificación por tipo de manejo

Se puede clasificar un residuo, por presentar algunas características asociadas al manejo que debe ser realizado, la gestión de los residuos industriales, es responsabilidad del productor, quien puede gestionarlos él mismo (si cuenta con los correspondientes permisos) o contratar a una empresa especializada.

1.5.1. Peligroso

Son residuos que por su naturaleza son relativamente peligrosos de manejar, disponer y pueden causar muerte, enfermedad; o que son peligrosos para la salud, ya que puede ser vehículo de infección a los seres humanos o el medio ambiente cuando son manejados en forma inapropiada, dependiendo de su concentración y tiempo de exposición ya que son tóxicos

1.5.2. Inerte

Residuo estable en el tiempo, el cual no producirá efectos ambientales apreciables al interactuar en el medio ambiente.

1.5.3. No peligroso

Se considera un residuo sólido no peligroso al que proviene de casas de habitación, sitios de servicio privado y público, demoliciones y construcciones, establecimientos comerciales y de servicios que no tengan efectos nocivos sobre la salud humana.

1.6. Clasificación por origen

El crecimiento económico y poblacional experimentado, ha traído como consecuencia un proceso creciente, que ha incidido en la modificación de los patrones de consumo, lo cual se refleja en un aumento en la cantidad y heterogeneidad de los residuos sólidos que se producen. La composición de los residuos sólidos domiciliarios depende de los niveles y patrones de consumo, así como de las prácticas de manejo y la minimización de residuos.

1.6.1. Producción por habitante

La producción de residuos sólidos domésticos es una variable que depende 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; siendo la unidad de expresión el kilogramo por habitante por día.

La PPC es un parámetro que evoluciona en la medida que los elementos que la definen varían. A grandes rasgos se puede decir que 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 períodos estacionales y las actividades predominantes también afectan la PPC. Para Guatemala, las características demográficas de cada población pueden investigarse a través del Instituto Nacional de Estadística.

Según el rasgo de urbanización, en Guatemala se puede denotar una clasificación urbano/rural, a nivel socioeconómico alto/medio/bajo y por períodos estacionales verano/invierno. Es posible efectuar una estimación teórica de la PPC en función de las estadísticas de recolección y utilizando la siguiente expresión:

$$\text{PPC} = \text{kg recolectados} / \text{No. de habitantes}$$

Finalmente se calcula la PPC promedio de todas las viviendas.

1.7. El ciclo de los residuos sólidos domiciliarios

Una gestión integral moderna y eficiente, implica el máximo desarrollo de instrumentos y mecanismos para evitar que la basura contamine el medio ambiente y dañe a la salud de la población y a la naturaleza. En este caso, el ciclo de la basura debe ser lo más amplio posible, procurando la recuperación de recursos que ordinariamente se pierden con los desechos enterrados en rellenos sanitarios o en otro tipo de instalaciones.

- **Generación:** consiste en el proceso de desechar aquellos materiales no deseados por parte de las familias.
- **Gestión:** es el conjunto de operaciones encaminadas a darles el destino final más eficiente a los residuos sólidos domiciliarios, considerando los aspectos ambientales, sanitarios y económicos. Comprende las etapas de:
 - **Recolección:** esta etapa consiste en retirar los residuos sólidos domiciliarios de cada punto de generación.

Figura 2. **Residuos sólidos domiciliarios generados por una familia I**



Fuente: ciudad de Zacapa.

- Transporte: es aquel que lleva el residuo, es decir, trasladar la basura recolectada, generalmente por camiones, hasta su lugar de destino ya sea una planta de tratamiento intermedio directamente al sitio de disposición final o bien, sólo hasta las llamadas estaciones de transferencia, donde los residuos son transportados a su lugar de destino a menor costo por tonelada. El transportista puede transformarse en generador si el vehículo que transporta derrama su carga, o si cruza los límites municipales, o si acumula lodos u otros residuos del material transportado.

- Tratamiento intermedio: son sistemas productivos que utilizan los residuos como materia prima y que en su proceso, generan a su vez desechos que requieren de un lugar de disposición final. El tratamiento incluyen la selección y aplicación de tecnologías apropiadas para el control y tratamiento de los residuos peligrosos o de sus constituyentes. Así, contribuyen a disminuir la cantidad de residuos que deben ser eliminados, prolongando la vida útil de los sitios de disposición final. Los tratamientos intermedios más conocidos son la incineración, el compostaje y el reciclaje.

- Disposición final: sitio donde se toman lugar las últimas acciones para el manejo de los residuos sólidos, ya sea generado por los tratamientos intermedios o la disposición directa de los residuos sólidos domiciliarios, como un relleno sanitario.

2. METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LA COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES

Para llevar a cabo el estudio de caracterización de desechos sólidos se efectuaron las siguientes actividades:

- Zonificación de la población a estudiar, delimitándola gráficamente.
- Determinar el número de muestras representativas o tamaño de la muestra dentro del estrato socioeconómico medio, tomando en total un 20 por ciento de la población.
- Elaboración de encuesta para obtener información respecto a la forma de disponer de los residuos sólidos domiciliarios (anexo 1).
- Selección de las viviendas con las que se trabajaría.
- Interrogar a los pobladores.
- Proporcionar a los vecinos material informativo y bolsas de dos tipos a cada vivienda para la separación de los residuos sólidos de cada domicilio, depositando los residuos orgánicos en bolsas negras y los residuos inorgánicos en bolsas transparentes, además se entregó un material explicativo para que toda la familia estuviera al tanto del proyecto (anexo 2).

- Cada día, 3 veces a la semana durante un mes, se tomó lectura del peso y volumen de los residuos sólidos, los cuales se anotaron en un formato. Para ello se utilizó un dinamómetro, con capacidad de 25 kilogramos y sensibilidad de 0,25 kilogramos. Para determinar la densidad suelta se tomaron bolsas de residuos sólidos de cada tipo al azar, luego se depositaron en un recipiente, el cual fue previamente pesado vacío, se tomaba la lectura del peso y se determinaba la altura ocupada por los residuos dentro del recipiente. Para el cálculo de la densidad compactada el procedimiento fue similar, con la única diferencia que los residuos sólidos fueron comprimidos manualmente.
- Una vez obtenida la información se procesaron los resultados.

2.1. Recolección

Los sistemas de recolección de residuos sólidos, método de acera (recolección manual casa por casa), de esquina (recolección manual por bloques), método intra domiciliario (recolección en ubicaciones establecidas), forman la parte medular dentro del proceso para el manejo integral de los residuos sólidos. Los distintos métodos de recolección dan amplias posibilidades en el buen manejo de los desechos de acuerdo a las características de las poblaciones a servir, tomando en cuenta los accesos, la distribución de las viviendas, la población a servir y la capacidad económica y del recurso humano de la municipalidad, puesto que el servicio es municipal.

2.1.1. Sistemas de recolección de la colonia Banvi

El servicio de aseo urbano o limpieza urbana, tiene como principales objetivos proteger la salud de la población y mantener un ambiente agradable y sano, por lo tanto; es necesario la debida recolección de los residuos.

- Recolección municipal en áreas públicas
 - Por método de acera
 - Por método de contenedores

- Recolección municipal tipo domiciliar
 - Por método de acera
 - Por método intra domiciliar

Figura 3. Residuos sólidos domiciliarios generados por una familia II



Fuente: ciudad de Zacapa.

Figura 4. Recolección pública municipal



Fuente: ciudad de Zacapa.

Figura 5. Recolección domiciliar por método de acera I



Fuente: ciudad de Zacapa.

Figura 6. **Recolección domiciliar por método de acera II**



Fuente: ciudad de Zacapa.

Figura 7. **Recolección domiciliar por método de acera III**



Fuente: ciudad de Zacapa.

2.2. Procedimiento para la definición y obtención de la muestra de la colonia Banvi, Zacapa, departamento de Zacapa

La población a caracterizar son todas aquellas viviendas, establecimientos comerciales y educativos del área bajo estudio, para poder generar con los datos la producción per cápita.

- División de la población en las siguientes cuatro zonas o estratos:
 - Zona comercial (estrato comercial)
 - Zona residencial (estrato 1): viviendas de ingreso alto
 - Zona residencial (estrato 2): viviendas de ingreso medio alto
 - Zona residencial (estrato 3): viviendas de ingreso medio bajo
 - Zona residencial (estrato 4): viviendas de ingreso bajo

- Ubicación de los estratos socioeconómicos en el plano de la urbanización.

- Utilización de la generación per cápita:

Se considera que la población está conformada por N viviendas, que tienen R_i habitantes y producen W_i (kg) de basura en un día. Se tiene que cada una produce:

$$X_i = W_i/R_i \text{ (kg/hab/día)}$$

2.3. Cálculo del número de muestras o viviendas a evaluar

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

- Determinación de las variables y la notación científica a utilizar.
- 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 ciudad, se debe asumir la desviación estándar en 200 gramos por habitante por día.
- El nivel de confianza más utilizado es 95 por ciento, $1-\alpha = 0,95$; esto es, un coeficiente de confianza $Z_{1-\alpha/2} = 1,96$.

