



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

**CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES EN EL
CONDominio RESIDENCIAL VILLAS DE SAN JOSÉ 1, 6TA. CALLE, ZONA 4 DE MIXCO**

José Víctor Ibarra Corrales

Asesorado por el Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa

Guatemala, marzo de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES EN EL
CONDominio RESIDENCIAL VILLAS DE SAN JOSÉ 1, 6TA. CALLE, ZONA 4 DE MIXCO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSÉ VÍCTOR IBARRA CORRALES

ASESORADO POR EL ING. RAFAEL ENRIQUE MORALES OCHOA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MARZO 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

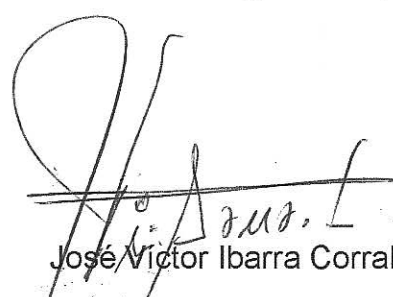
DECANO	Ing. Roberto Mayorga Rouge
EXAMINADOR	Ing. Roberto Emanuel Prata Lou
EXAMINADOR	Ing. Julio Roberto Asturias Arrivillaga
EXAMINADOR	Ing. Antonio Lisandro Ramírez López
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

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 RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES EN EL CONDOMINIO RESIDENCIAL VILLAS DE SAN JOSÉ 1, 6TA. CALLE, ZONA 4 DE MIXCO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha de octubre de 2009.



José Víctor Ibarra Corrales



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,
24 de septiembre de 2012

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

En mi calidad de Asesor y de Revisor por el Departamento de Hidráulica, informo que he revisado el trabajo de graduación **CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES EN EL CONDOMINIO RESIDENCIAL VILLAS DE SAN JOSÉ 1 6TA. CALLE, ZONA 4 MIXCO**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil José Víctor Ibarra Corrales.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área 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. Rafael Enrique Morales
Asesor y

Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor y Revisor por el Departamento de Hidráulica, Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa, al trabajo de graduación del estudiante José Víctor Ibarra Corrales, titulado **CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES EN EL CONDOMINIO RESIDENCIAL VILLAS DE SAN JOSÉ 1, 6TA. CALLE, ZONA 4 DE MIXCO**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DIRECTOR
FACULTAD DE INGENIERÍA

Guatemala, marzo de 2013.

/bbdeb.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES EN EL CONDOMINIO RESIDENCIAL VILLAS DE SAN JOSÉ 1, 6TA. CALLE, ZONA 4 DE MIXCO**, presentado por el estudiante universitario José Víctor Ibarra Corrales, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, marzo de 2013

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme fortaleza y sabiduría para poder culminar con éxito lo emprendido.
Mis padres	Rosa Corrales y Víctor Ibarra Peralta. Por su amor e invaluable apoyo.
Mi esposa	Claudia Cardona. Por apoyarme en todo momento, con amor.
Mis hijos	José, Mishelle y Dulce Por ser la razón de mi esfuerzo y superación constante.
Mis hermanos	Por los momentos que compartimos y por su apoyo.

AGRADECIMIENTOS A:

**La Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser una casa de estudio con mucha
riqueza académica y profesional.

Facultad de Ingeniería

Por ser una importante influencia en mi
carrera.

**Ing. Rafael Enrique
Morales Ochoa**

Por dedicarme su valioso tiempo en su
asesoría profesional en el desarrollo del
presente trabajo de graduación.

**Todos los compañeros
y amigos**

Que colaboraron de una u otra forma a
lo largo de toda mi preparación como
profesional y en la realización de este trabajo
de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO.....	VII
RESUMEN.....	IX
OBJETIVOS	XI
INTRODUCCIÓN.....	XIII
1. CARACTERIZACIÓN DEL CONDOMINIO	1
1.1. Descripción.....	1
1.2. Servicios.....	1
1.3. Clima	2
1.4. Ubicación.....	3
2. CONCEPTOS BÁSICOS.....	5
2.1. Residuos sólidos	5
2.2. Propiedades y características físicas de los residuos sólidos	5
2.3. Principales tipos de residuos sólidos	7
2.3.1. Residuos orgánicos	7
2.3.2. Residuos inorgánicos.....	7
2.4. Características y usos de los diferentes tipos de residuos sólidos	8
2.4.1. Residuos orgánicos	8
2.4.2. Residuos inorgánicos.....	12

3.	PRINCIPALES RESIDUOS SÓLIDOS	27
3.1.	Características y usos de los diferentes tipos de residuos sólidos.....	27
3.2.	Origen y tipos de residuos sólidos, según OMS	28
3.3.	Origen y ubicación de los principales rellenos sanitarios alrededor del condominio en estudio.....	29
3.4.	Obtención de los residuos sólidos	30
3.4.1.	Método de acera.....	31
3.4.2.	Método de esquina o de parada fija.....	32
3.4.3.	Método intradomiciliario.....	33
3.4.4.	Método de contenedores	33
3.5.	Propiedades y características de los residuos sólidos orgánicos	37
3.5.1.	Residuos sólidos generados a partir de aguas servidas municipales e industriales	38
3.5.2.	Humedad.....	39
3.5.3.	Densidad.....	40
3.5.4.	Poder calorífico	40
4.	ESTUDIO DE LAS CARACTERIZACIONES Y PROPIEDADES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	43
4.1.	Estudio, ubicación, peso y clasificación	43
4.2.	Análisis del estudio de la caracterización de residuos sólidos.....	46
4.3.	Estudio de los resultados obtenidos en las encuestas y caracterizaciones del campo de cada una de las muestras.....	49
4.4.	Residuos orgánicos.....	55
4.5.	Residuos inorgánicos.....	57

5.	CÁLCULO Y CUANTIFICACIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	63
5.1.	Cálculo de la densidad de los residuos sólidos	63
6.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	69
6.1.	Análisis de resultados obtenidos.....	69
6.2.	Estudio de los resultados obtenidos en las encuestas y caracterizaciones de campo de cada una de las muestras	70
	CONCLUSIONES	73
	RECOMENDACIONES.....	75
	BIBLIOGRAFÍA.....	77

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación 6ta. Calle condominio Villas de San José 1, zona 4 de Mixco.....	3
2.	Proceso de lixiviado	11
3.	Almacenamiento de residuos sólidos	29
4.	Cálculo de humedad	39
5.	Cálculo del poder calorífico	41
6.	Recipientes recomendados por el CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria) para la caracterización de desechos.....	45
7.	Equipo utilizado.....	46
8.	Precharacterización de los residuos sólidos domiciliarios	47
9.	Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios por codificación de colores de las bolsas	47
10.	Gráfica promedio de residuos orgánicos e inorgánicos	50
11.	Gráfica promedio de residuos orgánicos en bolsa roja	50
12.	Gráfica promedio de desechos inorgánicos en bolsa blanca	51
13.	Gráfica promedio de desechos inorgánicos en bolsa transparente	51
14.	Gráfica promedio de desechos inorgánicos en bolsa negra	52
15.	Gráfica general por color de bolsa desechos inorgánicos	52
16.	Gráfica promedio residuos desechados en condominio	53
17.	Gráfica caracterización contra peso de los residuos Sólidos domiciliarios del condominio residencial 6ta. calle Villas de San José 1 zona 4 de Mixco.....	54
18.	Densidad promedio de desechos orgánicos e inorgánicos.....	65

19.	Densidad promedio de desechos orgánicos en bolsa roja	65
20.	Densidad promedio de desechos inorgánicos en bolsa blanca.....	66
21.	Promedio de desechos inorgánicos en bolsa transparente	66
22.	Densidad promedio de desechos inorgánicos en bolsa negra	67
23.	Gráfica densidad promedio por bolsas.....	67
24.	Gráfica promedio de datos.....	69

TABLAS

I.	Estaciones meteorológicas aledañas al condominio	2
II.	Clasificación de residuos sólidos	27
III.	Tipos de residuos según (OMS)	28
IV.	Instalaciones, actividades o localizaciones típicas asociadas con varias clasificaciones de fuentes.....	36
V.	Variaciones estacionales en la generación de residuos	37
VI.	Etapas de tratamiento	39
VII.	Características físicas.....	41
VIII.	Clasificación por color de bolsa	44
IX.	Tabulación de datos obtenidos 1	48
X.	Tabulación de datos obtenidos 2	64

GLOSARIO

AMSA	Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Amatitlán.
Aglomerado	Se obtiene a partir de pequeñas virutas o aserrín, encoladas a presión en una proporción de 50 por ciento virutas y 50 por ciento cola blanca.
Bacteriología	Arte de la Microbiología que estudia a las bacterias.
Biodegradable	Sustancia que puede ser descompuesta con cierta rapidez por organismos vivientes, lo contrario corresponde a sustancias no degradables, como plásticos, latas, vidrios que no se descomponen o desintegran, o lo hacen muy lentamente.
Chatarra	Escoria que deja el mineral de hierro viejo o inservible.
Chatarrero	Persona que recoge o vende chatarra.
Epidemiología	Ciencia que estudia todo lo relativo a las enfermedades transmisibles: causas directas e indirectas, propagación, extinción, prevención, efectos demográficos y económico-sociales.

IRA	Infección Respiratoria Aguda.
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
Odorífico	Repugnante e indeseable; eso depende del origen y composición de ésta.
OMS	Organización Mundial de la Salud
PCI	Poder Calorífico Inferior.
Pepenador	Persona encargada de pepenar.
Pepenar	Recoger del suelo, rebuscar.
PPC	Producción Per Cápita.
PSD	Concentración de Partículas Sedimentales.
PST	Partículas Suspendidas Totales.

RESUMEN

EL presente trabajo de graduación denominado “Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios en el condominio Villas de San José 1 6ta. calle zona 4, Mixco.”

- La facilidad que proveerá dicho trabajo de graduación al ingeniero civil graduado y en formación, en el conocimiento del cálculo para el manejo de desechos sólidos provenientes de un proyecto habitacional contra los habitantes que conforman el sector en estudio, que sea una herramienta importante para cuantificar y solucionar problemas de evacuación y manejo de desechos sólidos para nuevos proyectos habitacionales y que estos sean sostenibles en el tiempo.
- Lograr el mejoramiento que se puede llegar a tener en los rellenos sanitarios, disminuyendo su carga tributaria por medio de la caracterización y separación de los residuos sólidos, la cual será definida por medio de peso, clasificación, cubicación y otros, tomando como referencia un muestreo físico de un 50 por ciento del total de viviendas de este condominio.

El aprovechamiento de los recursos orgánicos e inorgánicos reutilizables que se pueda tener de los residuos sólidos y se pueda contribuir a solucionar la problemática de este material como contaminante.

El presente trabajo, en su contenido general expone, datos y sugerencias reales para que los residuos sólidos de este condómino Villas de San José 1 6ta. calle zona 4, Mixco, con su técnica de caracterización pueda ser utilizada como prototipo y aplicarse en cualquier otro condominio.

Por último, a partir de la separación, caracterización y clasificación de los residuos sólidos domiciliarios, se establecen propuestas y mecanismos de acción que sirvan para el proceso de generación y disociación de derechos sólidos sea conveniente y sostenible en el ámbito económico, ambiental y social.

OBJETIVOS

General

Caracterizar los residuos sólidos domiciliarios en el condominio Villas de San José 1, 6ta. calle zona 4, Mixco.

Específicos

1. Contribuir de manera sistemática al manipuleo de los residuos sólidos, por medio de un proceso de caracterización de los mismos, confiable para poder ser reutilizados fácilmente y por ende contribuir al mejoramiento del medio ambiente.
2. Analizar los residuos sólidos domiciliarios con base en un muestreo de un 50 por ciento del total de las viviendas de este condominio para sí clasificar las basuras contra la cantidad de los habitantes por vivienda.
3. Definir proporciones en porcentajes de la caracterización de los residuos sólidos dependiendo de qué material están hechos, separándolos por orgánicos e inorgánicos para así saber qué cantidad se llevará al relleno sanitario.

INTRODUCCIÓN

La caracterización y/o separación de los residuos sólidos en cualquier sector es uno de los principales temas por los que tiene que atravesar el ingeniero civil, cuando está por ejecutar algún proyecto habitacional, industrial u otro.

En Guatemala y sus municipios hay muy pocos rellenos sanitarios y los existentes se encuentran en una etapa de colapso, causa del crecimiento acelerado habitacional, consecuencia de la sobre población que ha aumentado en la metrópoli y en sus alrededores, en busca del mejoramiento de vida ya que allí es donde se pueden encontrar más y mejores oportunidades de empleo.

Por esto el principal objetivo de este proyecto de trabajo de graduación es el caracterizar todos y cada uno de los elementos que conforman los residuos sólidos domésticos (basura), en esta área, para que así se pueda obtener un dato fidedigno de cómo reutilizar los materiales orgánicos e inorgánicos, despertando en la población la inquietud de que separando éstos, podrán obtener un bien económico y a la vez podrán colaborar con el medio ambiente, para que así se pueda optimizar el espacio de los rellenos sanitarios exentes y tratar de que el porcentaje de los residuos sólidos no reutilizables sea mínimo y así se pueda reciclar la mayor parte de ellos en este sector y también se pueda evitar la creación de nuevos rellenos sanitarios autorizados y botaderos clandestinos.

