



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

**CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DEL
CONDominio VILLAS DE LA MESETA, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ,
DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ**

Teresa Alejandra Ángel Enríquez

Carné: 2005 1682

Ingeniera Civil

Asesorada por el Ing. Pedro Aguilar Polanco

Guatemala, mayo de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



**CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DEL
CONDominio VILLAS DE LA MESETA, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ,
DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

TERESA ALEJANDRA ANGEL ENRÍQUEZ

ASESORADA POR EL ING. PEDRO AGUILAR POLANCO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA CIVIL

GUATEMALA, MAYO DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE LA JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Claudio Castañon Contreras
EXAMINADOR	Ing. Nicolás de Jesús Guzmán
EXAMINADOR	Ing. Marco Antonio García Díaz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DEL CONDominio VILLAS DE LA MESETA, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 15 de octubre de 2008.

Teresa Alejandra Angel Enríquez



Guatemala, 26 de febrero de 2009

Ingeniero
Sydney Alexander Samuels Milson
Director de Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

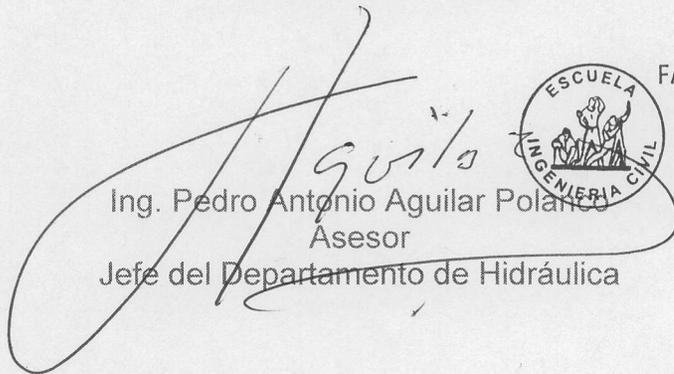
Señor director:

En mi calidad de Asesor y de Jefe del Departamento de Hidráulica de la Escuela de Ingeniería Civil, me permito informar que he procedido a la revisión final del trabajo de graduación: Caracterización de residuos sólidos domiciliarios del condominio Villas de la Meseta, San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez, desarrollado por la estudiante universitaria Teresa Alejandra Ángel Enríquez, carnet No.200516082, el cual después de haber sido debidamente corregido lo doy por aprobado, por lo que le agradeceré se sirva continuar con los trámites pertinentes.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente.

Id y Enseñad a Todos

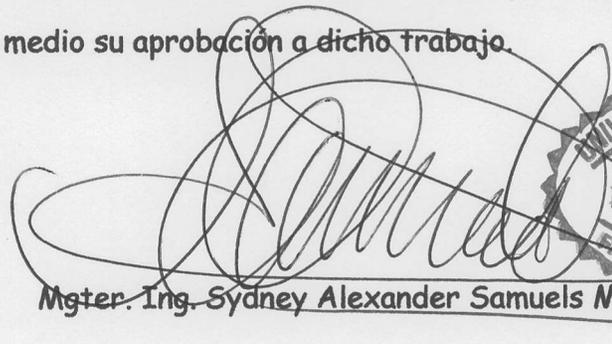

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Asesor
Jefe del Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor y Jefe del Departamento de Hidráulica, Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco, al trabajo de graduación de la estudiante Teresa Alejandra Ángel Enríquez, titulado **CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DEL CONDOMINIO VILLAS DE LA MESETA, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.



Mgster. Ing. Sydney Alexander Samuels Milson

Guatemala, mayo 2009

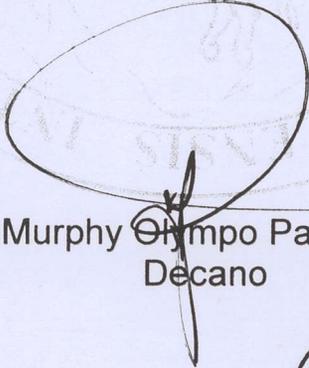
/bbdeb.