La desviación estándar es $\sigma = 0,2$ kilogramo por habitante por día, que el promedio podría ser 0,665 kilogramo por habitante por día y que el tamaño de población es $N = 198$. Si se quiere trabajar con un nivel de confianza de 95 por ciento, entonces $Z_{1-\alpha/2} = 1,96$.

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

$$n = \frac{Z^2 1 - \alpha}{2} N \sigma^2 \quad N - 1 E^2 + Z^2 1 - \alpha \quad 2 \sigma^2$$

2.4. Procedimiento para recolección de datos y muestreo

Seleccionar de manera aleatoria las viviendas a muestrear con el croquis de algún levantamiento preliminar o con el listado de usuarios a quienes se les brinda el servicio de recolección, incluyendo también viviendas que no utilizan el servicio para que la muestra sea representativa.

- Seleccionar el sitio y el personal para llevar a cabo la caracterización.
- Notificar a los propietarios de las viviendas seleccionadas, para dar a conocer el trabajo a realizar, su importancia y el personal involucrado en el mismo.
- Para la toma de muestras:
 - Registrar el nombre del responsable de la caracterización, la dirección y el número de habitantes por vivienda seleccionada.
 - Entrega de 8 bolsas negras y 8 bolsas blancas, todas etiquetadas con número de casa, día y fecha de la toma de la muestra.

- En las bolsas blancas se depositarán específicamente los desechos del sanitario y en las bolsas negras de los demás desechos de la vivienda.
- Posteriormente se recogen las bolsas etiquetadas diariamente procurando que esto se efectúe siempre con el mismo horario.
- Se trasladan las bolsas con desechos al lugar en donde se hará la caracterización de dichos desechos.

Tabla I. **Clasificación de estratos socioeconómicos del municipio de Zacapa**

Estratos	Viviendas	Porcentaje
Total	3360	100%
Estrato 1 (Alto)	605	18%
Estrato 2 (Medio)	772	23%
Estrato 3 (Bajo)	1983	59%

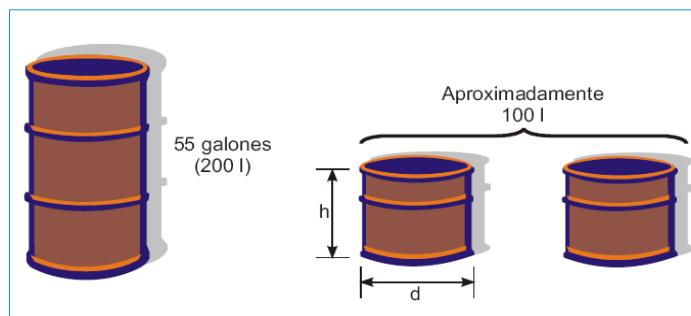
Fuente: elaboración propia.

2.5. Cálculo de la densidad

La cantidad, composición y densidad de la basura llevada al relleno, son bastante diferentes que las de la basura generada debido a la activa recuperación de materiales.

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

Figura 8. **Procedimientos estadísticos para los estudios de caracterización de residuos sólidos**



Fuente: elaboración propia.

2.6. Análisis de la composición física de los desechos

Cuando se trata de utilizar los datos de composición física así obtenidos, se necesita tener en cuenta la eficiencia de separación, es decir, el porcentaje del producto que se consigue separar mediante el proceso de reciclaje. Dichos porcentajes varían en función del proceso adoptado de separación.

- Colocar los desechos sobre una superficie plana sobre un plástico.

- Separar los desechos amontonados en cuatro partes (método del cuarteo) y se escogieron las dos partes opuestas para formar un nuevo montón más pequeño. Se vuelve a mezclar la muestra menor y se divide en cuatro partes nuevamente, luego se escogen dos opuestas y se forma otra muestra más pequeña. Esta operación se repite hasta obtener una muestra de 50 kg (110 lbs.) de basura aproximadamente.

- Separar los componentes del último montón y se hace la clasificación por:
 - Materia orgánica
 - Papel y cartón
 - Residuos del baño
 - Plásticos
 - Metales
 - Vidrio
 - Trapos
 - Madera
 - Cuero
 - Otros

- Pesar los recipientes (de peso conocido) con los desechos ya clasificados y por diferencia se determina el peso de cada uno de los componentes.

- Calcular el porcentaje de cada componente teniendo en cuenta los datos del peso total de los residuos recolectados en un día (W_t) y el peso de cada componente (P_i).
- Determinar el peso de cada uno de los componentes de los desechos teniendo el dato del peso total y el peso de cada componente:

$$\% = (P_i) * 100 / W_t$$

P_i : peso de cada componente en los residuos.

W_t : peso total de los residuos recolectados en el día.

Figura 9. **Proceso de cuarteo de los desechos sólidos**



Fuente: ciudad de Zacapa.

Figura 10. **Separación de desechos**



Fuente: ciudad de Zacapa.

Figura 11. **Pesaje de los desechos**



Fuente: ciudad de Zacapa.

3. INFORMACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA

El departamento de Zacapa se sitúa al noreste de Guatemala en la zona llamada oriental, limitada al norte con los departamentos de Alta Verapaz e Izabal, al este con Izabal, y la república de Honduras, al sur con los departamentos de Chiquimula y Jalapa, y al oeste con el departamento de El Progreso. Se ubica a una distancia de 146 kilómetros de la ciudad capital y entre las principales vías de comunicación están la carretera CA-9 y CA-10 y la ruta nacional 20.

Tiene una extensión de 2 777 kilómetros cuadrados, equivalente al 2,55 por ciento del territorio nacional y al 17,23 por ciento del territorio de la región III, de la que forma parte. La extensión territorial del municipio de Zacapa es de 517 kilómetros cuadrados.

3.1. Ubicación geográfica

Se encuentra a 185 metros sobre el nivel del mar, con una latitud de 14°58'45" y longitud de 89°31'20". El departamento de Zacapa, se encuentra situado en la región nor oriente de la república de Guatemala, limita al norte con los departamentos de Alta Verapaz e Izabal; al sur con los departamentos de Chiquimula y Jalapa; al Este con el departamento de Izabal y la República de Honduras; y al oeste con el departamento de El Progreso.

3.2. Aspectos topográficos

Está dentro de las divisiones fisiográficas de la altiplanicie central, se caracteriza por sus pendientes inclinadas, la parte norte es atravesada de oeste a este por la sierra de las minas, en la parte central, sobre el valle, lo recorre el río Motagua en la misma dirección. La mitad occidental de su cima se ubica sobre los 2 100 metros sobre el nivel del mar; la mitad oriental baja desde 2 100 hasta 600 metros sobre el nivel del mar en el extremo. Hacia el sur, existen pequeñas cadenas de montes y cerros aislados.

3.3. Clima

El clima predominante en la región es cálido, sus temperaturas son, media anual de 27 grados Celsius, la máxima de 35,9 grados Celsius y la mínima de 21,3° grados Celsius, durante los meses de marzo y abril se incrementan las temperaturas y se consideran los más cálidos. Lo cual obedece a la posición geográfica y por estar situado entre la vertiente del Atlántico, el municipio cuenta con variabilidad en sus condiciones climáticas.

La humedad relativa es aproximadamente de 74 por ciento. Los registros de lluvias en el valle es de 470 milímetros al año, en 39 días de precipitación; las cordilleras altas crean condiciones de sombra de lluvia, ocasionando que en el valle medio del río Motagua se reporte una precipitación anual por abajo de los 500 milímetros, siendo entonces el valle más árido y seco de Centro América.

3.4. Población

Según las estadísticas del Instituto Nacional de Estadística (INE 2011), el departamento de Zacapa cuenta con 221 646 habitantes de los cuales 106 029 (47,83 por ciento) son hombres y 115 617 (52,17 por ciento) son mujeres.

La tasa de crecimiento de Zacapa es de 1,87 por ciento anual y la regional es de 2,25 por ciento y la del país de 3,2 por ciento.

3.5. Distribución y tipología de viviendas

Los materiales que utilizan para construir las viviendas son diferentes, dentro de los que se encuentran: block 47 por ciento para el área urbana y un 53 por ciento para el área rural, madera 22 por ciento en el área urbana y 78 por ciento en la rural, de ladrillo con el 78 por ciento para el área urbana y el 37 por ciento en el área rural, las casas de caña o bajareque en el área urbana con el 73 por ciento y del 27 por ciento en el área rural, por último las casas de adobe con un 73 por ciento de lo urbano y un 27 por ciento en lo rural. En lo que respecta a techos, el de cemento con el 37 por ciento para el área urbana y el 63 por ciento en el área rural, de lamina el 51 por ciento en área urbana y 49 por ciento rural, de teja el 80 por ciento en lo urbano y 20 por ciento en lo rural, de palma un 25 por ciento en área urbana y 75 por ciento en área rural.