1. CARACTERIZACIÓN DEL CONDOMINIO

1.1. Descripción

El condominio está ubicado en una zona residencial, cerca de prestigiosos colegios, centros comerciales y clubes campestres de la ciudad. Localizado sobre el Boulevard Tulam Zu, que brinda un acceso por el Anillo Periférico y por la Calzada San Juan.

Las 24 casas se encuentran dentro de lotes individuales que oscilan entre 180 metros cuadrados y 230 metros cuadrados, con un ancho típico frontal o posterior de 9 metros lineales aproximadamente, las casas son de un tipo de construcción mixto block, de 2 niveles goza de una zona verde al fondo del la calle del condominio.

Los habitantes de cada inmueble se puede decir que son de clase media, con ingresos mayores a los Q. 8 000,00 por familia, se estima que cada casa tiene aproximadamente 5 habitantes.

1.2. Servicios

Los servicios con que cuenta el condominio son:

- Energía eléctrica
- Agua potable
- Servicio de extracción de residuos sólidos
- Cable / teléfono / internet
- Servicios a domicilios de (comida, medicina ambulancias etc)

1.3. Clima

La temperatura del condominio Villas se San José 1, es de un promedio aproximadamente 20 grados centígrados que se puede decir que es un clima templado / frío.

Tabla I. **Estaciones meteorológicas aledañas al condominio**

Localidad	Elevación (Msnm).	temperaturas C°	Absolutas	Precipitación	Humedad Relativa	Vel. Viento	Evaporación
		Max - Min	Max - Min	Milímetros	en %	Kms/hr.	en Milímetros
Departamento de Guatemala :							
Guatemala, INSIVUMEH	1502	24,5 – 14,0	33,4 – 4,2	1196,8	78	17,7	120,2
Guatemala, Florinda	1470	25,4 – 15,7	34,5 – 7,0	1310,3	-99	-99	-99
Sn. Migel Petapa.	1260	26,3 – 16,4	33,0 – 8,0	1093,7	-99	-99	-99
Amatitlan	1189	27,5 – 14,5	31,8 – 8,0	924	76	-99	-99
San José Pinula	1650	22,8 – 11,7	28,8 – 3,9	1639,3	84	-99	-99
San Pedro Ayampuc	1200	27,8 – 15,0	34,4 – 8,4	1063,1	74	-99	-99
San Pedro Sacatepequez	1400	25,8 – 13,9	36,5 – 5,0	1031,9	78	-99	131

Fuente: <http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/ESTADISTICAS.htm>.

Consulta: 10 de agosto de 2012

1.4. Ubicación

6ta. Calle Villas de San José 1, zona 4 de Mixco, Guatemala, coordenadas satelitales.

Latitud: 14,646369

Longitud: 90° 33' 43,37"

Figura 1. **Ubicación 6ta. Calle condominio Villas de San José 1, zona 4 Mixco**



Fuente: <http://maps.google.es/>. Consulta: 12 de agosto de 2012.

2. CONCEPTOS BÁSICOS

2.1. Residuos sólidos

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 legislativo lo más complicado respecto a la gestión de residuos, es que se trata intrínsecamente de un término subjetivo, que depende del punto de vista de los actores involucrados (esencialmente generador y fiscalizador).

El residuo se puede clasificar de varias formas, tanto por estado, origen o característica.

2.2. Propiedades y características físicas de los residuos sólidos

Los residuos sólidos se pueden definir por:

- La actividad que les de origen
- Por su composición

Entre los residuos más importantes que se puedan encontrar por la actividad que les de 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 que son removidos para ganar acceso a los minerales y todos los residuos provenientes de los procesos mineros.

- Residuos hospitalarios

A nivel de hospital los residuos son generalmente esterilizados. Su composición varía desde el residuo tipo residencial y comercial a los de tipo médico conteniendo sustancias peligrosas.

- Residuos domésticos

Son aquellos 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 así lograr convertir y/o transformar éstos en energía y abono. Estos restos están compuestos por diferentes tipos de materiales tales como: restos de alimentos, papeles, cartones, plásticos, vidrios, metales y otros, así también en muchos casos, los residuos domiciliarios contienen desechos tóxicos y peligrosos.

2.3. Principales tipos de residuos sólidos

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

2.3.1. 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.

Estos son aquellos desechos que alguna vez estuvieron vivos o fueron parte de algún ser vivo tales como:

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

2.3.2. Residuos inorgánicos

Son todos 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 de ellos 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 maderas
- Residuos de papeles y cartones
- Residuos de muebles y electrodomésticos
- Residuos de metales en general
- Residuos de ropa vieja
- Residuos de neumáticos

2.4. 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 tales como:

2.4.1. 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 éstos encuentran su hábitat ideal moscas, cucarachas, ratas y otros; encontrando alimento, vivienda y condiciones idóneas para proliferarse. Los materiales de residuos que son orgánicos con restos de alimentos, poda, jardinería, con huesos animales y derivados del papel, cada vez están siendo más reciclados, debido a que estos residuos se pueden transformar en:

- Compost

Cuando son depositados en un sistema de digestión para controlar el proceso biológico para descomponer la materia orgánica y matar los patógenos. El material orgánico resultante es entonces reciclado como paja o compost para agricultura.

- Bio-gases

Con la digestión anaerobia el compost no es el único producto sino que también se puede encontrar al dióxido de carbono y el metano, que en la actualidad migran hacia la atmósfera, estos dos componentes o gases son factores principales en la producción del efecto invernadero, dado que afectan la capa de ozono. Debería existir una gran responsabilidad en la sociedad sobre este tema y aprovechando mejor este recurso.

Por medio de la pirolisis de los residuos sólidos orgánicos se pueden convertir o transformar en productos sólidos, líquidos o gaseosos, tales como el aceite líquido y el gas, los cuales podrían ser quemados para producir energía.

El residuo sólido puede ser utilizado en productos como el carbón activado. Utilizando la gasificación para transformar los residuos sólidos orgánicos directamente en un gas sintético el cual se encuentra formado por monóxido de carbono e hidrógeno. El gas se puede quemar directamente para producir vapor o en un motor térmico para producir electricidad.

La gasificación se emplea en centrales eléctricas de biomasa para producir la energía renovable y calor.

- Lixiviado

En general se denomina lixiviado al líquido resultante de un proceso de percolación de un fluido a través de un sólido. El lixiviado generalmente arrastra gran cantidad de los compuestos presentes en el sólido que atraviesa.

El término lixiviado se usa en casi todas las ciencias ambientales, siendo su uso más general el que corresponde al lixiviado de los depósitos controlados, por lo que generalmente se asocia el término lixiviado a los líquidos que se gestionan en los depósitos controlados de residuos.

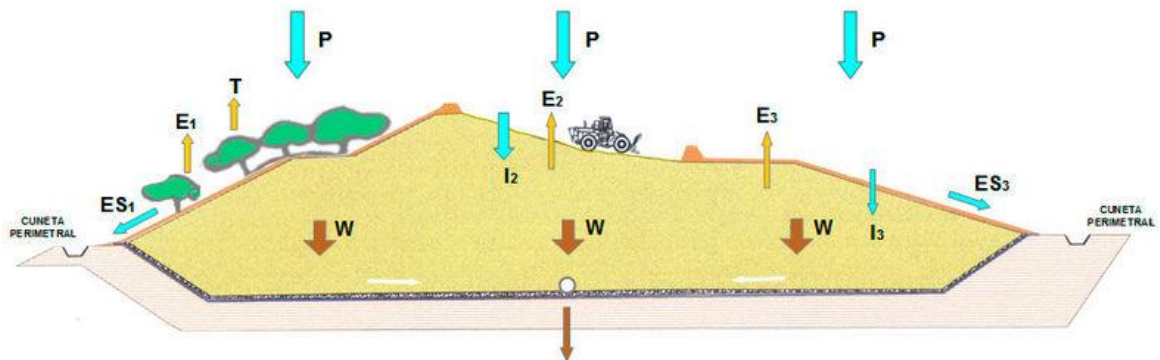
El lixiviado del depósito controlado es el agua que percola a través de los residuos depositados y que extrae, disueltos o suspendidos, materiales a partir de ellos. El lixiviado está formado por la mezcla de las aguas de lluvia infiltradas en el depósito y otros productos y compuestos procedentes de los procesos de degradación de los residuos.

Una parte importante del agua que interviene en el balance hídrico de un depósito controlado se convierte en lixiviado. El tratamiento del lixiviado supone un elevadísimo coste, tanto durante la fase de explotación como durante la fase posterior de vigilancia pos clausura. Una gestión correcta del agua evitará la innecesaria e incontrolada formación de lixiviados, reduciendo significativamente los costes de explotación. El mejor lixiviado es el que no se genera.

Lixiviado = Agua en el residuo + Infiltración agua de lluvia + Entradas agua subterránea

Una adecuada gestión del lixiviado se debe centrar primeramente en minimizar todas las fuentes de líquidos que puedan entrar en contacto con el residuo y, una vez que este contacto agua-residuo ya se ha producido y por tanto, se ha generado lixiviado, en recogerlo y conducirlo a un punto, balsa o depósito de almacenamiento previo a su posterior tratamiento. Se observan las distintas etapas de explotación y clausura del ciclo de vida de un depósito controlado de residuos, el balance hídrico se asemeja al esquema siguiente:

Figura 2. **Proceso de lixiviado**



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Lixiviado>. Consulta: 10 de agosto de 2012

Según esto, en el área en explotación no es posible reducir el agua infiltrada, si bien hay que tener en cuenta que a mayor área descubierta, mayor infiltración. Hay que llegar a un compromiso entre una superficie descubierta mínima que permita el adecuado movimiento de la maquinaria en función de las toneladas diarias gestionadas.

En el área clausurada, sobre todo si se ha utilizado geomembrana, la infiltración es cero (salvo accidente). Por tanto hay que actuar en las áreas con

cubrición temporal para reducir la infiltración. El lixiviado debe ser captado y conducido hacia una balsa o depósito de acumulación para desde allí ser tratado antes de ser evacuado al medio. El tratamiento más efectivo de los lixiviados es su minimización por lo que el diseño y la gestión correcta del depósito controlado es vital.

2.4.2. Residuos inorgánicos

Este tipo de residuos sólidos los podemos clasificar de la siguiente manera:

- Residuos de plástico

Entre los principales problemas relacionados con el reciclaje, el plástico se ha constituido en un fenómeno de indudable trascendencia, ya que hoy en día el hombre vive rodeado de objetos plásticos que en siglos anteriores no eran necesarios para la vida cotidiana.

Los plásticos se han fabricado para satisfacer las demandas de una gran variedad de usos, dando lugar a una industria donde la civilización debería llamarse la civilización del plástico, debido al papel determinante que ha desempeñado este material en su desarrollo, 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 lo que es un plástico, cómo se obtiene, cuáles son los tipos de plástico y sus aplicaciones y cuáles son los procesos de transformación del mismo.

Estas informaciones son importantes para quienes trabajan en la comercialización de plásticos e industrias de producción o transformación del

mismo. De tal forma surge como necesidad en este proyecto mostrar a una parte importante de la población las graves consecuencias del mal uso del plástico que va desde la manera de obtención, hasta los procesos que se utilizan para reciclarlos.

Cabe destacar que el plástico es una sustancia muy importante para el desarrollo de la industria ya que su material sintético o natural, que contiene como ingredientes esenciales sustancias orgánicas de elevada masa molecular llamadas polímeros, así mismo surge como problema asociado a la contaminación ambiental.

Muchas veces esta contaminación producto del desecho de los plásticos de alta y baja densidad, actualmente estos plásticos son muy utilizados a nivel comercial como envases, empaques, objetos varios de sustancias, artículos alimenticios o de uso diario, los cuales son desechados al medio ambiente luego de su utilización, como es evidente esta situación trae graves consecuencias a las comunidades como lo son las enfermedades, entre las cuales se encuentra el dengue; producida por el acumulación de basura y estancamiento de aguas negras sirviendo éstos como criaderos del zancudo.

Entre otras de las consecuencias importantes, se pueden mencionar las obstrucciones de las tuberías de aguas negras. Aunado a ello el desecho de estos materiales plásticos al ambiente provoca la disminución del embellecimiento de algunas áreas, establecimientos, municipios, ciudades; muchas de las ventajas de los productos plásticos se convierten en desventajas al momento que se desechan, ya sean los envases porque son desechables o bien cuando tiran objetos de plástico porque se han roto o deteriorado con el uso.

Si bien los plásticos podrían ser reutilizados o reciclados en su gran mayoría, lo cierto es que hoy estos desechos son un problema de difícil solución, fundamentalmente en las grandes ciudades. Es realmente una tarea costosa y compleja para los municipios encargados de la recolección y disposición final de los residuos ya que a la cantidad de envases se le debe sumar el volumen que representan.

Por sus características los plásticos generan problemas en la recolección, traslado y disposición final. Algunos datos alertan sobre esto. Por ejemplo, un camión con una capacidad para transportar 12 toneladas de desechos comunes, transportará apenas 6 ó 12 toneladas de plásticos compactados, y apenas 2 sin compactar. Las empresas vienen sustituyendo los envases de vidrio por los de plástico, retornable en un comienzo y no retornable en la actualidad. Esta decisión implica un permanente cambio en la composición de la basura, de esta manera, resulta claro que el abandono de estos materiales al medio ambiente representa un grave problema ambiental.