Ref. DTG.116.09

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DEL CONDOMINIO VILLAS DE LA MESETA, SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ**, presentado por la estudiante universitaria **Teresa Alejandra Ángel Enríquez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, mayo de 2009



/cc

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por iluminarme a lo largo de mi vida, por protegerme y guiarme hacia el camino del éxito.
Mis padres	Pedro Alfonso Angel López. Silma Elizabeth Enríquez Ramos Por su amor, dedicación y esfuerzo, quiero que sientan que el objetivo logrado también es de ustedes, porque la fuerza que me ayudó a conseguirlo fue su apoyo.
Giovanni Corado	Por el apoyo incondicional a lo largo de nuestra formación como profesionales.
Ing. Pedro Aguilar	Por brindarme su apoyo y conocimientos en el desarrollo de este trabajo de graduación.
Amigos	Por el trabajo en equipo que nos llevó al triunfo.

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Mis padres

Pedro Alfonso Ángel López.

Silma Elizabeth Enríquez Ramos

Mi hermano

Allan Ángel Enríquez

Giovanni Corado

Familia y amigos

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	III
LISTA DE ABREVIATURAS	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	IX
OBJETIVOS	XI
INTRODUCCIÓN	XIII
1. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	
1.1. Composición de los residuos	1
1.2. Características de los residuos	3
1.3. Clasificación por estado	4
1.4. Clasificación por origen	4
1.5. Clasificación por tipo de manejo	5
1.6. Generación de residuos sólidos	6
1.7. Ciclo de los residuos sólidos domiciliarios	7
2. METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LA COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES	11
3. DATOS BÁSICOS DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ	
3.1. Ubicación geográfica	13
3.2. Aspectos topográficos	13
3.3. Clima	13
3.4. Población	13
3.5. Distribución y topología de vivienda	14
3.6. Aspectos económicos	14
3.7. Servicios existentes	14
3.8. Condominio Villas de la Meseta, San Lucas Sacatepéquez	15

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DEL ESTUDIO	
4.1. Resultados de la encuesta	17
4.2. Características de los residuos sólidos domiciliarios del condominio Villas de la Meseta	18
4.3. Cálculo de la generación de residuos sólidos del condominio Villas de la Meseta	20
5. DISPOSICIÓN FINAL	
5.1. Análisis de la disposición actual de los residuos sólidos domiciliarios del condominio Villas de la Meseta	23
5.2. Riesgo asociado al manejo de los residuos sólidos	25
5.3. Propuesta del manejo adecuado de los residuos sólidos domiciliarios	25
5.3.1. Minimización de la generación de residuos sólidos	27
5.3.2. Acciones para la minimización	28
5.3.3. Soluciones técnicas de minimización	29
5.3.4. Reciclaje de los residuos sólidos orgánicos	29
5.3.5. Reciclaje de los residuos sólidos inorgánicos	34
5.3.5.1. Reciclaje de papel	34
5.3.5.2. Reciclaje de plásticos	36
5.3.5.3. Reciclaje de vidrio	40
5.3.5.4. Reciclaje de aluminio	42
5.3.5.5. Reciclaje de pilas y baterías	44
5.3.5.6. Reciclaje de aceites usados	45
CONCLUSIONES	47
RECOMENDACIONES	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
ANEXOS	55

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Volumen del cilindro	3
2	Ejemplo de residuos sólidos domiciliarios generados durante dos días por una familia de 4 personas, en condominio Villas de la Meseta	8
3	Vista aérea del condominio Villas de la Meseta	15
4	Gráfico de los resultados obtenidos en la caracterización de residuos sólidos domiciliarios del condominio Villas de la Meseta, San Lucas Sacatepéquez	19
5	Esquema del laboratorio de sólidos de AMSA	23
6	Esquema de acciones para lograr la minimización de residuos sólidos domiciliarios	26
7	Sistema de compostaje por volteo mecánico	31
8	Proceso de compostaje en pilas con volteo	31
9	Material entregado a las familias del condominio Villas de la Meseta para la separación de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos	57