3.6. Aspectos económicos

La actividad económica del departamento de Zacapa, medida por el producto interno bruto PIB de cada año, tiene un aporte a la economía nacional de aproximadamente 0,8 por ciento, es generado en orden de importancia, por servicios, comercio, industria y agricultura.

3.7. Servicios existentes

Comprende lo siguiente: turismo, transporte, hotelería, electricidad, gas, agua, telecomunicaciones, sistema bancario y otros servicios. Este sector ha registrado cambios considerables en el municipio en particular en las áreas de telecomunicaciones y de servicios financieros, que han permitido avances significativos en el proceso de modernización de sectores fundamentales para el desarrollo; asimismo se han llevado a cabo reformas importantes en el sector eléctrico que propician una mayor participación del sector privado y una mayor competencia en las actividades de generación, distribución y comercialización de energía eléctrica.

En el área de educación cuenta con: escuela de educación preprimaria, escuela de educación primaria, centros educativos privados, instituto básico medio y superior. En el área de economía y comercio cuenta con: sistema bancario, industrias, mercado, centros comerciales, gasolineras, panaderías, aserraderos, distribución de materiales para construcción, entre otros. En el área de salud: centro de salud, farmacias, laboratorio y clínicas médicas. Otros servicios: servicio de telefonía móvil, bomberos voluntarios, talleres, entre otros.

El análisis de los servicios básicos y su infraestructura son importantes para evaluar el nivel de desarrollo de la población y el crecimiento dentro de la comunidad, así como el avance estructural durante los últimos años, entre estos está la energía eléctrica, agua entubada, educación, salud, drenajes, letrinas, servicios de extracción de basura, seguridad y otros.

4. INFORMACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA

4.1. Resultados de la encuesta

El día viernes 4 de noviembre del 2011 se realizó la encuesta para el estudio de caracterización de residuos sólidos domiciliarios a los vecinos de la colonia Banvi. Los resultados obtenidos se presentan a continuación.

Se encuestaron 40 viviendas, equivalente a 148 personas, de ellas el 90 por ciento aceptó separar la basura en su hogar para facilitar el proceso de reciclaje. Este 90 por ciento de hogares pasa a ser el 100 por ciento de las casas en estudio para la Caracterización de residuos sólidos domiciliarios de la colonia Banvi, Zacapa.

El 100 por ciento de los encuestados cuentan con un servicio de recolección de residuos sólidos, el cual es privado en todos los casos, por el servicio pagan un monto de Q. 40,00 mensuales. Este servicio cubre la recolección de residuos sólidos 3 veces por semana, los días lunes, jueves y sábado entre 7:00 a 8:00 horas.

El 93 por ciento de los encuestados concuerda con el sistema de recolección de residuos sólidos de la colonia es bueno en calidad, mientras que el resto opina que es regular. A pesar de ello, el 100 por ciento coincide con que el servicio nunca ha faltado a su labor.

Solamente el 4 por ciento de la población tiene dificultades con el servicio de recolección debido al horario en que se presta el servicio, sugiriendo así que el horario para la recolección se realice alrededor de las 9:00 horas.

En cuanto al tema de reciclaje, el 100 por ciento de los encuestados está consciente de que parte de su basura puede reciclarse, argumentando que desechan latas y botellas que pueden ser utilizadas nuevamente, también comentan que lo que algunos consideran basura del jardín, ellos la utilizan como abono. También el 100 por ciento de la población está consciente que el mal manejo de la basura puede causar un impacto negativo en su salud.

El 74 por ciento de los encuestados admiten desconocer el destino final de sus desechos sólidos, el resto, el 26 por ciento asegura saber el destino de los mismos. De quienes aseguran conocer el destino final de sus residuos, solamente el 29 por ciento acertó en la respuesta, el 71 por ciento se equivocó.

4.2. Características de los residuos sólidos domiciliarios de la colonia Banvi

Se determinó la composición de los residuos sólidos de la colonia Banvi, separándola materia orgánica de la inorgánica. Para ello se tomó el peso en kilogramos de cada contenedor, a partir de estos datos se calcularon los porcentajes en que éstos se generan.

- Clasificación por estado: residuos sólidos
- Clasificación por origen: domiciliarios.
- Clasificación por tipo de manejo.

Tabla II. **Composición de los residuos sólidos domiciliarios de la colonia Banvi, Zacapa**

Residuos Sólidos (kg)

	ORGÁNICOS	INORGÁNICOS
1era Semana	72,00	15,50
1era Semana	106,00	54,25
1era Semana	86,25	29,00
2da Semana	93,00	40,00
2da Semana	85,50	32,25
2da Semana	119,25	58,75
3ra Semana	122,75	45,75
3ra Semana	119,75	59,00
3ra Semana	112,00	58,00
4ta Semana	107,30	50,00
4ta Semana	98,50	51,00
4ta Semana	125,00	54,25

Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Composición de la caracterización de residuos sólidos**



Fuente: elaboración propia.

- Volumen: para calcular el volumen de los residuos orgánicos e inorgánicos se utilizó un recipiente cilíndrico de 22 centímetros cúbicos aproximadamente, con un peso de 1 kilogramo.
- Densidad: utilizando la siguiente fórmula se determinó la densidad promedio de los residuos sólidos domiciliarios de la colonia Banvi:

$$\text{Densidad} = \text{peso} / \text{volumen}$$

- Densidad suelta: datos kg por metro cúbico.

Orgánico	Inorgánico
235.34	71.17

- Densidad compactada: datos en kilogramo por metro cúbico.

Orgánico	Inorgánico
262.59	81.15

4.3. Cálculo de la generación de residuos sólidos de la colonia Banvi

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, siendo la unidad de expresión de kilogramo por habitante por día.

- Producción por habitante: se estimó a partir de la cantidad de pobladores en estudio, recordando que el 100 por ciento de la muestra pertenece a un nivel socioeconómico medio.

- $PPC = \text{kilogramos recolectados} / \text{No. de habitantes}$

Finalmente se calculo la producción per cápita promedio de todas las viviendas obteniendo un resultado de 0,30 kilogramos por habitante por día. Compuesta por 0,21 kilogramos por habitante por día de materia orgánica y 0,09 kilogramo por habitante por día de materia orgánica.

- Producción según nivel económico: el campo de aplicación de este trabajo de investigación abarca a las poblaciones con características económicas similares a las del grupo estudiado, situando a los habitantes de la colonia Banvi en un nivel socioeconómico medio, dentro del municipio de Zacapa. Tomando en cuenta otras características de la colonia Banvi, como la tipología de la vivienda y la forma de eliminación de los residuos sólidos domiciliarios (servicio de recolección de basura privado).

5. DISPOSICIÓN FINAL

5.1. Análisis de la disposición final de los residuos sólidos domiciliarios de la colonia, Banvi

El análisis se elaboró con base en el conjunto de procedimientos y políticas que conforman el sistema de manejo de los residuos sólidos. La meta es realizar una gestión que sea ambiental y económicamente adecuada.

5.2. Riesgo asociado al manejo de los residuos sólidos

Cuando la ejecución de los residuos es inadecuada en cualquier etapa del manejo da lugar a la aparición y permanencia de vectores sanitarios que podrían provocar una epidemia. Además de las enfermedades existe la contaminación atmosférica, debida al ruido y al olor que puede producir el manejo inapropiado de los residuos sólidos.

En la etapa de disposición final se debe tener en cuenta que de no ser adecuado el lugar dispuesto se pueden contaminar los cursos superficiales y subterráneos de agua, el suelo puede ser alterado en su estructura debido a la acción de los líquidos percolados, dejándolos inutilizados por largos períodos de tiempo. Los paisajes se ven afectados de forma negativa, sumado al riesgo de los accidentes que se pueden producir, tales como explosiones o derrumbes. Desde otra perspectiva, existen numerosos estudios que confirman el deterioro anímico y mental de las personas directamente afectadas.

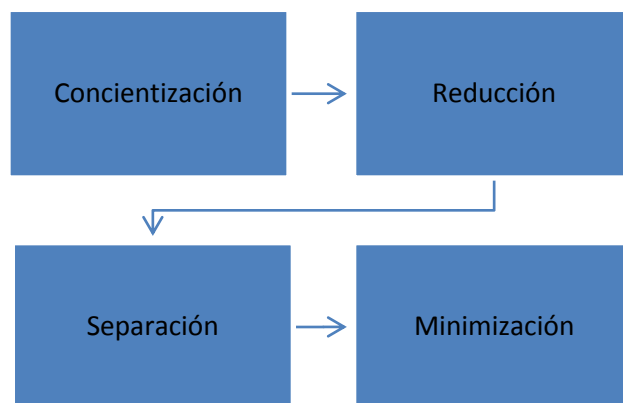
5.3. Propuesta del manejo adecuado de los residuos sólidos domiciliarios

Al igual que la colonia Banvi, existen otras poblaciones dentro de Zacapa con características similares, las que podrían formar parte de un programa que se base en un principio: la minimización de la generación de los residuos sólidos.