Un material candidato a sustituir al petróleo es el cáñamo, utilizable para todos los usos petroquímicos, pero que además es 100 por ciento biodegradable y altamente reciclable. Este tipo de residuos sólidos por su caracterización son de los más apetecibles para los recolectores, ya que con estos obtienen a cambio una remuneración económica más alta con respecto a los desechos orgánicos. Se puede apreciar que los residuos plásticos, tales como los de envases de líquidos como el del aceite de cocina, no son susceptibles de asimilarse de nuevo en la naturaleza, porque su material tarda aproximadamente unos 180 años en degradarse.

Ante esta cruda realidad, se ha establecido que el reciclado de tales productos de plástico, que ha consistido básicamente en colectarlos, limpiarlos, caracterizarlos por tipo de material y fundirlos de nuevo para re-usarlos como materia prima adicional, alternativa o sustituta para el moldeado de otros productos representa una buena alternativa.

De tal manera los seres humanos han obtenido y encontrado la forma adecuada de cómo evitar así la contaminación al ecosistema por estos productos que por su composición, materiales y componentes, no son fáciles de desechar de forma convencional.

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 plásticos biodegradables, a fines del siglo XX que el valor de petróleo a nivel mundial tuvo un descenso histórico, bajo en gran parte el interés por parte de los recolectores en cuanto al reciclaje, ya que era mayor el trabajo o costo a realizar que el bien económico a recibir por el mismo.

En los últimos meses dicha tendencia se ha revertido, además de producirse un aumento constante en el precio del petróleo y escasez en el monómero de etileno debido a las heladas en USA utilizado éste para calefacción, se ha tomado mayor conciencia de que las reservas petroleras se están agotando de manera alarmante.

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 “bio-plásticos”, de acuerdo con la IBAW (Asociación Internacional y Grupo de Trabajo de Polímeros Biodegradables) éstos 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 a esta información se ha establecido que el 10 por ciento de los plásticos que actualmente se emplean en la industria electrónica pueden ser reemplazados por bio-polímeros.

- Residuos de botellas de vidrio

Según estudios efectuados por CONADES (Comisión Nacional para el Manejo de los Desechos Sólidos), cada persona produce aproximadamente 37 kilogramos de vidrio al año, los beneficios ambientales que conllevaría su reciclaje serían de gran aportación en la disminución de los residuos sólidos

domiciliares, como factor de 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.

En el mercado hay envases de vidrio retornables que luego de un proceso automatizado de lavado para desinfección, pueden ser nuevamente utilizados para la misma aplicación o para alguna otra, además pueden ser reutilizados en múltiples oportunidades a un costo mínimo comparado con la fabricación de uno nuevo, el vidrio es 100 por ciento reciclable y mantiene el 100 por ciento de sus cualidades: 1 kilogramo de vidrio usado produce 1 kilogramo de vidrio reciclado.

El reciclaje consiste en que este tipo de residuos sólidos domiciliarios se deben lavar para desechar así los contaminantes, si existiesen. Ya 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 como económica que tendrán que efectuar es de bajos parámetros y así podrán obtener a cambio una remuneración económica atractiva.

En la fabricación del vidrio se utiliza, sílico, que le da resistencia al carbonato de calcio, 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 fusión de minerales, por ende existe un ahorro energético muy considerable.

- Residuos de envases tetra brick

Su comercialización inicia en 1963, son envases formados de varios materiales tal como los son lámina de cartón, otra de aluminio y otra de plástico. Una de sus 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 de envasado a fabricar los envases.

Este tipo de residuos sólidos domiciliarios en su recuperación del papel, cartón, plástico y aluminio, se pueden obtener planchas de aglomerado, las cuales 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 que posee éste tipo de desechos, la mayor parte es llevada a vertederos, siendo éste 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, éstos 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, tales como: papel, envases, embalajes, muebles, materiales de construcción y otros. La utilidad de estos productos tanto en la industria transformadora como en los comercios y hogares, genera también residuos y aunque 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 éste motivo se ve la necesidad de optimizar su utilización, sacando el mayor provecho posible de los residuos. La madera incluida en los residuos sólidos domiciliarios no se logran 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 el reciclaje de los mismos, 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, tales como 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 40-50 milímetros la principal aplicación de la madera astillada es la fabricación de tablero aglomerado. La industria utiliza entre un 60 por ciento a 80 por ciento 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), en la carpintería industrial (puertas).

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, siendo factor fundamental de éste la cultura y costumbres de cada población, siendo los beneficios del reciclaje de gran aportación para la conservación de nuestro 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, garantizando la mínima utilización de productos químicos y la depuración de las aguas residuales. Se considera un papel reciclado para escritura e impresión, aquel que como mínimo tiene un 90 por ciento 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 por ciento aproximadamente, frente al 50 por ciento 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 ello se necesita una gestión adecuada cuando dejan de ser útiles.

En varios países se mencionan que los residuos sólidos domiciliarios especiales son aquellos 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 cloro-fluorocarburos, más bien 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 (cloro-fluorocarburos), 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 ultra violeta 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 ultra violeta que la atraviesa.

Los efectos de este fenómeno son de gran negativismo para la humanidad, por una parte, porque la radiación ultravioleta es nociva para la mayoría de los seres vivos y por otra parte contribuye a la alteración climática. No todo es nocivo, existen piezas metálicas, plásticas, etc., que si pueden ser recicladas por medio de la caracterización de los residuos sólidos domiciliarios.

Los frigoríficos llevan un refrigerante y este producto no está permitido que lleve freones (que no lleve clorados o fluoroclorados), estos freones no se deben volver a la atmósfera y habría que vaciarlos en recipientes totalmente herméticos.

- 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 entre los que están:

- Acero

La recuperación de este tipo de desecho sólido domiciliario se realiza por medio de 3 vías las cuales son:

- Recogida selectiva (contenedor amarillo), frecuentemente o el designado por el caracterizador de residuos sólido domiciliarios por medio de la codificación de colores).
- Incineración.
- Aportación complementaria (recogida monomaterial en áreas de gran consumo y mediante los recuperadores tradicionales: chatarreros).

Los envases de hojalata (hierro), suponen una materia excelente para la fabricación de nuevo acero, dicha recuperación es simple gracias a sus propiedades magnéticas y su reprocesamiento en las acerías es sencillo pues supone una materia prima poco contaminada y fácilmente caracterizable.

Cuando la chatarra procede de múltiples lugares u orígenes, se debe clasificar en función de la pureza y de su contenido en hierro, así, las chatarras de gran pureza o de las que se conoce exactamente su procedencia (latas), pueden ser fundidas sin necesidad de procesos de refinado, mientras que en otros casos necesitan procesos de depuración y añadir los elementos de aleación precisos para obtener las especificaciones deseadas.

El acero utilizado para la refabricación de nuevo acero puede proceder de cualquier fuente, quizá la mayor sea la de la industria del automóvil (vehículos

chocados o repuestos), la chatarra procedente de residuos de construcción y demolición (tuberías, tapas registradoras, elementos estructurales, etc.), en ocasiones se encuentra contaminada con concreto, madera y otros materiales no metálicos, por lo que es preciso adecuarla para que pueda ser reutilizada. El proceso de reciclaje es complejo, ya que el material, fundido en hornos, debe someterse a un proceso de desestañado y extracción del aluminio.

Reciclar estas latas supone un ahorro del 74 por ciento de la energía utilizada en su producción original con materias primas. Con la recuperación del estaño, antes del reciclaje, se obtiene un 70 por ciento de estaño válido para su reutilización.

- Aluminio

El reciclaje del aluminio presenta dos ventajas bien definidas:

- El 100 por ciento de éste puede ser reciclado indefinidamente sin disminuir sus propiedades y calidad. Un claro ejemplo lo constituyen los envases de aluminio que pueden reciclarse obteniendo un producto con las mismas características y con el que se pueden volver a fabricar envases.
- El proceso de reciclaje supone un ahorro energético del 95 por ciento respecto a la producción a partir de la bauxita.

Estas dos circunstancias hacen que el reciclaje del aluminio sea económicamente viable, por lo que se viene recuperando de forma tradicional desde hace muchos años, actualmente se estima que en Guatemala se

recupera el 100 por ciento del aluminio procedente de recortes industriales, el 100 por ciento procedente de latas desechables y el 90 por ciento de automóviles y maquinaria. La recuperación de los residuos sólidos domiciliarios de envases de aluminio se lleva a cabo por medio de tres vías:

- Contenedor especializado (compactador), instalado por empresas dedicadas a la separación de desechos sólidos domiciliarios en condominios residenciales, edificios residenciales y otros.
- Contenedor (amarillo frecuentemente o el designado por el recolector), instalados para la recogida selectiva de envases en los condominios residenciales, edificios residenciales y otros. Los camiones municipales trasladan los residuos a plantas de caracterización, una vez realizada ésta son enviados a los recuperadores (no hay en Guatemala).
- Los envases defectuosos son retirados por los recuperadores directamente desde las fábricas de envasado.

Una vez que el reciclador recibe el material, puede clasificarlo por calidades para su posterior envío a la fundición, donde se obtienen nuevas placas de aluminio, tras sucesivas etapas de laminación, se transforman en bobinas que constituyen la materia prima para fabricar nuevos envases.

3. PRINCIPALES RESIDUOS SÓLIDOS

Los residuos sólidos principales son provenientes de domicilios, comerciales e industriales asimilables a urbanos. Según su origen, es posible clasificarlos de la siguiente manera:

Tabla II. **Clasificación de residuos sólidos**

Residuos domiciliarios (Casas particulares) Residuos comerciales (Restaurantes, minimarkert, etc)	<ul style="list-style-type: none">• Residuos orgánicos biodegradables.• Materiales recuperables como vidrio, papel, cartón y metal.• Materiales voluminosos (muebles, escombros) etc.• Residuos especiales (con contenidos de sustancias peligrosas ej.: pilas, envases de spray, etc).
Residuos Municipales	Desechos provenientes de aseo y mantención de aéreas publicas (barrido de calles, entre otros)
Residuos sólidos industriales (RIS)	RIS asimilables a RS domiciliarios

Fuente: <http://www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/residuos.html>. Consulta: 10 de agosto de 2012.

3.1. 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 tales como:

- Materia orgánica
- Papel y cartón

- Escombros, cenizas y lozas
- Plásticos, Textiles y cueros
- Metales
- Vidrios
- Huesos
- Otros (pañales, pilas, varios)

3.2. Origen y tipos de residuos sólidos, según la OMS

La Organización Panamericana para la Salud (OPS) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) elaboran indicadores de generación de residuos y desechos sólidos en función de las principales ciudades del mundo y las organizan según el tipo de ciudad y número de habitantes; estos indicadores son utilizados por la mayoría de los países latinoamericanos, a continuación una clasificación:

Tabla III. Tipos de residuos según (OMS)

FUENTES	TIPOS DE RESIDUOS
Doméstica	Alimentos, papel, embalaje, vidrio, metal, cenizas de basura doméstica, basura doméstica peligrosa.
Comercial	Alimentos, papel, embalaje, vidrio metal, cenizas de basura doméstica, basura doméstica peligrosa.
Industrial	Residuos de procesos industriales, metales, maderas, plásticos, aceites y residuos peligrosos.
Construcción y demolición	Tierra, cemento, madera, acero, plástico, vidrio, vegetación.

Fuente: <http://www.ex-alumnos.uda.cl/metalurgia/401/gestion.ambiental/05.Gestion.Ambiental.pdf>. Consulta: 10 de agosto de 2012

3.3. Origen y ubicación de los principales rellenos sanitarios alrededor del condominio en estudio

El origen y ubicación de los principales botaderos de basura de los alrededores del condominio 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.

Figura 3. **Almacenamiento de residuos sólidos**



Fuente: http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Basurero_de_la_zona_3_-_Guatemala.jpg.

Consulta: 30 de julio de 2012

3.4. Obtención de los residuos sólidos

Esta sección describe los diferentes tipos de servicios de recolección usados en áreas residenciales, comerciales e industriales, se conocerán las ventajas, desventajas y mecanismos de funcionamiento de dichos servicios, para posteriormente proponer alternativas en la solución del manejo de los desechos sólidos en el área bajo estudio.

El manejo de los desechos sólidos comprende diversas etapas, incluyendo su recolección. En ciudades pequeñas, donde los sitios de disposición final están cerca, el transporte y acarreo de los desechos no es un problema. Sin embargo, en grandes ciudades o cascos urbanos medianos, donde el transporte al sitio de disposición es mayor a dieciséis kilómetros, puede tener implicaciones económicas importantes.

El término recolección se refiere, no sólo a la recogida de los desechos sólidos de las diferentes fuentes, sino también el acarreo de éstos al lugar donde se vacía el contenido de los recipientes y demás medios de recolección.

Los sistemas de recolección varían conforme a las características topográficas del lugar, así mismo dependen del grado de desarrollo socioeconómico de la región a servir. Es importante destacar que el método con el cual se lleva a cabo la recolección, resulta ser generalmente la parte más importante del sistema mismo. Según la demanda del servicio y el grado de tecnificación de los equipos, los métodos de recolección se clasifican como sigue:

- Método de acera
- Método de esquina o parada fija
- Método intradomiciliario

- Método de contenedores

3.4.1. Método de acera

En este método, el personal que opera el vehículo recolector toma los recipientes con basura que han sido colocados sobre la acera o banqueta, por los usuarios del servicio, para después trasladarse hacia el vehículo recolector, con el fin de vaciar el contenido dentro de la sección de carga de dicho vehículo. Posteriormente los recipientes se devuelven al sitio de la acera de donde los tomaron, para que los usuarios atendidos los introduzcan, ya vacíos, a sus domicilios.