TABLAS

I	Composición de los residuos sólidos domiciliarios del condominio Villas de La Meseta, San Lucas Sacatepéquez, resumen	19
II	Plásticos termoestables	37
III	Plásticos termoplásticos	38
IV	Hogares por forma de disposición de la basura, según departamento, municipio y lugar poblado	55

V	Datos recopilados en la investigación de campo, en condominio	58
	Villas de la Meseta	
VI	Datos recopilados en la investigación de campo, en condominio	59
	Villas de la Meseta	

LISTA DE ABREVIATURAS

AMSA	Autoridad para el manejo sustentable de la cuenta y del lago de Amatitlán
COCODE	Consejo Comunitario de Desarrollo
INE	Instituto Nacional de Estadística
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
kg	Kilogramo
kg/hab/día	Kilogramo por habitante, por día
kg/m ³	Kilogramo por metro cúbico
PPC	Producción por habitante o per cápita
Q	Quetzales
RSD	Residuos sólidos domiciliarios
%	Porcentaje

GLOSARIO

Cómpost	Es el material que se genera a partir de la descomposición de los residuos sólidos orgánicos y sirve como mejorador del suelo agrícola, parques y jardines y recuperación de tierras no fértiles.
Minimización	Es el conjunto de medidas destinadas a reducir la producción de residuos sólidos domiciliarios.
Producción per cápita	Es la generación de residuos sólidos expresada en kilogramos por habitante y por día.
Reciclaje	Es la reutilización de los residuos sólidos, sean tratados previamente o no.
Residuo sólido	Es el conjunto de materiales sólidos de origen orgánico e inorgánico que no tienen utilidad práctica o valor comercial para la persona o actividad que los genera.
Residuo sólido inorgánico	Son los desechos no biodegradables, como por ejemplo: vidrio, metal, plástico, etc.
Residuo sólido orgánico	Son los sólidos que pueden fermentarse, por ejemplo: cáscaras de frutas, estiércol, malezas, etc.

Vectores

Son los organismos capaces de portar y transmitir un agente infeccioso.

RESUMEN

Guatemala, considerado como uno de los países más ricos en cuanto a flora y fauna a nivel mundial, está constituido por 22 departamentos, uno de ellos Sacatepéquez, que al mismo tiempo está conformado por 16 municipios. El municipio de San Lucas Sacatepéquez es uno de ellos; en el cual el 60% de los pobladores cuenta con un servicio de recolección de residuos sólidos.

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

Este trabajo de graduación contempla un estudio de caracterización de residuos sólidos domiciliarios generados por los habitantes del condominio Villas de la Meseta del municipio de San Lucas Sacatepéquez, ubicado a 2.5 km del casco urbano, población que se sitúa dentro del estrato socio-económico medio. Trabajo que servirá de herramienta esencial para la planificación del manejo y disposición final de dichos residuos sólidos promoviendo las mejores prácticas, adecuadas a los resultados obtenidos, enfocándose en la minimización, reutilización o reciclaje de los residuos sólidos domiciliarios.

OBJETIVOS

General:

- Caracterizar los desechos sólidos del condominio Villas de la Meseta, San Lucas Sacatepéquez, Guatemala.

Específicos

1. Establecer teóricamente las características generales de los desechos sólidos.
2. Estimar las cantidades de residuos sólidos orgánicos y residuos sólidos inorgánicos generadas por kg/habitante/día.
3. Identificar la densidad suelta de cada tipo de residuo sólido domiciliar.
4. Generar información para mejorar el manejo y la gestión de los residuos sólidos.
5. Proponer un plan para la disposición final de los residuos sólidos domiciliarios de la comunidad estudiada.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación corresponde al informe final de la caracterización de residuos sólidos domiciliarios, llevada a cabo en el condominio Villas de la Meseta, ubicado en el municipio de San Lucas Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez, en Guatemala.