La minimización de residuos, las políticas de reciclaje y el manejo apropiado de residuos traen como uno de sus beneficios principales la conservación y en algunos casos la recuperación de los recursos naturales.

Otros de los beneficios de disponer los residuos en forma apropiada, por ejemplo un relleno sanitario, es la opción de recuperar áreas de escaso valor y convertirlas en parques y áreas de esparcimiento, acompañado de una posibilidad real de obtención de beneficios energéticos (biogás).

Figura 13. **Esquema de acciones para lograr la minimización de residuos**



Fuente: elaboración propia.

5.3.1. Minimización de la generación de residuos sólidos

Partiendo de la premisa que el mejor residuo es el que no se produce, se reducirá su generación a través de un menor consumo de los recursos, un mejor aprovechamiento y una mayor durabilidad de los mismos, buscando el acercarse a lo que se llama una producción limpia.

Para solucionar un problema hay que tratar la causa, en este caso es cualquier persona cuya acción cause la transformación de un material en un residuo. Explicando el esquema anterior, dentro del embudo se encuentran tres acciones para llegar a la minimización de la generación de residuos sólidos.

- **Concientización:** consiste en demostrar las razones por las cuales es importante el proceso de minimización a los habitantes de los hogares de Zacapa, a través de campañas de educación sanitaria.
- **Reducción:** toma lugar en el hogar, con el conocimiento obtenido, los pobladores tomarán decisiones más conscientes al momento de comprar un producto, por ejemplo, tomarán en cuenta el material del cual está elaborado el empaque, eligiendo el producto que produzca menos residuos, que sea retornable, reciclable, o bien, demandar productos con el mayor porcentaje de materiales reciclados en ellos. Sin demanda, el proceso de reciclaje se detiene.
- **Separación:** desde un punto de vista de eficiencia del rendimiento de estos sistemas de reducción de los sólidos, la clasificación debe darse desde el lugar de origen, en este caso cada vivienda, por lo cual debe llevarse a cabo una separación sencilla como puede ser entre materia orgánica e inorgánica.

Después de desarrollados los tres puntos mencionados anteriormente, toman lugar las actividades de recolección, transporte, tratamiento intermedio y disposición final. En otras palabras, después de la planificación se abre paso a la ejecución.

El programa de minimización se ha estructurado en dos partes:

- Acciones para la minimización: son una serie de medidas a realizar con el fin de favorecer la minimización, a través de la planificación, desde el momento que se generan los residuos sólidos domiciliarios.
- Soluciones técnicas de minimización: son las medidas que se pueden tomar a través de la reutilización o reciclaje.

5.3.2. Acciones para la minimización

La prevención y la minimización de la generación de residuos sólidos, constituyen la primera prioridad en todo sistema de gestión de residuos. El modo de lograr objetivos de la minimización en la municipalidad de Zacapa, será mediante las actuaciones encaminadas a:

- Acceso a la información y concientización medioambiental a la población.
- Difusión de estudios y programas de minimización.
- Ejecución de un sistema de recolección y transporte acorde a los estudios realizados.

- Disposición de un área, dentro del municipio para los procesos de tratamiento intermedio y disposición final de los residuos sólidos.
- Creación del centro de minimización y caracterización de residuos, encargado de que los procesos descritos anteriormente se lleven a cabo sin anomalías.

5.3.3. Soluciones técnicas de minimización

Implican prácticas que no requieren mayor inversión y son de inmediata aplicación. Las bolsas son un vehículo muy eficaz para un mejor aprovechamiento de los recursos, éstas se pueden distribuir a la población para la separación adecuada de los residuos. Éstos pueden servir como materia prima secundaria para empresas u otros procesos, quienes los pueden aprovechar directamente o a través de ciertas transformaciones industriales. El objeto de las bolsas es facilitar el reciclado y reutilización de los materiales, en un futuro pueden ser substituidas con concentrados plásticos.

Con su uso se lograría coordinar e informar de los tipos y cantidades de residuos sólidos que se producen, de manera que se tenga acceso a materias primas que antes no se conocían o no se utilizaban, constituyendo un instrumento esencial para el diseño de una política eficaz en la recuperación de los residuos de todas clases.

Los residuos ya clasificados deben ser recolectados y transportados a un área donde pueden ser tratados, en el caso de la materia orgánica a través del compostaje, o almacenados para luego ser enviados a la planta de tratamiento más adecuada. En caso de los materiales que aún no pueden ser tratados, se debe disponer de un área adecuada para un relleno sanitario.

5.3.4. Reciclaje de los residuos sólidos orgánicos

El reciclaje de materia orgánica permite convertir los desperdicios vegetales en material orgánico, del cual sale un producto llamado compost, que además de servir para la recuperación y el mejoramiento de los suelos, reduce la cantidad de residuos que deben depositarse a diario en los rellenos sanitarios.

El compostaje consiste en la descomposición controlada de materiales orgánicos como frutas, verduras, podas, pasto, hojas, etc, por medio de un proceso biológico, donde interactúan microorganismos, oxígeno y factores ambientales tales como humedad y temperatura.

El compost, de color café oscuro, tiene la apariencia de la tierra que abunda en los suelos de los bosques. Con él se evita comprar tierra que es sacada de los bosques y que por ende provoca un grave daño al ambiente al producir la erosión de los suelos.

- Métodos de compostaje
 - Compostaje pasivo o en pilas estáticas: este sistema es el más antiguo y el más simple de todos, consiste en apilar diversos residuos orgánicos, los cuales son descompuestos en forma lenta, sin realizar manejos para controlar humedad, aireación y temperatura, entre otros. La aireación ocurre de manera natural, a través del aire que fluye en forma pasiva de la pila.

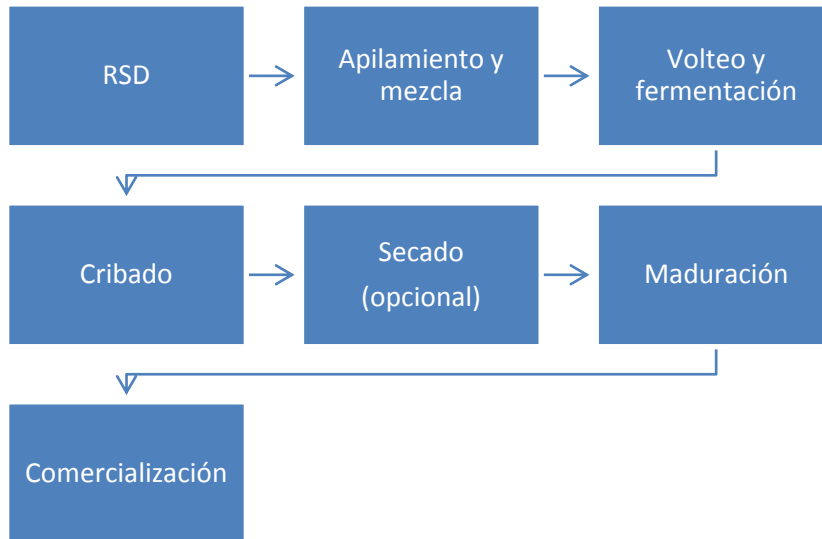
- Compostaje en pilas de volteo o en hileras: este método consiste en disponer el material en pilas alargadas ya sea al aire libre o en depósitos, el tamaño de las pilas fluctúa entre 2 y 5 metros de ancho, por 1 o 3 metros de alto y largo variable, su forma puede ser triangular o trapezoidal. Las pilas deben ser volteadas en forma periódica, ya sea manual o mecánicamente.

Figura 14. **Sistema de compostaje por volteo mecánico**



Fuente: <http://cache.metaspacesportal.com/24638.jpg>. Consulta: febrero 2013.

Figura 15. **Proceso de compostaje en pilas de volteo**



Fuente: elaboración propia.

- Compostaje en pilas estáticas con aireación: en este método los materiales se disponen en pilas, al igual que en el sistema anterior, pero la aireación puede ser realizada de forma pasiva o forzada, por lo que se elimina la necesidad del volteo durante el proceso de compostaje.
- Compostaje en biodigestores: en este método el proceso de compostaje se lleva a cabo en un contenedor cerrado, en el cual se desarrolla un proceso aeróbico acelerado para generar compost.

- Manejos para la producción de compost de calidad

La manera en el cual es manejado el proceso de compostaje, resultará en un compost de calidad en el menor tiempo posible, reducir al mínimo los olores, la contaminación generada por los residuos y sus lixiviados y otros problemas relacionados con el proceso. Además un buen manejo ayuda a mejorar el uso de los materiales, equipos, terreno y mano de obra.

El control y monitoreo de la temperatura en las pilas de compost es uno de los parámetros más importantes, es importante que las pilas alcancen temperaturas sobre 55 grados Celsius para asegurar la destrucción de semillas de malezas, patógenos y parásitos.