Para que se cumpla con lo antes descrito, se requiere de amplio civismo por parte de los usuarios, que el vehículo recolector transite a una velocidad relativamente baja en las calles, este método tiene más probabilidad de ser implementado en localidades urbanas que cuentan con calles de doble sentido y, de preferencia, con arriate central.

Este método presenta el inconveniente de que animales domésticos y no domésticos (perros, gatos y ratas), pueden verse atraídos por recipientes con basura sobre la acera, pudiendo en un momento dado, dispersar la misma al buscar su alimento y, dando por resultado que la recolección se lleve a cabo en forma más lenta.

Ventajas:

- La percepción en la calidad del servicio es positiva.

Desventajas:

- Requiere tiempos prolongados en la recolección

- Utiliza mayor cantidad de personal que otros métodos.
- Mínima participación de los usuarios.
- Costo mediano.

3.4.2. Método de esquina o de parada fija

Dentro de los diferentes métodos, se puede decir que éste es el método más económico y, es aquel mediante el cual los usuarios del sistema llevan sus recipientes hasta donde el vehículo recolector se estaciona, en un área determinada para prestar el servicio.

Una vez que los usuarios han llegado hasta el vehículo, forman una fila para que un operario tome el recipiente, lo entregue a otro más, que se encuentra dentro del vehículo, el cual vacía su contenido y lo regresa al primer operario quien, a su vez, lo devuelve al usuario. Dicha operación se repite tantas veces como sea necesario, hasta atender a todos los usuarios que hayan estado en el lugar de recolección establecido en la zona.

Ventajas:

- Mejora la imagen del servicio.
- La recolección se realiza en menor tiempo.
- Es un método bastante económico.

Desventajas:

- Requiere mayor personal de recolección.
- Requiere mediana participación de los usuarios.

3.4.3. Método intradomiciliario

Este método es semejante al anterior, la diferencia que presenta, es que los operarios del vehículo recolector, entran en las viviendas a recoger los recipientes con basura, luego los regresan hasta el mismo sitio de donde los tomaron, una vez de haberlos vaciado dentro del vehículo.

Este método de recolección resulta más costoso que el de acera y, aún más que el de esquina. De cualquier forma, este método hasta la época reciente fue el tradicional en la mayoría de países sudamericanos, sobre todo en los cascos urbanos y en los municipios de mayor concentración de desechos.

Ventajas:

- Mejora la percepción en la calidad del servicio.
- No requiere participación de los usuarios.

Desventajas:

- Requiere un elevado tiempo en la recolección.
- Utiliza mayor cantidad de personal.

3.4.4. Método de contenedores

El método de contenedores es semejante al de esquina en cuanto a que el vehículo recolector debe detenerse en ciertos puntos predeterminados para llevar a cabo la prestación del servicio. Este método requiere la existencia de equipo de almacenamiento temporal, el cual debe ubicarse en las zonas con

mayor generación y de difícil acceso. Este método es semejante al de esquina en cuanto a que el vehículo recolector debe detenerse en ciertos puntos predeterminados para llevar a cabo la prestación del servicio.

Puede decirse que este método es el más adecuado para realizar la recolección, como pueden ser hoteles, mercados, centros comerciales, hospitales, tiendas de autoservicio y zonas marginales.

Existen dos tipos de contenedores:

- Contenedores fijos: el camión recolector vacía el contenido de los contenedores y deposita el contenedor en su misma posición. Por lo general, el equipo cuenta con un sistema mecanizado, la capacidad de los contenedores varía entre 1 metro cubico y 7 metros cúbicos.
- Contenedores móviles: en este método, el vehículo transporta el contenedor lleno a la estación de transferencia o al sitio de disposición final. El equipo debe contar con un sistema mecanizado. Generalmente, se utilizan contenedores de capacidad mayor a los 10 metros cúbicos.

Ventajas:

- Disminuyen las frecuencias de recolección.
- Opera con el mínimo de personal.
- El recorrido se realiza en un tiempo mínimo.

Desventajas:

- Requiere amplia participación de los usuarios.
- Requiere inversión para el mantenimiento de los contenedores.
- La recolección debe respetar los tiempos establecidos para evitar focos de infección y malos olores.

En la mayoría de casos, los métodos de recolección mencionados no se cumplen tal y como fueron descritos, pues de alguna u otra manera siempre existe algún tipo de variación o alteración en cuanto al equipo, participación del usuario y número de empleados que prestan el servicio.

Mientras las actividades asociadas con el manejo y descarga de desechos, son parecidas para casi todos los sistemas de recolección, la forma de hacerlo variará en función de las características de las instalaciones, actividades o lugares donde se generan los mismos, ver figura 1.

No obstante la existencia de varios métodos establecidos de recolección, no debe pensarse que en todos los casos dichos métodos se cumplen tal y como fueron descritos, puesto que de una u otra manera siempre existe alguna variante en cuanto al equipo, participación del usuario y número de empleados que prestan servicio (por señalar algunas de ellas), que los diferencian de los antes mencionados.

Tabla IV. **Instalaciones, actividades o localizaciones típicas asociadas con varias clasificaciones de fuentes**

FUENTES	INSTALACIONES, ACTIVIDADES O LOCALIZACIONES DONDE SE GENERAN LOS DESECHOS	TIPOS DE DESECHOS SÓLIDOS
Residencial	Residencias unifamiliares y multifamiliares, edificios de departamentos, de poca, mediana y gran altura	Desechos de alimentos desperdicios, cenizas desechos especiales.
Comercial	Tiendas, restaurantes, mercados, edificios de oficinas, hoteles moteles, almacenes de impresos, reparación de automóviles, instalaciones medicas e institucionales, etc.	Desechos de alimentos, desperdicios, cenizas, desechos de demolición y construcción, desechos especiales, desechos ocasionalmente peligrosos
Municipal*	Como los anteriores*	Como los anteriores
Industrial	Construcción, fabricación, manufacturas ligeras y pesadas, refinerías, plantas químicas, madera, minería, generación de electricidad, demolición, etc.	Desechos de alimentos, desperdicios, cenizas, desechos de demolición y construcción, desechos especiales, desechos peligrosos.
Áreas libres	Calles, avenidas, parques, terrenos vacantes, terrenos de juego, playas, autopistas, áreas recreacionales, etc.	Desechos especiales, desperdicios
Sitios de Plantas de tratamiento	Agua, agua residuales y procesos industriales de tratamiento, etc.	Desechos de plantas de tratamiento, compuestos principalmente de lodos residuales
Agrícolas	Cultivos, huertos, viñedos, ordeñaderos, corrales de ganado y animales, granjas, etc.	Desechos de alimentos compuestos, desechos de agricultura, desperdicios, desechos peligrosos

*Normalmente se supone que el término municipal incluye tanto, a los desechos sólidos residenciales como comerciales producidos en la comunidad.

Fuente: Informe de Desarrollo Humano. Guatemala 2000.

3.5. Propiedades y características de los residuos sólidos orgánicos

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 ítems como materia orgánica, papales 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, estudio de políticas de gestión de manejo.

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

Tabla V. **Variaciones estacionales en la generación de residuos**

COMPONENTE	VALOR PROMEDIO %	ALTO (20,5 %) %	MEDIO ALTO (34,1 %) %	MEDIO BAJO (31.6 %) %	BAJO (13,7 %) %
Materia orgánica	49,3	48,8	41,8	54,7	56,4
Papeles y cartones	18,8	20,4	22,0	17,0	12,9
Escoria, cenizas y lozas	6,0	4,9	5,8	6,1	7,6
Plásticos	10,2	12,1	11,5	8,6	8,1
Textiles	4,3	2,3	5,5	3,5	6,0
Metales	2,3	2,4	2,5	2,1	1,8
Vidrios	1,6	2,5	1,7	1,3	1,0
Huesos	0,5	0,5	0,4	0,6	0,4
Otros	6,9	6,1	8,7	6,1	5,8

Fuente: Informe de Desarrollo Humano. Guatemala 2000.

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

En lugares donde la actividad de mejoramiento durante los meses de temporada de vacaciones puede aumentar en varias veces la media anual, aumentando la proporción de residuos domésticos y comerciales.

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.

3.5.1. Residuos sólidos generados a partir de aguas servidas municipales e industriales

En países desarrollados, el agua servida, comercial e industrial es colectada y tratada previo a regresarla a los cursos de aguas. El material removido durante el tratamiento es lodo, un material sólido que contiene típicamente un alto porcentaje de humedad. Los sólidos deshidratados pueden ser dispuestos en rellenos, aplicados a tierra como un mejorador de suelos o incinerado.

Los procesos industriales consumen una gran cantidad de agua para sus procesos. Las características de las aguas descargadas de las fuentes industriales son bastantes diferentes a las características de las aguas servidas domésticas en concentración, incluido los patógenos que generalmente están muy bajos o casi inexistente.

Generación de lodos a partir de la mejor tecnología de tratamientos de aguas servidas disponible (caso Estados Unidos de América).

Tabla VI. **Etapas de tratamiento**

Etapas de tratamiento	Litros de lodo por 1 millón de litros de agua servida municipal	Porcentaje de sólidos (%)
Tratamiento primario	2500 – 3000	3 – 7
Tratamiento secundario	15000 – 20000	0,5 – 2
Tratamiento terciario	1000 +	0,2 – 1,5

Fuente: Informe de Desarrollo Humano. Guatemala 2000.

3.5.2. **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 kilogramos, se calienta a 80 grados centígrados durante 24 horas, se pesa y se expresa en base seca o húmeda.

Figura 4. **Cálculo de humedad**

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

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: <http://www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/residuos.html>. Consulta: 12 de julio de 2012.

3.5.3. Densidad

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

- Densidad suelta: generalmente se asocia con la densidad en el origen. Depende de la composición de los residuos. Fluctúa entre 0,2 a 0,4 Tonelada sobre metro cúbico.
- Densidad transporte: depende de si el camión es compactador o no y del tipo de residuos transportados. El valor típico es del orden de 0,6 tonelada sobre metro cúbico.
- Densidad residuo dispuesto en relleno: se debe distinguir entre la densidad recién dispuesta la basura y la densidad después de asentado y estabilizado el sitio. En Chile la densidad recién dispuesta fluctúa entre 0,5 a 0,7 tonelada sobre metro cúbico y la densidad de la basura estabilizada fluctúa entre 0,7 a 0,9 tonelada sobre metro cúbico.

3.5.4. Poder calorífico

Se define como la cantidad de calor que puede entregar un cuerpo. 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 si. Se mide en unidades de energía por masa, [calorías / gramos], [Kilocalorías / kilogramo], Se mide utilizando un calorímetro.

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

Figura 5. **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: <http://www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/residuos.html>. Consulta: 12 de julio 2012.

Esta tabla presenta un resumen de valores de caracterización física de los residuos tomada de diferentes estudios y memorias de tesis:

Tabla VII. **Características físicas**

Características	Comuna de Santiago	Provincia de Quillota	USA	Argentina
Humedad (%)	66,000	50,700	30,10	51,400
Sólidos volátiles (%)	93,940	80,000	84,77	80,000
Cenizas (%)	6,060	20,000	15,23	20,000
PCS (cal/gr)	18,200	33,060	4020,00	3966,000
Carbono (%)		40,600	43,19	48,600
Nitrógeno (%)		1,160	1,14	1,500
Densidad suelta (ton/m3)	0,216	0,260		0,025

Fuente: <http://www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/residuos.html>. Consulta: 12 de julio 2012

4. ESTUDIO DE LAS CARACTERIZACIONES Y PROPIEDADES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

4.1. Estudio, cubicación, peso y clasificación

Para la realización de esta fase del trabajo de graduación se siguió la siguiente metodología: se realizaron visitas a un 50 por ciento de las viviendas (12 de 24 casas) del condominio residencial 6ta. Calle Villas de San José 1 zona 4 de Mixco, teniendo un promedio de habitantes por hogar de 5 a 6 personas y un ingreso familiar que oscila de Q 5 000 – Q 12 000.

Algo muy particular de este condominio es que el 85 por ciento de los padres de la familia se encuentran comprendidos entre las edades de 26 y 52 y sus hijos entre las edades de 3 y 18 años.

Se proporcionaron bolsas para así lograr una separación de los residuos domiciliarios que ellos producen durante la semana, siendo éstos evacuadas por los camiones recolectores tres veces por semana y transportándolos a los botaderos de basura autorizados.

Dicha separación domiciliar de bolsas almacenadoras de los residuos sólidos domiciliarios fueron codificadas de la siguiente manera:

Tabla VIII. **Clasificación por color de bolsa**

COLOR DE BOLSA	TIPO DE RESIDUO	CLASIFICACIÓN DE MATERIAL
ROJA	Orgánico Orgánico Orgánico	Residuo con restos de alimentos residuos con restos de poda y jardinería residuos con resto de huesos de animales
BLANCA	Inorgánico Inorgánico Inorgánico Inorgánico	Residuos plásticos residuos de envases de tetra-brick residuos de papeles y cartones residuos de muebles y electrodomésticos rotos
TRANSPARENTE	Inorgánico Inorgánico Inorgánico	residuos de botellas de vidrio y sus derivados residuos de escombros residuos de madera
NEGRA	Inorgánico Inorgánico Inorgánico	residuos de metal residuos de trapos y restos de ropa vieja residuos de neumáticos gastados

Fuente: elaboración propia.

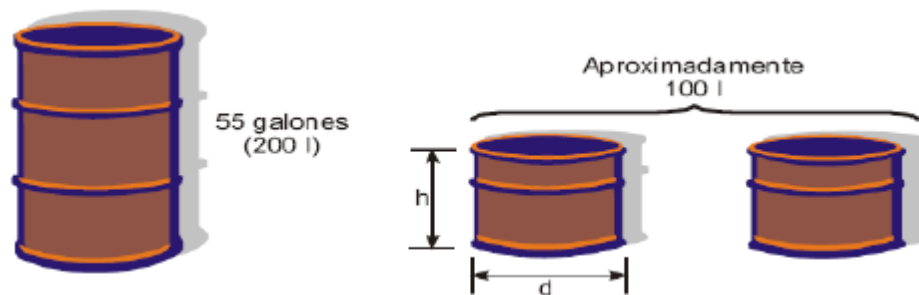
La caracterización de los residuos sólidos domiciliarios por sub-categorías fue realizada manualmente, obteniendo los resultados y gráficos que se verán posteriormente en este capítulo y en el siguiente.

Para la cubicación se utilizó un recipiente metálico de las siguientes dimensiones 58 centímetros diámetro x 49 centímetros Alto (ver figuras 6) y el

peso se obtuvo con una báscula cuyas dimensionales fueron en libras (ver figura 7).

El proceso de compactación fue efectuado con una tabla de 58 centímetros Diámetro unido perpendicularmente con un paral de 3" x 3" x 100 centímetros. formando así un mazo compactador.

Figura 6. **Recipientes recomendados por el CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria) para caracterización de desechos**



Fuente: CEPIS/OMS. Procedimientos Estadísticos para los Estudios de Caracterización de residuos sólidos. Consulta: agosto 2012.

$$\text{Volumen (V)} = 0,7854 \times d^2 \times h$$

$$\text{Densidad} = \text{Peso} / \text{Volumen}$$

4.2. Análisis del estudio de la caracterización de residuos sólidos

En este trabajo de investigación se pudo apreciar que las variantes principales para el aumento de los residuos sólidos domiciliarios son la fecha (feriado, descanso o día de pago), el poder adquisitivo entre un condómino y el otro, sus hábitos y costumbres, el clima.

- Se clasificarán los desechos según la tabla No. VI se colocarán en cada bolsa según la sea su clasificación.
- Se colocarán los desechos sobre el recipiente para obtener la muestra total según su clasificación
- En el recipiente se obtendrá el peso neto, la altura (H) suelta, y la altura (h) comprimida.

Figura 7. **Equipo utilizado**



Fuente: elaboración propia.

Figura 8. **Precaracterización de los residuos sólidos domiciliarios**



Fuente: elaboración propia.

Figura 9. **Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios por codificación de colores de las bolsas**



Fuente: elaboración propia.

Los muestreos fueron realizados 2 veces por semana, logrando así la obtención de resultados parciales semanales, quincenales y mensuales, cuyos resultados para el mes en el que fue realizado el estudio se presentan a continuación (ver tabla IX).

Tabla IX. **Tabulación de datos obtenidos 1**

Tipo de residuo	Clasificación de material	Peso (lb)	Altura (h) suelto (cm)	Altura (h) compactado (cm)	Total
Orgánico	Residuo con restos de alimentos	74,5	58,8	41,6	76,5
Orgánico	Residuos con restos de poda y jardinería	-	-	-	
Orgánico	Residuos con resto de huesos de animales	2,0	3,0	3,0	
Inorgánico	Residuos plásticos	17,0	44,0	13,5	59,5
Inorgánico	Residuos de envases de tetra-brick	1,0	2,0	1,0	
Inorgánico	Residuos de papeles y cartones	41,5	102,0	31,0	
Inorgánico	Residuos de muebles y electrodomésticos rotos	-	-	-	
Inorgánico	Residuos de botellas de vidrio y sus derivados	4,0	8,0	2,0	8,0
Inorgánico	Residuos de escombros	4,0	3,0	2,0	
Inorgánico	Residuos de madera	-	-	-	
Inorgánico	Residuos de metal	-	-	-	10,5
Inorgánico	Estaño	-	-	-	
Inorgánico	Plomo	-	-	-	
Inorgánico	Cobre	-	-	-	
Inorgánico	Bronce	-	-	-	
Inorgánico	Aluminio	5,0	15,6	7,0	
Inorgánico	Hierro	4,5	13,5	6,0	
Inorgánico	Residuos de trapos y restos de ropa vieja	1,0	2,0	2,0	
Inorgánico	Residuos de neumáticos gastados	-	-	-	

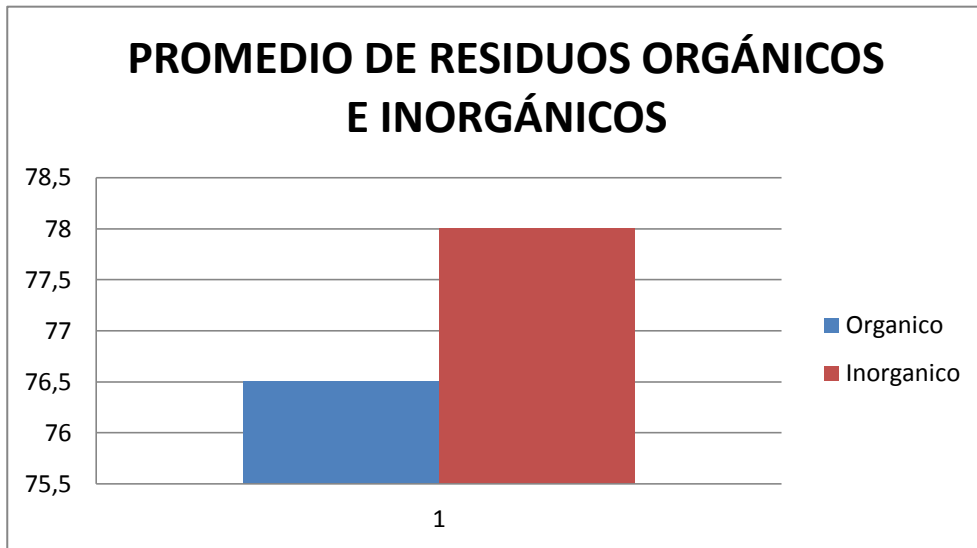
Fuente: elaboración propia.

4.3. Estudio de los resultados obtenidos en las encuestas y caracterizaciones del campo de cada una de las muestras

Se determinó que el 93 por ciento de las viviendas poseen de 5 a 6 habitantes, las viviendas que reflejan mayor porcentaje en los residuos sólidos orgánicos poseen hábitos alimenticios sanos, a diferencia de los que poseen residuos sólidos inorgánicos. Otro factor importante es que si uno o más de los miembros ingiere bebidas aumenta considerablemente sus residuos sólidos domiciliarios de metales, vidrios y plásticos. Si tienen niños menores a los 3 años los consumos y evacuación de papel es de trascendencia alta en sus residuos sólidos, si poseen mascotas decrecen sus residuos sólidos orgánicos con restos de alimentos o con huesos de animales.

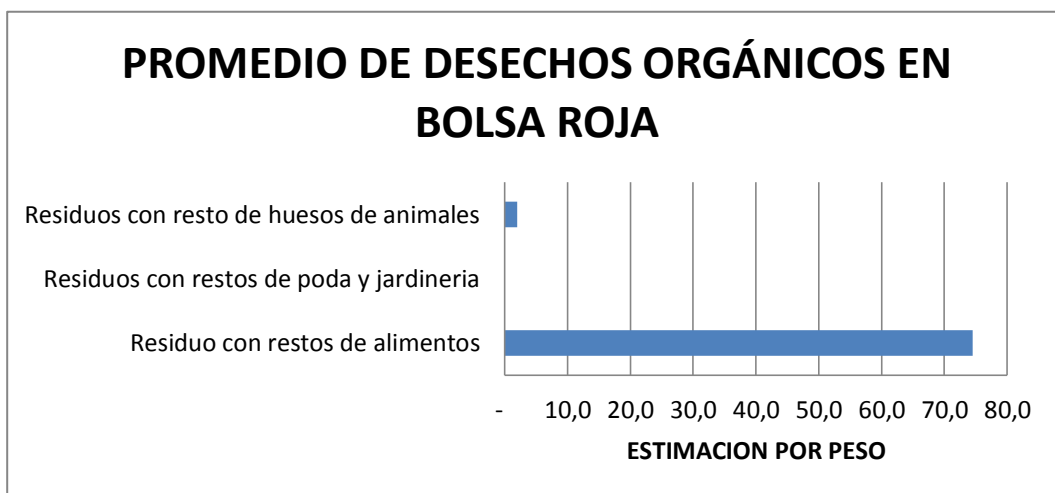
- Se tomaron muestras de la 6ta. calle del condominio Villas de San José 1 zona 4 de Mixco, Guatemala.
- En el condominio hay un total de 24 casas en total de las cuales se tomaron una muestra de 12 casas en estudio para poder promediar los residuos sólidos obtenidos en este condominio.
- Se tabularon los datos obtenidos y se obtuvieron las siguientes gráficas. (Ver figuras 10, 11, 12, 13, 14 15, 16).

Figura 10. **Gráfica promedio de residuos orgánicos e inorgánicos**



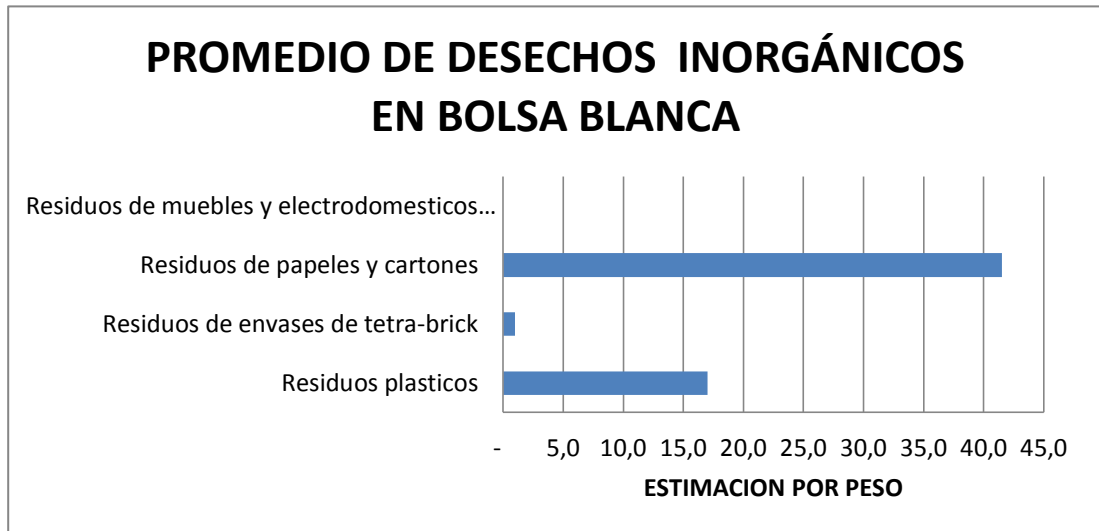
Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Gráfica promedio de residuos orgánicos en bolsa roja**



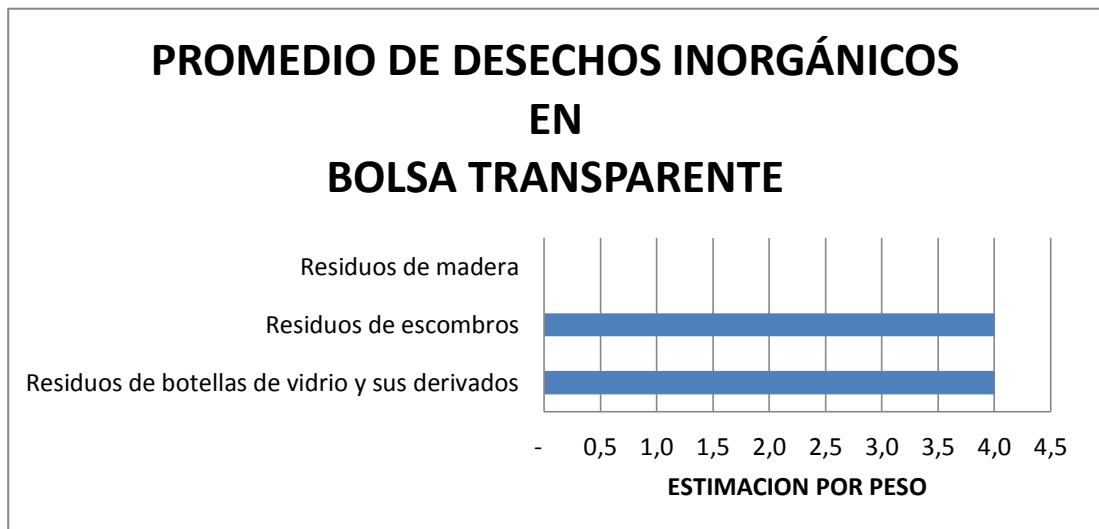
Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Gráfica promedio de desechos inorgánicos en bolsa blanca**