El contenido de humedad de una pila es importante porque los microorganismos responsables del compostaje necesitan agua para sobrevivir y crecer. El contenido de humedad adecuado para el proceso es de 50 a 60 por ciento. Un método efectivo de comprobar la humedad consiste en pesar en húmedo y seco una muestra de la pila, comparando los pesos al final.

Durante todo el proceso de compostaje se recomienda voltear las pilas con el objeto de homogenizar los materiales y temperatura dentro de la pila, asegurar una adecuada cantidad de oxígeno y humedad.

Es importante controlar el contenido de humedad de la pila en cada volteo a fin de agregar agua en caso de ser necesario, con el objeto de distribuirla uniformemente.

Luego de la fase activa del compostaje se requiere de un período de tiempo mayor a un mes para que el proceso termine y el compost desarrolle las características deseadas para sus aplicaciones posteriores. Durante esta etapa de maduración no se requiere de volteos si las pilas tienen un tamaño suficientemente pequeño para permitir un adecuado intercambio gaseoso.

Algunos problemas que pueden surgir en la abonera podría ser que el volumen no se reduce, lo cual significa que falta aire y la solución es revolver el material. Cuando la temperatura no aumenta puede ser por falta de agua, exceso de agua o poco estiércol, en cada caso se debe verificar lo que hace falta y agregarlo, en caso del exceso de agua la solución es revolver el compost. Y si el problema es el desprendimiento de olor a amoníaco se debe al exceso de materia verde, para lo cual hay que agregar paja.

- Los beneficios del compostaje sobre el suelo:
 - Da consistencia a los terrenos ligeros y suelta a los demasiados compactos.
 - Facilita el abonado químico y hace que los minerales se disuelvan mejor.
 - Aumenta el contenido de materia orgánica del suelo.
 - Aumenta la resistencia de las plantas a las enfermedades

5.3.5. Reciclaje de los residuos sólidos inorgánicos

Todos los residuos inorgánicos se pueden reciclar cuando se manejan limpios y secos (libres de materia orgánica), se pueden reutilizar o reciclar, dependiendo del material de que se trate siempre y cuando no estén sucios.

5.3.5.1. Reciclaje de papel

Aunque el papel (periódicos, revistas, libros, etc.) y el cartón (envases y embalajes de los productos manufacturados) son productos orgánicos, cuando se trata de la separación de los residuos sólidos domiciliarios, éstos se clasifican como inorgánicos debido a su potencial para ser reciclados.

En la fabricación del papel intervienen tres elementos: la pasta de celulosa (obtenida normalmente de la celulosa de la madera de los árboles), agua y energía. El proceso de fabricación comienza con el descortezado de la madera y su transformación en pasta, triturándolas para obtener la pasta de papel.

El proceso de obtención de la pasta de papel puede ser mecánico (desfibración mecánica de la madera), químico (desfibrado en un digestor, donde la madera es cocida con productos químicos) o mixto. Una vez obtenida la pasta de papel, se blanquea. El blanqueo trae consigo graves impactos ambientales si es empleado el cloro gas o el dióxido de cloro, debido a los problemas que ocasionan los posteriores vertidos de estos tóxicos. Un blanqueo menos agresivo se realiza mediante oxígeno, agua oxigenada u ozono.

El papel reciclable no se debe mezclar con papel sucio, pañuelos desechables, papel de aluminio, papel de fax, papel engomado, plastificado, encerado.

Los procesos que se utilizan para obtener papel reciclado son los siguientes:

- Clasificación, preparación y embalaje.
- Operación de pulpado: su objetivo es separar las fibras que contiene el papel usado, sin romperlas.
- Eliminación de objetos: la pasta de papel se filtra por tamices de distintos tamaños para separar plásticos, alambres, tierra, etc.
- Destintado: se elimina la tinta mediante jabón y proyectando aire a presión. El aire y el jabón forman pompas que suben a la superficie, donde unos potentes aspiradores recogen la mezcla de tintas que tenía el papel usado.
- Lavados y espesados sucesivos: consiste en ir reduciendo la cantidad de agua que tiene la pasta de papel.
- Secado: el papel es secado por completo
- Ventajas del reciclado de papel:
 - Evitar el lavado de árboles.

- Evitar la necesidad de plantar monocultivos de coníferas y eucaliptos.
 - Ahorro en un 85 por ciento el consumo de agua y un 65 por ciento el de energía.
 - Reducción de los efluentes contaminantes en un 35 por ciento.
 - Disminución su utilización en incineradoras y se reduce el espacio de los vertederos.
 - Minimización de las exportaciones de madera.
 - Reducción de la inversión de las industrias del sector.
 - Ahorro en el gasto de recursos energéticos y de agua.
 - Es una materia prima de bajo costo.
- En los programas de minimización es importante mencionar
 - Una tonelada papel reciclado (periódicos, folios) evita la tala de 10 a 12 árboles.
 - Papel ecológico es aquel que en su producción se han tomado medidas para reducir la contaminación del agua y de la atmósfera y/o se utiliza serrín y restos de madera para producir la pasta de papel
 - El papel tarda en descomponerse entre 2 y 4 semanas, en condiciones adecuadas de humedad y calor.
 - Utilizar el papel por las dos caras.
 - Comprar cuadernos, productos reciclados si se quiere que el reciclaje prospere (aumente sus porcentajes).
 - Usar pañuelos de tela.
 - El valor del papel desechado está alrededor de los Q. 10 a Q. 25 por quintal.

5.3.5.2. Reciclaje de plásticos

La vida de un plástico no es infinita. Por mucho que se alargue la existencia, mediante el reciclado su destino final es la incineración o el relleno sanitario. En algunos casos, únicamente el reciclado químico permite una larga duración.

- Reciclado mecánico: solamente los termoplásticos recuperados se pueden reciclar mecánicamente, convenientemente prensado y embalado, llega a la planta de reciclado donde comienza la etapa del regenerado del material: triturado, lavado, purificación, extrusión y granceado (aditivos convenientes).
- Reciclado químico: los envases se descomponen por procesos químicos en componentes sencillos que pueden ser utilizados como materias primas para obtener otros productos: aceite, grasas, monómeros, etc. El reciclado químico puede efectuarse por medio de diversas técnicas: pirolisis, hidrogenación, gasificación y tratamiento con disolventes.

La gran diversidad de materiales plásticos ha llevado a crear una variada tipología para identificarlos. En este caso, las flechas del anillo señal de que puede reciclarse de alguna forma son más estrechas, y contienen un número y unas letras que señalan el tipo del material.

Los plásticos se clasifican según sea su comportamiento con la variación de la temperatura y los disolventes. Así se clasifican en termoestables y termoplásticos.

- Termoestables: son los plásticos que no reblandecen ni fluyen por mucho que aumente la temperatura, por tanto sufren modificaciones irreversibles por el calor y no pueden fundirse de nuevo. Son duros y frágiles.

Tabla III. **Plásticos termostables**

Termoestables	Aplicaciones
Poliuretano (PU)	Recubrimientos, materiales para el automóvil (parachoques, embragues), espumas para colchones
Resinas de fenol-formaldehído (PF)	Adhesivos, láminas para revestimientos. Piezas de automóviles, componentes eléctricos
Caucho nitrilo-butadieno (NBR)	
Caucho estireno-butadieno (SBR)	

Fuente: elaboración propia.

- Termoplásticos: son plásticos que cuando son sometidos a calor se reblandecen y fluyen, por tanto son moldeables por el calor cuantas veces se quiera sin que sufran alteración química irreversible. Al enfriarse vuelve a ser sólido. Tienen estructuras lineales o poco ramificadas. Son flexibles y resistentes. Son más fáciles de reciclar.

Tabla IV. **Plásticos termoplásticos**

Termoplásticos	Simbología	Aplicaciones	Usos después del reciclado
Polietileno tereftalato PET	 PET	Botellas, envasado de productos alimenticios, refuerzos neumáticos de coches.	Textiles para bolsas, lonas y velas náuticas, cuerdas, hilos.
Polietileno alta Densidad PEAD	 HDPE	Botellas para productos alimenticios, detergentes, contenedores, juguetes, bolsas, embalajes y film, láminas y tuberías.	Bolsas industriales, botellas, contenedores, tubos
Policloruro de vinilo PVC	 PVC	Marcos de ventanas, tuberías rígidas, revestimientos para suelos, botellas, cables aislantes, tarjetas de crédito, productos de uso sanitario.	Muebles de jardín, tuberías, vallas, contenedores
Polietileno de baja densidad PEBD	 LDPE	Film adhesivo, bolsas, revestimientos de cubos, recubrimiento contenedores flexibles, tuberías para riego,	Bolsas para residuos, e industriales, tubos, contenedores, film uso agrícola, vallado
Polipropileno PP	 PP	Envases para productos alimenticios, cajas, tapones, piezas de automóviles, alfombras y componentes eléctricos.	Cajas múltiples para transporte de envases, sillas, textiles
Poliestireno PS	 PS	Botellas, vasos de yogures, recubrimientos	Aislamiento térmico, cubos de basura, accesorios oficina
Otros		Materiales a prueba de balas, DVD, lentes de sol, MP3 y PC, ciertos envases de alimentos, etc.	Muy difíciles de reciclar.