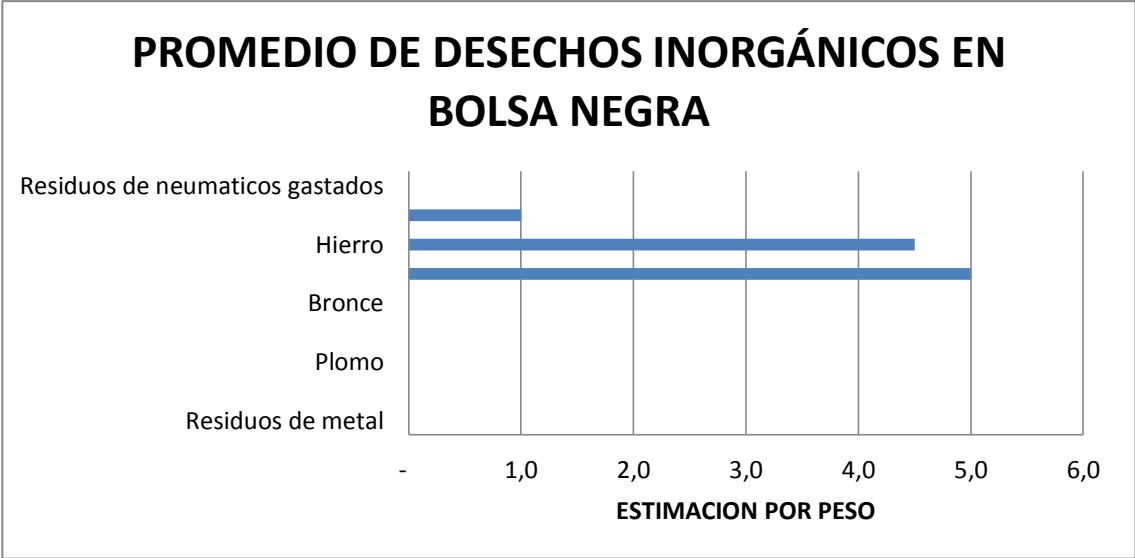
Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Gráfica promedio de desechos inorgánicos en bolsa transparente**



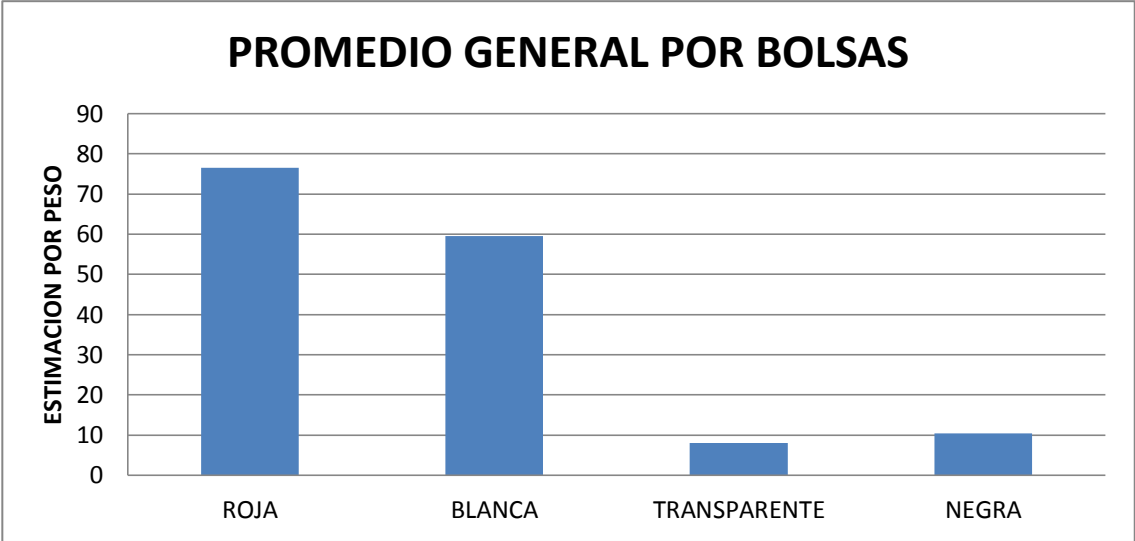
Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Gráfica promedio de desechos inorgánicos en bolsa negra



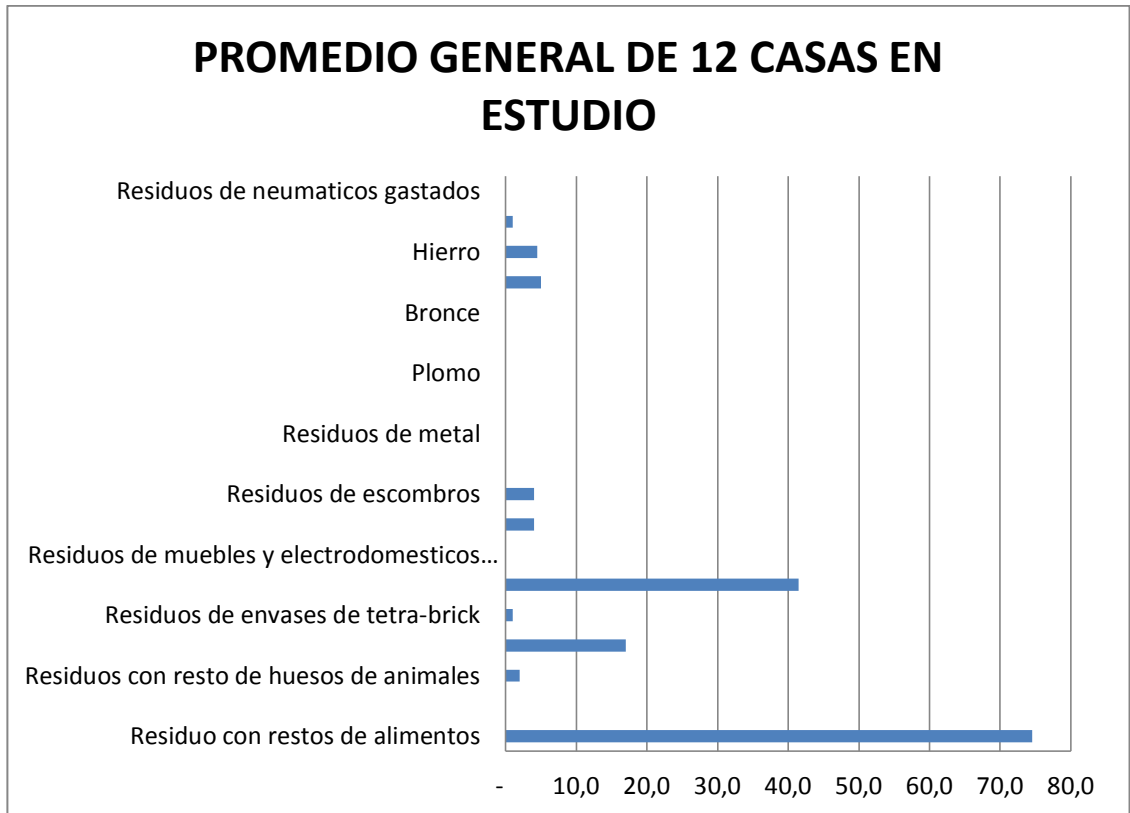
Fuente: elaboración propia.

Figura 15. Gráfica general por color de bolsa desechos inorgánicos



Fuente: elaboración propia.

Figura 16. Gráfica promedio residuos desechados en condominio



Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Gráfica caracterización contra peso de los residuos Sólidos domiciliarios del condominio residencial 6ta. Calle Villas de San José 1 zona 4 de Mixco**



Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta un análisis de los residuos sólidos por categorías y subcategorías.

4.4. Residuos orgánicos

En el estudio de campo realizado en éste trabajo de graduación, sobre la caracterización de los residuos sólidos domiciliarios orgánicos se comprobó que éstos representan el 52,30 por ciento del peso total mensual generado en el condominio residencial 6ta calle Villas de San José 1 zona 4 de Mixco, como se puede apreciar en la figura 17. La recolección de estos residuos es realizada en 3 fases:

- Fase A: residuos sólidos domiciliarios generados del domingo al lunes, la cual es evacuada por lo camiones recolectores el martes a las 4:00 pm.
- Fase B: residuos sólidos domiciliarios generados del martes al miércoles, la cual es evacuada por lo camiones recolectores el jueves a las 4:00 pm.
- Fase C: residuos sólidos domiciliarios generados del jueves al viernes, la cual es evacuada por lo camiones recolectores el sábado a las 6:00 am.

La fase de mayor generación de residuos sólidos orgánicos es la fase A, ya que ésta por ser la de período más extenso y porque abarca el fin de semana los condóminos permanecen la mayor parte de su tiempo en sus casas, utilizando más productos orgánicos para su consumo.

En la fase B y C, la gente opta más por los alimentos de preparación sintética, los cuales generan una mayor cantidad en peso de residuos sólidos inorgánicos, ya que sus viviendas la utilizan un 30 por ciento de su tiempo como casa dormitorio.

- Residuos con resto de alimentos

Éste tipo de residuos sólidos domiciliarios representa un 52,30 por ciento, (basura recolectada de 24 casas), una característica muy peculiar de este tipo de residuos es que su compactación en volumen es de una variante del 30,52 por ciento.

- Residuos con restos de poda y de jardinería

Una cualidad de éste tipo de residuos sólidos es cíclica y eventual, ya que varía según el clima, el tiempo libre de los condóminos y la accesibilidad económica para poder efectuar una poda y mantenimiento de sus áreas verdes, solo representan un 6,15 por ciento del peso de residuos sólidos recolectados en el mes, en este condominio.

- Residuos con huesos de animales

Estos residuos representan el 1,14 por ciento del peso de residuos sólidos recolectados en el mes en este condominio y su porcentaje de compactación es mínima debido a que su estructura puede variar de 0,5 a 7,8 por ciento, dependiendo la procedencia de los huesos.

4.5. Residuos inorgánicos

Estos residuos sólidos domiciliarios representan 47,70 por ciento del peso total mensual generado en el condominio residencial 6ta. Calle Villas de San José 1, zona 4 de Mixco, como se puede apreciar en la figura 17, está cifra a pesar de ser menor a la de los residuos sólidos domiciliarios orgánicos es alarmante ya que no toda esta basura es caracterizada para su reutilización y el tiempo que tarda esta en incorporarse a la naturaleza puede tardar cientos y en algunos casos miles de años, generando contaminación. Una de sus características principales es la de la compactación, ya que sus volúmenes son grandes y huecos lo cual es determinante para su almacenamiento.

- Residuos de plásticos

Este tipo de residuos sólidos es de los más apetecidos por los recicladores, ya que con poca inversión de mano de obra se pueden seleccionar y limpiar para su comercialización como materia prima. Representan el 9,82 por ciento, de un total de (residuos recolectados de 24 casas).

- Residuos de botellas de vidrio

Éste también es uno de los apetecidos pero en menor escala debido al riesgo que éste conlleva en manipuleo, representa un 2,44 por ciento del peso total mensual de residuos sólidos del condominio, ya que a nivel mundial este a sido casi del todo reemplazado por el plástico, por su costo y fragilidad.

- Residuos de envases tetra brick

Su principal característica son sus grandes volúmenes, poco peso y poder conservante de los alimentos a un costo bajo, éste tipo de empaques es todavía utilizado en menor proporción, ya que apenas inicia tomar gran aceptación en el mercado Guatemalteco, representa un 1,23 por ciento del peso total mensual de residuos sólidos del condominio.

- Residuos de escombros

Representan el 2,22 por ciento del peso total mensual de residuos sólidos del condominio.

- Residuos de maderas

Este tipo de residuos sólidos es bajo en proporción de desecho, ya que es utilizado por algunos condóminos para cocinar el fin de semana, reemplazando así el carbón o gas utilizado los días hábiles, representa 0,25 por ciento del peso total mensual de residuos sólidos del condominio.

- Residuos de papeles y cartones

Al igual que el plástico y el tetra brick, éste también se caracteriza por sus grandes volúmenes y altas propiedades de compactación; es también recolectado, pero debido a su bajo valor remunerativo en el mercado de las materias primas reutilizadas, el recolector tendrá que reunir una mayor cantidad en kilogramos para obtener una ganancia atractiva, los recolectores lo trabajan como un extra, representa el 20,79 por ciento del peso total mensual de

residuos sólidos del condominio, con un 50,16 por ciento de compactación en metros cúbicos.

- Residuos de muebles y electrodomésticos

Este tipo de residuos es eventual con 0 por ciento del peso total mensual de residuos sólidos del condominio.

- Residuos de metales

En general para reciclar, éste es uno de los más apetecidos, ya que con poco volumen pueden obtener mejor ganancia, según peso, ya que el tamaño es un factor muy importante para el costeo del flete, representa el 4,74 por ciento del peso total mensual de residuos sólidos del condominio, el 95 por ciento es representado por latas, por ende su volumen es relativamente significativo, con un 53,31 por ciento en metros cúbicos.

- Estaño

Debido a su valor cero no se tomaron en cuenta en el análisis.

- Plomo

Debido a su valor cero no se tomaron en cuenta en el análisis.

- Cobre

Debido a su valor cero no se tomaron en cuenta en el análisis.

- Bronce

Debido a su valor cero no se tomaron en cuenta en el análisis.

- Aluminio

Éste es uno de los metales más utilizados a nivel doméstico, debido a que el consumo de los condóminos de bebidas que vienen en esta presentación es más frecuente, tendiendo a un aumento significativo los fines de semana, feriados, descansos o días de pago, representa el 2,74 por ciento (residuos recolectados de 24 casas), con un 60,55 por ciento en metros cúbicos de compactación.