Fuente: elaboración propia.

En resumen, los envases de plásticos se pueden reciclar para la fabricación de bolsas de plástico, mobiliario urbano, señalización, o bien para la obtención de nuevos envases de uso no alimentario.

- Ventajas del reciclado del plástico
 - Ahorro de materias primas y energía.
 - Reduce la cantidad de residuos al tratar por otro sistema.
 - Disminuye el impacto ambiental o alteración del paisaje que suponen los plásticos desperdigados por el suelo.

- En los programas de minimización
 - La materia prima del plástico es el petróleo, un recurso renovable.
 - Destino principal de los envases de plástico suele ser el vertedero.
 - Con plástico reciclado se puede hacer mobiliario de jardín, bancos, vallas, señales de tráfico, bolsas, cuerdas.
 - Evitar el uso de bolsas de plástico siempre que sea posible.
 - Reutilizar las bolsas.
 - Mirar la etiqueta para saber el tipo de plástico.
 - Evitar el consumo de botellas de bebidas que sean de plástico, especialmente de PVC.

5.3.5.3. Reciclaje de vidrio

El vidrio se obtiene mezclando su materia prima: arena de cuarzo, carbonato sódico (sosa) y piedra calcaréa, fundiéndolo todo a elevadas temperaturas.

El reciclaje consiste en fundir vidrio para hacer vidrio nuevo, el único proceso antes de su fundición es el lavado del material. Su fusión se consigue a temperaturas más reducidas que las de fusión de minerales, por tanto, se ahorra energía.

Existen envases de vidrio retornable, que después de un proceso adecuado de lavado, pueden ser utilizados nuevamente con el mismo fin. Una botella de vidrio puede ser reutilizada entre 40 y 60 veces, con un gasto energético del 5 por ciento respecto del reciclaje.

- Ventajas del reciclaje del vidrio:
 - Causa poco impacto ambiental
 - Conserva bien los alimentos
 - Químicamente inerte
 - Incombustible
 - Se puede moldear y grabar
 - Es transparente, se puede ver su contenido
 - Es 100 por ciento reciclable y mantiene todas sus calidades
 - La fusión de los materiales se consigue a temperaturas más bajas, lo que supone un ahorro de energía en 130 kilogramos de combustible por tonelada de vidrio reciclado
 - Ahorro de 1 200 kilogramos de materias primas por cada tonelada de vidrio usado.
 - Ahorro de energía al no tener que extraer materias primas.
 - Disminuye el número de residuos urbanos que van al vertedero y por tanto sus costes de tratamiento.
 - Reducción de la erosión producida al extraer las materias primas necesarias para su fabricación.

5.3.5.4. Reciclaje de aluminio

El aluminio es un mineral que tiene diversas aplicaciones, además de latas, tapones, bandejas, bolsas, papel para envolver, por sus propiedades también es utilizado como aislante.

En el centro de reciclado se realizan procesos destinados a conseguir que el aluminio pueda ser devuelto al mercado:

- Triturado y eliminación de impurezas del aluminio.
- Lavado y secado para eliminar restos orgánicos y humedad.
- Se introducen las virutas de aluminio en un horno de reverberación donde se funde el aluminio y se forman lingotes de aluminio o láminas.
- Fabricación de nuevos productos

El reciclado del aluminio es un proceso que se realiza desde hace tiempo porque, además de los beneficios ambientales, tiene interés económico. Desde el punto de vista técnico resulta fácil y supone un gran ahorro de energía y materias primas.

- Ventajas del reciclado del aluminio
 - Al utilizar aluminio reciclado se ahorra un 95 por ciento de la energía empleada a partir de la producción del mineral primario.
 - Puede reciclarse indefinidamente sin perder sus propiedades.
 - Se puede reciclar el 100% de los materiales recuperados.
 - Su recuperación es rentable técnica y económicamente.

- En los programas de minimización es importante mencionar
 - En el vertedero ocupa espacio, no se degrada y es irre recuperable.
 - Para obtener 1 tonelada de aluminio puro se necesitan cuatro toneladas de bauxita y en este proceso de reducción se consume gran cantidad de energía.
 - La producción de aluminio requiere de 14 kilovatios por hora para obtener 1 kilogramo. de aluminio de la alúmina.
 - El proceso de extracción del aluminio produce un fango rojo (óxidos de hierro, titanio) muy contaminante.
 - Un kilogramo de aluminio es equivalente a 50 latas de bebidas.
 - Una lata de aluminio tarda en descomponerse entre 200 y 500 años.
 - Las latas son un recurso muy valioso de la basura; al fundirse se fabrican nuevas latas u otros productos.
 - Fabricar latas con material reciclado reduce un 95 por ciento la contaminación y necesita un 90 por ciento menos energía que hacerlo a partir de bauxita.
 - Cada año, la industria tabaquera tira toneladas de aluminio a vertederos en todo el mundo en forma de papel de aluminio.
 - Es importante separar y reducir el volumen del aluminio, ya que facilita el reciclaje.
 - Al reciclar se disminuyen las emisiones de óxidos de nitrógeno y las emisiones de azufre. Estos dos compuestos son causantes de la lluvia ácida.
 - Evitar comprar regalos o productos que vengan envueltos en papel de aluminio, además de otros envoltorios.

- Evitar utilizar productos que vengan fabricados con mezcla de materiales (papel, plástico, aluminio) ya que el reciclaje es prácticamente imposible.
- Para reducir el gasto de papel de aluminio es conveniente sustituir los platos, bandejas por vidrio o cerámica.
- El valor del aluminio desechado está sobre los Q. 150 a Q. 200 por quintal aproximadamente.
- Los riesgos que conlleva desechar indiscriminadamente las pilas y las baterías pueden mitigarse de diversas maneras. Entre éstas, evitar el uso de ellas en los casos en que sea posible hacerlo o, de lo contrario, utilizar las del tipo recargable.
- Se recomienda no mezclar en el uso de las pilas nuevas con las viejas, ya que esto reduce la vida útil en todos los casos.
- Tampoco deben ser arrojadas a cauces o cloacas, ni prenderse fuego.

5.3.5.5. Reciclaje de pilas y baterías

Las pilas usadas no son residuo cualquiera, son un residuo especial, tóxico y peligroso. Existen diversos tipos, las que se utilizan en relojes, calculadoras, sensores remotos, son conocidas como pilas de botón. A pesar de su reducido tamaño son las más contaminantes. Y también se encuentran las pilas grandes, cilíndricas, que contienen menos metales pesados, pero se producen muchas más.

Cuando incorrectamente se tiran las pilas con los restos de los desechos, estas pilas van a parar a algún vertedero o al incinerador, entonces el mercurio y otros metales pesados tóxicos pueden llegar al medio y perjudicar a los seres vivos.

- Ventajas del reciclaje de baterías
 - Con el reciclaje de las pilas, se recupera el mercurio (de elevado riesgo ambiental) y se valoriza el plástico, el vidrio y los otros metales pesados contenidos en las pilas.
 - Las pilas botón pueden ser introducidas en un destilador sin necesidad de triturarlas previamente. La condensación posterior permite la obtención de un mercurio con un grado de pureza superior al 96 por ciento.
 - Las pilas normales pueden ser almacenadas en previsión de poner en marcha de forma inmediata un sistema por el cual serán trituradas mecánicamente, y de la que se obtendría escoria férrica y no férrica, papel, plástico y polvo de pila.

- En los programas de minimización es importante mencionar
 - Los riesgos que conlleva desechar indiscriminadamente las pilas y las baterías pueden mitigarse de diversas maneras. Entre éstas, evitar el uso de ellas en los casos en que sea posible hacerlo o de lo contrario, utilizar las del tipo recargable. Tampoco deben ser arrojadas a cauces, ni prenderse fuego.

5.3.5.6. Reciclaje de aceites usados

Eliminar aceites usados sin ningún tipo de control contamina gravemente el medio ambiente. Si se vierten al suelo, se contaminan tanto suelo como agua. Si se vierten en la alcantarilla, se contaminan los ríos y se dificulta el buen funcionamiento de las plantas depuradoras y si se queman en forma inadecuada, contaminan la atmósfera.

Una alternativa de reciclaje es que los aceites usados de los talleres de reparación de automóviles, estaciones de servicio e industrias se transportaran a la planta de tratamiento. A partir de un proceso secuencial de destilación, se recupera separadamente agua que se aprovecha en el mismo proceso, combustible que se utiliza y aceite regenerado que se puede comercializar; a partir de 3 litros de aceite usado, se obtienen 2 litros de aceite regenerado.

CONCLUSIONES

1. Uno de los propósitos de la caracterización de los residuos sólidos domiciliarios es determinar la composición física y la generación de residuos sólidos domiciliarios, estimando así la cantidad de material actualmente destinado al vertedero, que se podría reciclar potencialmente. A través del análisis visual de la composición física de los residuos sólidos domiciliarios, se determinó que los residuos de la colonia Banvi son del tipo no peligroso, asimismo se pueden clasificar en dos grupos, que son residuos orgánicos y residuos inorgánicos
2. La producción de materia orgánica (se consideró residuos vegetales en estado crudo, residuos de alimentos, estiércol de animales, ceniza, aserrín.), resultó del 69 por ciento del total de los residuos generados.
3. El resto de desechos corresponde al 31 por ciento, siendo éstos los residuos sólidos inorgánicos, del cual puede obtenerse un porcentaje para reciclaje, mediante la separación adecuada de los residuos domiciliarios.
4. Dentro de los restos inorgánicos se encuentran materiales como aluminio, vidrio, plástico, papel y cartón, clasificados así por el potencial que éstos tienen a ser reciclados.

5. El reciclaje se convierte en una buena alternativa, ya que reduce los residuos, ahorra energía y protege el medio ambiente. La meta de cualquier proceso de reciclaje es volver a utilizar los materiales provenientes de residuos, los materiales clasificados se usan como nuevos productos o como materias primas para algún proceso.
6. La generación de los residuos sólidos domiciliarios obtenidos en la colonia Banvi es de 0,30 kilogramos por habitante al día, parámetro que se obtuvo mediante la toma de datos realizados a lo largo de un mes. Estos es el equivalente a la generación de una población dentro de un nivel socioeconómico medio. Nivel establecido según la tipología de la vivienda y servicios con los que cuentan.
7. La participación de la población en el proceso de separación de los residuos sólidos domiciliarios es de vital importancia, debido a que el sistema de limpieza inicia desde el momento de la generación de los residuos. Para ello es necesario iniciar con campañas de sensibilización y capacitación a la población y trabajadores municipales para dar a conocer cómo se debe contribuir con este sistema y lograr insertarlo como una alternativa al problema ambiental.
8. En el componente de disposición final de los residuos sólidos domiciliarios al no poder aplicar el compostaje y reciclaje, el relleno sanitario es considerado como la mejor alternativa, bajo un sistema organizado.

RECOMENDACIONES

1. Primordialmente la población debe ser concientizada sobre la generación de los residuos sólidos domiciliarios para obtener resultados en la disposición final y su posterior aprovechamiento, a través de capacitaciones dirigidas a la población, mediante sus comités vecinales, institucionales educativas e instituciones diversas que se desarrollan en el municipio.
2. Los residuos sólidos domiciliarios en su mayoría son orgánicos, por lo que es recomendable, luego de implementar los programas de capacitación de sensibilización, instalar una planta de reciclaje en donde se pueda manejar adecuadamente los residuos mediante el compostaje, para la obtención de abonos orgánicos, de esta manera vuelven a ser re-aprovechados.
3. En cuanto a los residuos sólidos inorgánicos, las medidas inmediatas que se pueden adoptar, luego de la sensibilización de la población, son el contacto con empresas que se dedican a la compra de materiales reciclables, muchas de las cuales cuentan con el servicio de recolección al lugar de almacenamiento.
4. Se resalta la necesidad e importancia de caracterizar en detalle los componentes de los residuos sólidos inorgánicos domiciliarios que no fueron contemplados a profundidad en este trabajo, con el fin de definir las tecnologías más apropiadas de reciclaje a implementar en el municipio.

5. Al momento de realizar un estudio de este tipo es importante tomar en cuenta las características de la población, el apoyo de la municipalidad a la que pertenece al grupo a estudiar y el trabajo en conjunto con la oficina municipal de planificación, para presentar propuestas que se ajusten a las condiciones sociales y económicas del municipio.

BIBLIOGRAFÍA

1. ACURIO, G., Rossin; A., TEIXEIRA, P.F; ZEPEDA, F. *Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe*. 2a ed. Washington DC: Organización Panamericana de la Salud, Serie Ambiental No. 18, 1998.
2. Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenta y del Lago de Amatitlán. *Proyectos educativos 2008 [en línea]*. www.amsa.gob.gt. [consulta: 10 de febrero de 2013].
3. ALVARADO CHA, Elder Josué. *Evaluación y propuesta de mejora de la situación actual del manejo de los desechos sólidos en el municipio de Palencia, en el departamento de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2010. 86 p.
4. GÁLVEZ CATALÁN, Javier Antonio. *Caracterización de los residuos sólidos urbanos que producen los municipios de Santa Lucía Cotzumalguapa, La Democracia, Siquinalá y La Gomera, del departamento de Escuintla y propuesta para su disposición final*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 98 p.
5. Organización Panamericana de Salud (OPS). *La Salud en las Américas*. Washington, D.C: OPS, 2002. 204 p. vol I.

APÉNDICES

1. Encuesta

	Encuesta: Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios de la colonia Banvi, Zacapa.	Fecha:		
1.	¿Cuántas personas viven en su hogar?			
2.	¿Recibe el servicio de recolección de residuos domiciliarios?	Si	No	
3.	¿Su sistema de recolección es privado o municipal?	Privado	Municipal	
4.	Si es sistema de recolección privado, ¿Cuál es el monto mensual del servicio?			
5.	¿Qué horario presta el servicio de recolección?			
6.	¿Cuántas veces por semana pasa el camión recolector			
7.	¿Qué opina del servicio de recolección?			
8.	¿Existe recolección informal de los residuos?			
9.	¿Qué objetos que se podría considerar basura, usted reutiliza?			
10.	¿Tiene conocimiento de cuál es el destino final de los residuos sólidos domiciliarios			
11.	¿Sabe usted que significa el reciclaje?			
12.	¿Está consciente que el mal manejo de los residuos puede causar daños en su salud?	Si	No	
13.	Si la respuesta es afirmativa ¿Qué tipo de enfermedades cree que puede causarle el mal manejo de los residuos?	Enfermedad respiratoria	Diarrea	Alergias en la piel
14.	¿Ha padecido alguna de las enfermedades antes mencionada?	Si	No	

Fuente: elaboración propia.

2. Material informativo

Material explicativo para que identifiquen la basura orgánica e inorgánica y poder lograr la separación	
Basura Orgánica	Basura Inorgánica
Residuos de comida	Papel (periódico, documentos, revistas) cartón
Cáscaras de verduras, frutas, etc.	Pañales, toallas sanitarias.
Servilletas	Trapos, tela, etc.
Huesos	Algodón
Plantas, arbustos, etc.	Botellas
Madera	Baterías
Papeles de baño	Plástico
Heces	Cuero
	Caucho, Hule, etc.
	Metal, aluminio, etc.
	Lata
	Vidrio
Todo lo anterior depositar en Bolsa NEGRA	Todo de la lista anterior depositar en Bolsa TRANSPARENTE

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. Datos tabulados

Vivienda	Habitantes	1era Semana		1era Semana		1era Semana		2da Semana		2da Semana		2da Semana	
		Orgánica	Inorgánico	Orgánica	Inorgánico	Orgánica	Inorgánico	Orgánica	Inorgánico	Orgánica	Inorgánico	Orgánica	Inorgánico
1	5	1,50	0,50	4,50	2,00	2,50	4,00	6,00	1,00	5,50	2,00	1,50	1,00
2	6	3,00	1,00	7,00	2,50	4,00	2,50	4,50	1,50	4,00	1,75	3,50	1,50
3	4	1,00	0,50	2,50	1,00	2,50	2,00	3,50	0,75	3,50	1,00	2,50	0,00
4	2	0,50	0,00	0,00	0,00	2,00	1,50	1,50	0,00	2,00	0,50	2,00	0,00
5	4	4,00	1,00	2,50	0,50	3,50	0,00	2,00	0,00	1,50	0,75	2,50	0,00
6	3	3,50	1,00	5,00	3,00	1,50	0,00	1,50	1,50	2,00	0,50	2,00	0,00
7	4	2,00	0,50	3,50	3,00	2,00	0,00	3,50	0,00	3,00	1,00	2,00	0,50
8	5	1,50	0,00	2,00	1,00	2,50	0,00	4,50	0,00	2,50	0,00	1,50	2,50
9	4	1,50	0,00	2,00	0,00	2,00	1,50	3,50	0,00	2,50	0,00	1,75	2,50
10	3	2,00	1,00	3,50	0,00	1,50	0,75	1,50	1,25	2,00	0,00	1,50	1,50
11	2	1,00	0,00	2,50	1,00	1,50	0,50	2,50	1,00	3,00	1,50	1,50	0,00
12	2	0,50	0,25	2,00	1,00	1,00	0,50	2,50	0,50	3,00	1,00	2,50	2,50
13	5	1,50	0,00	2,50	2,00	2,50	1,00	2,50	0,50	2,00	1,00	3,50	3,50
14	6	2,50	0,00	3,00	2,00	3,50	1,00	2,00	0,50	1,50	1,25	1,25	5,75
15	4	1,50	0,00	2,00	2,00	3,00	1,50	1,50	0,50	2,00	1,00	2,50	4,25
16	3	2,00	1,00	2,75	1,00	2,00	0,00	3,50	1,00	1,00	0,75	1,25	0,50
17	2	1,50	0,50	3,00	1,50	2,00	0,00	4,00	1,50	1,00	0,75	1,50	0,00
18	4	2,00	0,75	4,00	0,00	1,50	0,25	1,00	0,50	1,50	1,00	2,50	0,25
19	3	1,50	0,25	1,75	3,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	0,00	2,50	0,50
20	3	2,00	0,50	2,00	2,00	1,00	1,50	1,50	1,00	1,25	0,00	3,50	6,00
21	5	3,50	0,25	4,50	1,50	2,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	4,50	1,50
22	5	2,00	0,00	2,00	0,75	3,00	0,00	1,00	0,00	1,50	1,50	6,75	1,25
23	3	1,00	0,00	1,50	0,25	1,50	0,00	1,50	3,00	2,00	1,00	8,00	2,00
24	4	2,00	0,75	2,50	0,75	0,75	1,50	0,50	0,50	2,00	1,50	4,50	2,75
25	3	1,50	0,50	1,00	0,50	1,00	0,00	2,50	1,50	2,00	1,00	3,50	1,75
26	5	2,00	0,75	1,50	0,00	2,00	0,00	2,50	0,50	3,00	1,50	2,50	0,25
27	2	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,50	0,75	2,50	1,00	1,50	2,00
28	5	2,50	0,00	3,00	1,00	2,50	0,00	4,50	1,25	1,50	0,50	2,00	0,50