- Hierro

De los residuos sólidos domiciliarios de metales, el hierro es uno de fácil obtención pero de poca remuneración, ya que es comprado por quintal y tonelada. Su manipuleo es complicado por su poco volumen y elevado peso, representa el 1,46 por ciento del peso total mensual de residuos sólidos del condominio, con un 47,62 por ciento en metros cúbicos de compactación, ya que el 92 por ciento de los derivados de éste son latas.

- Residuos de ropa vieja

Es uno de los residuos sólidos domiciliarios que no tienen ninguna reutilización en la industria, solo sirve de vestimenta para los agujeros, representa el 2,15 por ciento, con un 30,13 por ciento de compactación.

Dependiendo la procedencia de sus fibras puede oscilar su tiempo de incorporación al ecosistema sin causar contaminación.

- Residuos de neumáticos

Este tipo de residuos es eventual con 0 por ciento del peso total mensual de residuos sólidos del condominio, ya que en su mayoría son manipulados en talleres.

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

5.1. Cálculo de la densidad de los residuos sólidos

Según las tablas de datos promedios tenemos valores de los cuales podemos obtener la densidad de los residuos analizados del condominio 6ta, calle Villas de San José 1, zona 4 de Mixco, según la especificación.

Fórmulas a utilizar:

$$\text{Volumen (V)} = 0,7854 \times d^2 \times h$$

$$\text{Densidad} = \text{Peso} / \text{Volumen}$$

$$\text{Peso} = \text{Masa} / \text{Gravedad}$$

Su principal variante para que el material sea más o menos denso es su volumen y en el espacio, ya que el peso siempre será una constante como podemos apreciar en las tabla VIII.

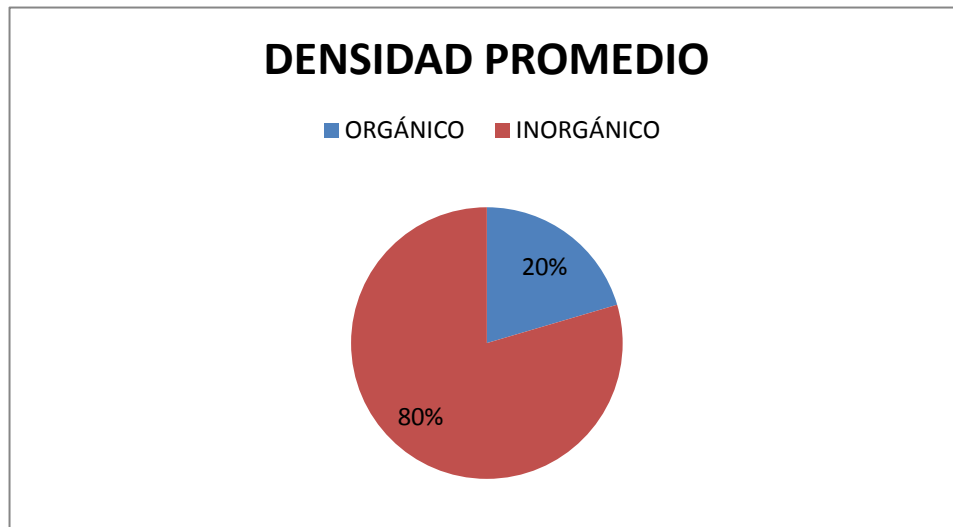
Los resultados obtenidos de las densidades tanto suelta como compactada de los cálculos realizados, se pueden apreciar en tablas VIII así como también su esquematización en las gráficas que se encuentran a continuación:

Tabla X. Tabulación de datos obtenidos 2

COLOR DE BOLSA	TIPO DE RESIDUO	CLACIFICACIÓN DE MATERIAL	PESO (lb)	ALTURA (H) SUELTO (cm)	ALTURA (h) COMPACTADO (cm)	TOTAL	MASA M=P/G	VOLUMEN COMPACTADO	DENSIDAD D=M/V
ROJA	Orgánico	Residuo con restos de alimentos	74,5	58,8	41,6	76,5	7,6	19,6	0,387
	Orgánico	Residuos con restos de poda y jardinería	-	-	-		-	-	
	Orgánico	Residuos con resto de huesos de animales	2,0	3,0	3,0		0,2	1,4	0,144
BLANCA	Inorgánico	Residuos plásticos	17,0	44,0	13,5	59,5	1,7	6,4	0,272
	Inorgánico	Residuos de envases de tetra-brick	1,0	2,0	1,0		0,1	0,5	0,216
	Inorgánico	Residuos de papeles y cartones	41,5	102,0	31,0		4,2	14,6	0,290
	Inorgánico	Residuos de muebles y electrodomésticos rotos	-	-	-		-	-	
TRANSPARENTE	Inorgánico	Residuos de botellas de vidrio y sus derivados	4,0	8,0	2,0	8,0	0,4	0,9	0,433
	Inorgánico	Residuos de escombros	4,0	3,0	2,0		0,4	0,9	0,433
	Inorgánico	Residuos de madera	-	-	-		-	-	
NEGRA	Inorgánico	Residuos de metal	-	-	-	10,5	-	-	
	Inorgánico	Estaño	-	-	-		-	-	
	Inorgánico	Plomo	-	-	-		-	-	
	Inorgánico	Cobre	-	-	-		-	-	
	Inorgánico	Bronce	-	-	-		-	-	
	Inorgánico	Aluminio	5,0	15,6	7,0		0,5	3,3	0,155
	Inorgánico	Hierro	4,5	13,5	6,0		0,5	2,8	0,162
	Inorgánico	Residuos de trapos y restos de ropa vieja	1,0	2,0	2,0		0,1	0,9	0,108
	Inorgánico	Residuos de neumáticos gastados	-	-	-		-	-	

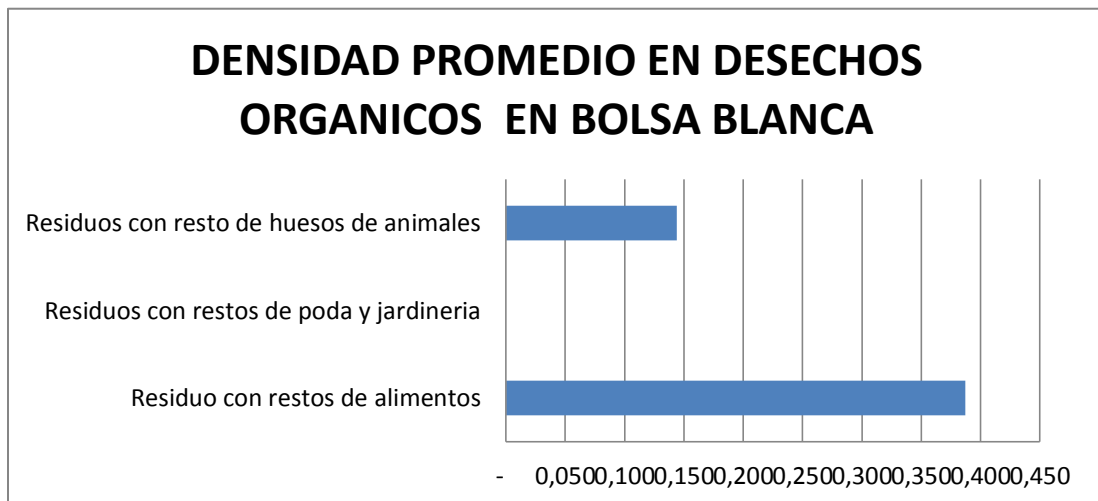
Fuente: elaboración propia.

Figura 18. **Densidad promedio de desechos orgánicos e inorgánicos**



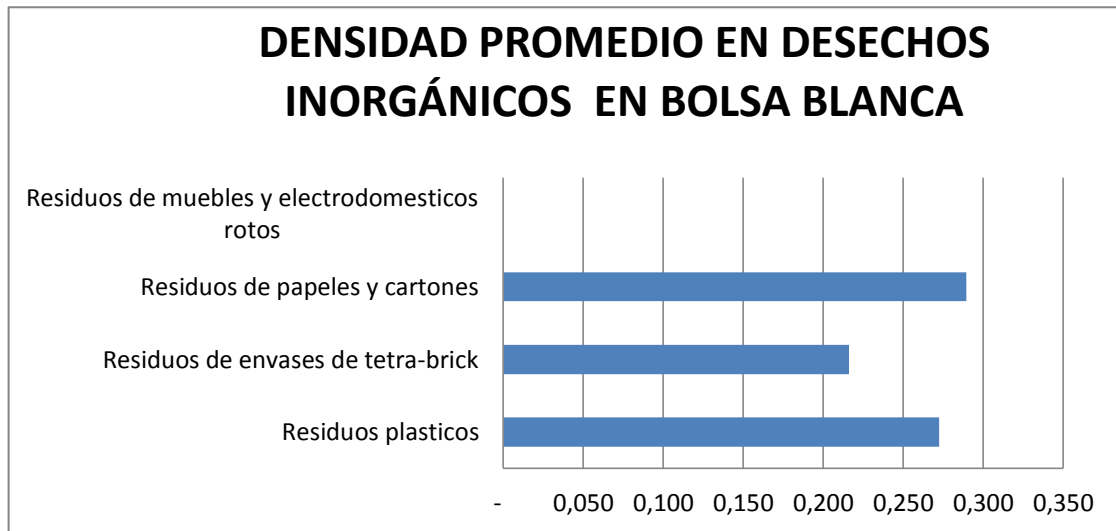
Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Densidad promedio de desechos orgánicos en bolsa roja**



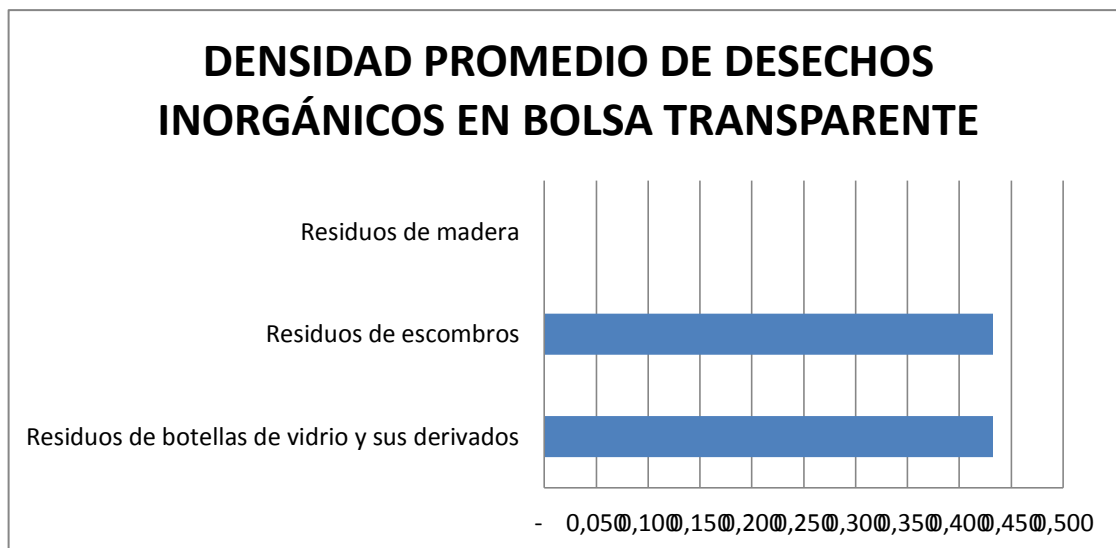
Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Densidad promedio de desechos inorgánicos en bolsa blanca**



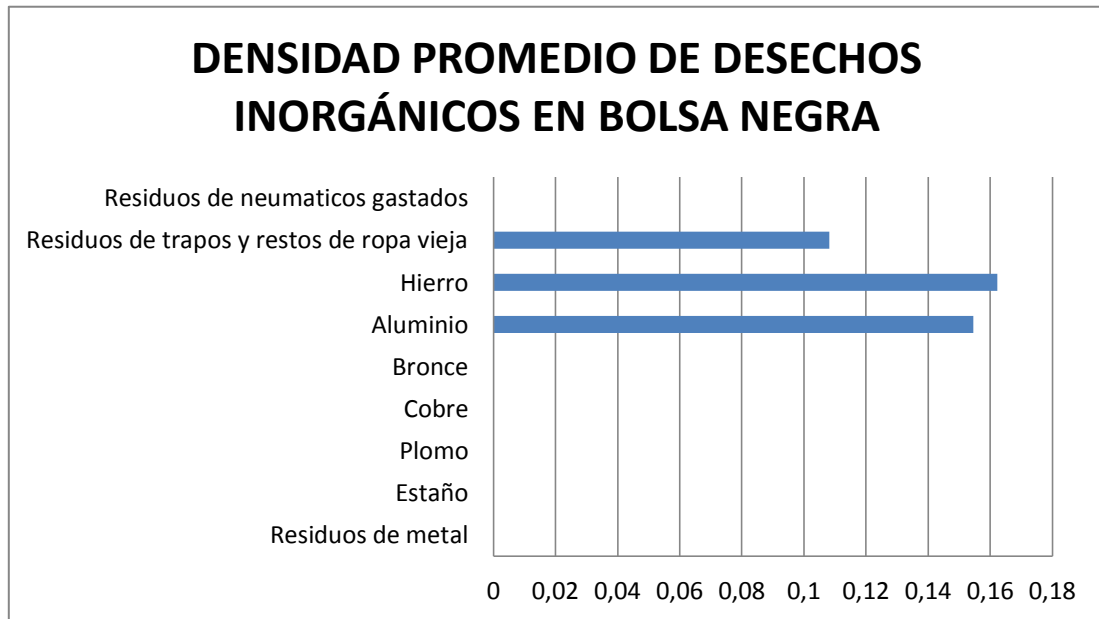
Fuente: elaboración propia.