Continuación de la tabla V.

29	5	2,00	1,00	3,00	1,00	2,00	0,00	3,50	3,00	4,00	0,50	2,00	4,00
30	4	2,00	0,50	3,50	1,25	2,00	0,50	2,50	3,50	2,50	0,25	2,00	2,00
31	3	1,50	0,50	4,00	1,50	1,50	0,50	2,00	1,00	2,50	0,00	2,50	1,25
32	4	2,00	0,00	2,50	1,00	2,00	1,00	2,50	1,50	2,00	0,00	3,50	0,00
33	5	2,50	0,00	2,00	1,00	2,50	1,50	2,50	1,75	2,00	1,50	4,00	0,75
34	2	0,00	0,00	1,50	2,00	1,00	1,75	1,00	1,00	1,50	1,00	5,00	1,50
35	3	1,50	0,25	2,00	2,00	3,00	0,25	1,50	1,00	1,25	1,50	6,00	0,00
36	4	2,00	0,50	4,00	1,75	4,00	0,00	2,00	1,00	1,50	1,00	4,75	0,00
37	2	2,50	1,00	3,00	1,00	2,50	1,00	1,50	1,50	1,25	1,00	5,75	0,00
38	3	1,00	0,25	3,50	2,00	4,50	0,00	1,50	1,25	1,25	1,25	2,75	2,25
39	3	1,00	0,25	0,50	3,00	1,50	0,00	1,50	0,50	2,00	0,00	2,50	0,75
40	4	2,00	0,25	1,50	3,50	2,50	1,00	2,00	0,50	2,50	0,50	2,00	1,50

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Datos Tabulados**

Vivienda	Habitantes	3era Semana		3era Semana		3era Semana		4ta Semana		4ta Semana		4ta Semana	
		Orgánica	Inorgánico	Orgánica	Inorgánico	Orgánica	Inorgánico	Orgánica	Inorgánico	Orgánica	Inorgánico	Orgánica	Inorgánico
1	5	5,00	0,75	4,00	2,00	2,00	1,00	6,00	3,00	7,50	0,50	9,00	5,00
2	6	2,50	2,50	4,00	2,00	3,25	2,00	2,50	0,80	4,50	2,00	2,50	2,50
3	4	2,00	5,00	3,00	1,50	2,25	2,00	1,00	0,25	5,00	0,50	5,00	2,25
4	2	3,50	0,00	2,50	3,00	1,50	2,00	2,00	0,75	5,00	1,50	3,00	2,00
5	4	4,50	0,00	1,50	1,25	3,00	2,00	8,00	0,75	2,50	1,00	5,00	1,75
6	3	2,00	0,00	2,00	0,00	6,00	3,00	3,50	1,20	2,00	0,00	4,00	2,00
7	4	2,50	0,00	2,00	1,00	6,00	2,50	2,25	1,00	2,00	0,00	3,00	1,75
8	5	2,50	1,00	3,00	1,50	4,00	1,75	2,50	1,50	4,00	0,00	4,00	1,50

Continuación de la tabla VI.

9	4	3,00	0,50	3,50	1,00	3,50	0,75	3,50	0,00	1,00	1,00	3,00	1,00
10	3	3,50	0,25	3,00	0,00	2,50	1,25	4,50	0,00	1,00	0,50	2,50	1,00
11	2	3,00	0,25	4,50	0,00	4,00	1,00	1,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
12	2	3,50	0,50	4,00	3,50	1,00	0,75	1,50	1,00	1,25	1,50	2,50	1,50
13	5	3,75	0,50	4,00	2,50	1,00	0,75	1,00	0,00	0,75	1,00	4,50	2,50
14	6	4,75	1,00	5,00	2,50	1,50	1,00	1,00	0,00	1,00	2,50	5,00	1,75
15	4	3,50	1,50	3,00	1,50	6,00	2,00	2,50	0,50	1,00	3,00	2,50	2,00
16	3	2,50	3,50	3,00	1,00	3,50	2,00	3,25	0,75	1,50	2,50	3,50	1,75
17	2	2,50	1,50	2,00	1,00	2,50	1,75	1,25	1,00	1,75	1,50	1,50	1,00
18	4	3,50	1,75	2,00	1,00	3,50	1,75	1,00	0,75	2,00	1,00	3,00	0,75
19	3	4,50	2,50	2,50	1,50	2,50	2,00	3,50	2,00	2,50	1,00	2,50	1,50
20	3	3,50	1,75	2,00	2,00	3,00	1,50	4,25	2,50	2,25	1,00	2,50	1,00
21	5	4,50	2,00	3,50	3,00	4,50	2,00	3,75	1,25	1,50	1,00	4,50	2,50
22	5	5,00	1,25	4,50	3,50	4,00	2,00	2,00	2,25	4,25	0,75	2,50	1,00
23	3	4,50	2,75	3,00	1,50	3,00	1,50	5,20	2,50	3,25	1,00	4,50	1,00
24	4	4,00	0,00	3,50	1,00	3,00	1,50	2,50	2,00	2,00	5,00	3,50	1,00
25	3	3,50	0,00	3,00	1,00	2,50	1,50	4,60	2,50	1,50	2,50	2,50	0,00
26	5	4,50	0,00	4,00	1,50	3,75	0,00	4,00	2,00	2,50	1,00	3,50	0,00
27	2	1,75	0,00	1,50	1,25	1,50	0,00	3,50	5,00	1,50	1,00	1,50	0,00
28	5	4,00	1,50	4,50	2,00	2,00	0,00	2,50	1,50	1,00	0,75	1,50	1,00
29	5	6,00	2,50	4,50	2,50	2,50	2,00	2,50	1,50	7,00	1,25	2,50	0,50
30	4	3,00	1,50	3,50	2,00	3,50	1,00	2,75	1,00	1,50	1,00	3,50	1,25
31	3	1,25	0,75	3,00	1,50	2,50	0,75	3,75	1,50	2,50	1,00	2,50	0,75
32	4	3,00	1,50	4,00	1,50	2,00	1,25	1,75	1,00	1,50	0,75	2,50	1,25
33	5	1,50	1,00	5,00	2,50	1,00	0,75	1,25	0,50	0,75	1,25	2,50	1,00
34	2	1,50	2,00	2,50	1,00	0,50	0,75	1,25	0,50	1,25	2,50	1,50	0,00
35	3	1,00	1,00	3,50	0,00	0,75	1,25	1,00	0,00	1,00	2,25	2,50	1,00
36	4	1,25	1,00	2,50	0,00	2,50	2,00	2,50	0,75	1,50	1,00	3,50	0,00
37	2	1,00	1,00	0,00	0,50	1,50	1,00	0,50	1,00	2,50	1,00	2,00	1,00
38	3	1,00	0,50	1,00	0,50	3,00	1,50	0,75	1,00	3,00	0,50	2,50	1,00
39	3	2,00	0,75	1,00	1,00	2,50	2,00	1,50	2,00	4,00	1,00	2,50	1,50
40	4	2,50	0,00	1,25	1,50	3,00	2,50	3,75	1,00	4,50	1,00	3,00	2,50

Fuente: elaboración propia.