Figura 21. **Promedio de desechos inorgánicos en bolsa transparente**



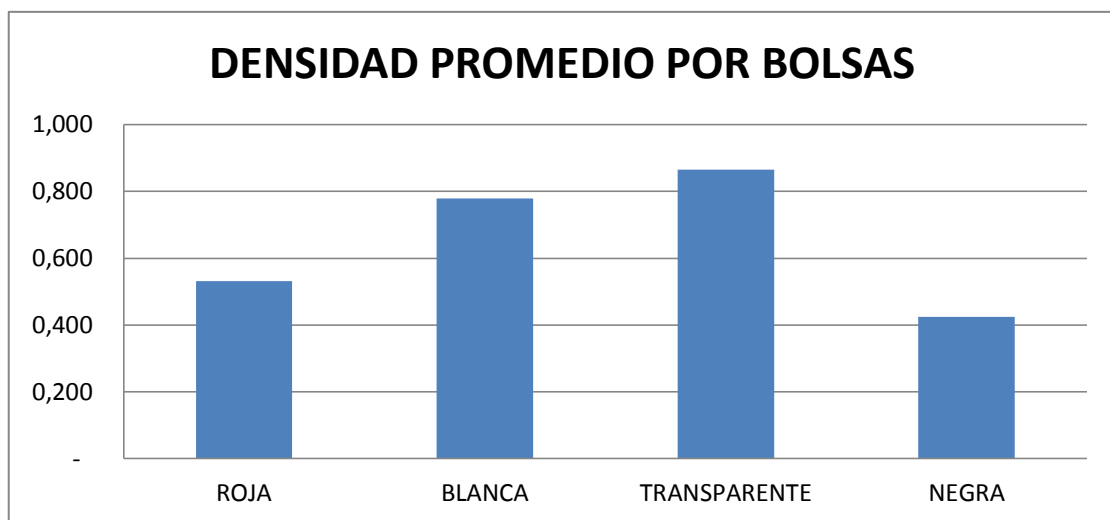
Fuente: elaboración propia.

Figura 22. Densidad promedio de desechos inorgánicos en bolsa negra



Fuente: elaboración propia.

Figura 23. Gráfica densidad promedio por bolsas



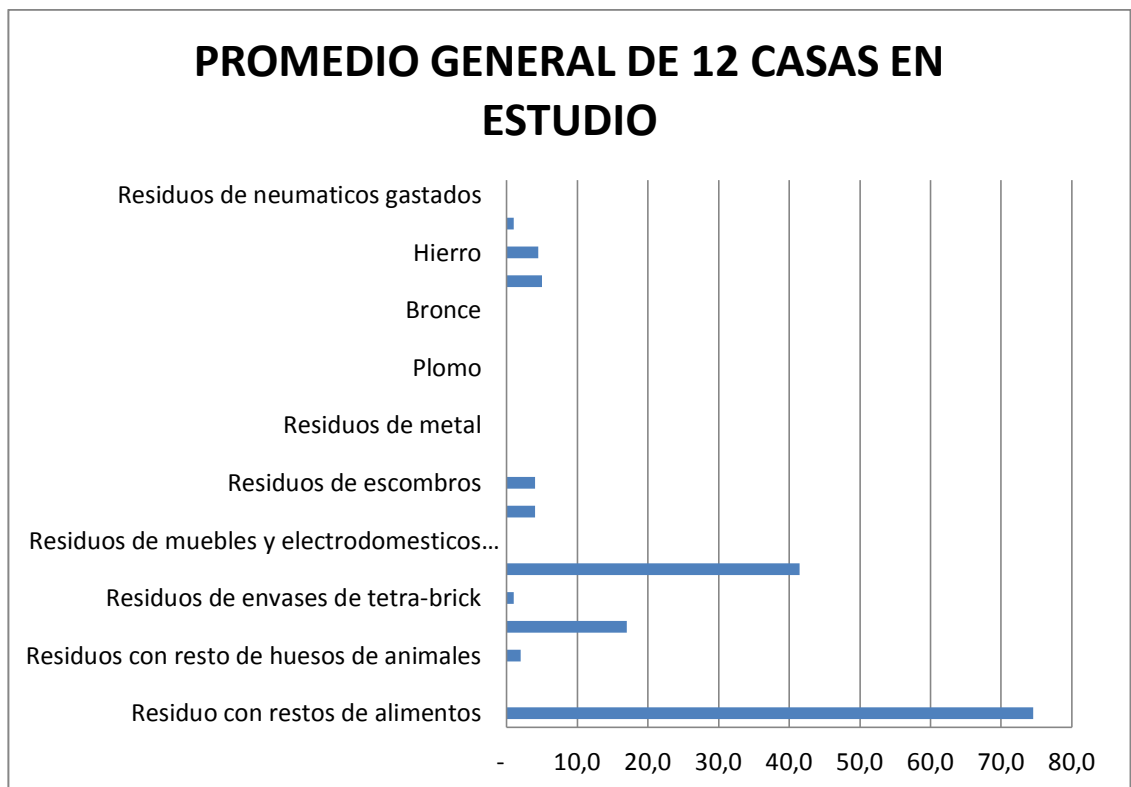
Fuente: elaboración propia.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1. Análisis de resultados obtenidos

Dentro del análisis de resultados se puede enmarcar que los residuos sólidos de este condominio en particular generan más residuos orgánicos. Recapitemos con esta gráfica promedio de los resultados obtenidos en la recolección de los residuos.

Figura 24. Gráfica promedio de datos



Fuente: elaboración propia.

En este trabajo de graduación se pudo apreciar que las variantes principales para el aumento de los residuos sólidos domiciliarios son la fecha (feriado, descanso o día de pago), el poder adquisitivo entre un condómino y el otro, sus hábitos y costumbres, el clima.

El mayor porcentaje de estos residuos domiciliarios lo representan los orgánicos, los cuales pueden ser reutilizados al 100 por ciento, por medio de compost, concentrados, energía, etc., pero éste tipo de transformación solo se podrían dar a gran escala con la ayuda municipal, internacional o privada debido a su alto costo. En cambio los residuos sólidos inorgánicos pueden ser manipulados y preparados para su reutilización por personal poco o nada calificado, teniendo un costo bajo, éste último siendo factor fundamental para la contaminación si no es tratado de inmediato.

6.2. Estudio de los resultados obtenidos en las encuestas y caracterizaciones de campo de cada una de las muestras

Se determinó que el 93 por ciento de las viviendas poseen de 5 a 6 habitantes, las viviendas que reflejan mayor porcentaje en los residuos sólidos orgánicos poseen hábitos alimenticios sanos a diferencia de los que poseen residuos sólidos inorgánicos. Otro factor importante es que si uno o más de los miembros ingiere bebidas aumenta considerablemente sus residuos sólidos domiciliarios de metales, vidrios y plásticos. Si tienen niños menores a los 3 años los consumos y evacuación de papel es de trascendencia alta en sus residuos sólidos, si poseen mascotas decrecen sus residuos sólidos orgánicos con restos de alimentos o con huesos de animales.

En la tabla VIII, la cual fue producto de los datos recopilados en el campo sobre la caracterización de los residuos sólidos domiciliarios contra los pesos; volúmenes sueltos; volúmenes compactados; densidades sueltas y densidades compactadas.

En porcentajes, logrando identificar que la mayor proporción de éstos fueron los residuos orgánicos con un total del 52,30 por ciento de peso total mensual, su porcentaje de contracción del volumen suelto con respecto al volumen compactado es del 30,67 por ciento (superior a la de los residuos sólidos inorgánicos) y su variante de la densidad suelta con respecto a la densidad compacta es del 1,52 por ciento; algunos de los residuos domiciliarios son más susceptibles a su contracción debido a su gran volumen y poca densidad.

Lo indicado anteriormente es de utilidad para la comuna de Mixco, ya que éstos ayudan al ecosistema por sus propiedades de reutilización y además son biodegradables; los que a su vez por medio de su caracterización se pueden transformar en compost, concentrado y gas metano, entre otros.

Debido a que la tecnología de reutilización es de alto costo no ha tenido mayor avance en Guatemala y por ende se ha quedado en un simple proyecto, el de ser ejecutado sería de beneficio para el país y para la empresa que lo ejecute, ya que la materia prima para generar esta energía sería de muy bajo costo.

Por otra parte, el 45,46 por ciento del peso total mensual generado en el condominio residencial, es representado por los residuos sólidos domiciliarios inorgánicos, su porcentaje de contracción del volumen suelto con respecto al volumen compactado es del 9,37 por ciento y su variante de la densidad suelta

con respecto a la densidad compactada es del 0,57 por ciento. Estos residuos sólidos son de los más cotizados por su valor remunerativo al momento de su recolección y bajo costo para su manipulación y comercialización, los cuales se describen a continuación por orden de aportación al botadero de basura:

- Papeles y cartones
- Plásticos
- Aluminio
- Vidrios
- Escombros
- Trapos y ropa vieja
- Hierro
- Tetra brick
- Madera

CONCLUSIONES

1. En general se observó que la generación de residuos ha sufrido cambios notorios en conductas de consumo y eliminación de residuos.
2. Con los recursos y el tiempo para realizar el estudio se caracterizó un total de 24 viviendas de muestras en un condómino de niveles económicos estándares para determinar el tipo de residuos que generan. Adicionalmente se realizó el estudio en 12 viviendas para promediar el tipo de residuos que generan.
3. Con la caracterización de los desechos sólidos se puede hacer una estimación del tipo de productos que se consumen y como la economía global afecta directamente en la producción de residuos sólidos. Se obtuvo como resultado que en el condominio se produce un 71,95 por ciento de materia orgánica, 17 por ciento de envases y productos plásticos, un 5 por ciento en papel y cartón y un 2 por ciento en vidrio; y la producción diaria de residuos sólidos en este condómino es un promedio de 0,51 toneladas.
4. Con la caracterización realizada se pudo observar el comportamiento de los desechos sólidos, así como evaluar y mejorar los métodos de recolección y tratamiento y disposición final, dando como resultado que se puedan implementar estaciones de reciclaje y reutilización de los materiales.

5. Debido a que el mayor porcentaje de desechos sólidos son de tipo orgánico, se pueden realizar los distintos estudios para crear un sistema de compostaje que pueda servir para activar una economía para el municipio.

6. El volumen aumenta a medida que el nivel socio-económico sea mayor, esto se debe a que los estratos socio-económicos más altos tienden a producir mayores plásticos y metales lo que hace que ocupen un mayor volumen, y por consiguiente su densidad sea menor, por el contrario el estrato bajo genera más residuos orgánicos y menos plásticos, por lo que su densidad es mayor.

RECOMENDACIONES

1. Se debe adecuar un plan de separación de los residuos domiciliarios, ésta deberá ser efectuada por los propietarios de los inmuebles, por medio de un método determinado por las autoridades correspondientes o usar este método que se utilizó aquí por codificación de colores de las bolsas recolectoras.
2. En los sitios destinados para la disposición final se debería implementar un plan de caracterización de los residuos sólidos a efecto de establecer un reglamento interno, que establezca la forma de recolección, para que su reciclaje se pueda optimizar y tenga menos efectos a ambiente.
3. Las autoridades correspondientes, deberán hacer una campaña para promover dichos sistemas de recolección y así poder establecer nuevos sistemas de recolección de residuos sólidos.
4. En todos los lugares donde se practique este método de la pre-caracterización de los residuos sólidos domiciliarios debe garantizarse que su proceso no sea factor contaminante al medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

1. BROWN SALAZAR, Doreen. *Guía para la gestión del manejo de residuos sólidos municipales*. Guatemala: USAID, Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, 2003. 73 p.
2. GÁLVEZ CATALÁN, Javier Antonio. *Caracterización de los desechos sólidos*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 165 p.
3. GÓMEZ PALACIOS, Vera Priscila. *Análisis de la Agenda 21 y su impacto en las políticas sobre el manejo y eliminación de los desechos sólidos en Guatemala*. Trabajo de graduación Licenciatura en Ciencias Políticas. Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Ciencias Políticas, 2005. 103 p.
4. LÓPEZ SAJQUIM, Débora Paola. *Concesión de servicio público, manejo de desechos sólidos*. Trabajo de graduación Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Derecho, 2005. 202 p.
5. Ministerios libre infancia. *Qué es el basurero*. [en línea] <http://calefanweb.blogspot.com/2009/08/la-vida-en-elbasurero.html>, [Consulta: septiembre de 2010].

6. Organización Panamericana de la Salud. *Análisis sectorial de residuos sólidos para Guatemala*: OPS/OMS, 2012. 10 p.
7. PALMA, Claudia. *Un guatemalteco genera en promedio 434 libras de basura al año*. El Periódico [en línea]. <http://www.elperiodico.com.gt/es/20070721/14/41805/>, [Consulta: septiembre 2010].
8. Universidad Rafael Landívar. *Perfil ambiental de Guatemala 2006, tendencias y reflexiones sobre la gestión ambiental*. Guatemala: URL, 2006. 162 p.