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

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

1. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES

Material que no representa una utilidad o un valor económico para el dueño, el dueño se convierte por ende en generador de residuos. Desde el punto de vista legal lo más complicado respecto a la gestión de los residuos, es que se trata de un tema que depende del punto de vista de dos, quien genera y quien fiscaliza.

Los residuos están compuestos de diversos materiales y se puede clasificar de varias formas, tanto por estado, origen como por características.

1.1. Composición de los residuos

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

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

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

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

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

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

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

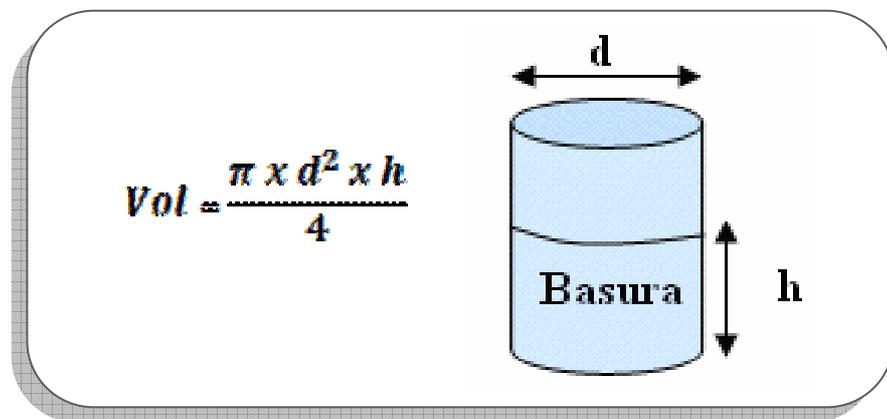
1.2. Características de los residuos

1.1.1. Peso: en física, es la medida de la fuerza que ejerce la gravedad sobre la masa de un cuerpo. Para efectos de este tipo de estudios, se puede determinar el peso de los contenedores de residuos sólidos con balanzas, básculas o dinamómetros. Los resultados deberán estar en kg, para el Sistema Internacional de medidas, o en lb para el Sistema Inglés.

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

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

Figura 1 Volumen del cilindro



1.1.3. Densidad: seguido de la toma de datos de peso y volumen, se procede al cálculo de la densidad de la basura dividiendo el peso de la basura entre el volumen del recipiente:

$$Densidad = \frac{Peso}{Volumen}$$

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

1.3. Clasificación por estado

Un residuo es definido por estado según el estado físico en que se encuentre. Existen por lo tanto tres tipos de residuos desde este punto de vista: sólidos, líquidos y gaseosos, es importante notar que el alcance real de esta clasificación puede fijarse en términos puramente descriptivos o, como es realizado en la práctica, según la forma de manejo asociado: por ejemplo un tambor con aceite usado y que es considerado residuo, es intrínsecamente un líquido, pero su manejo va a ser como un sólido pues es transportado en camiones y no por un sistema de conducción hidráulica.

1.4. Clasificación por origen

Se puede definir el residuo por la actividad que lo origine:

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

1.4.2. Comercial: son residuos generados en establecimientos comerciales y mercantiles, tales como almacenes, depósitos, hoteles, restaurantes, cafeterías y plazas de mercado.

1.4.3. Hospitalarios: son aquellos generados durante el diagnóstico, tratamiento, prestación de servicios médicos o inmunización de seres humanos o animales, en la investigación relacionada con la producción de éstos o en los ensayos con productos biomédicos.

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

1.4.5. Industriales: son residuos generados en actividades industriales, como resultado de los procesos de producción, mantenimiento de equipo e instalaciones y tratamiento y control de la contaminación

1.4.6. Construcción o demolición: son aquellos que resultan de la construcción, remodelación y reparación de edificios o de la demolición de pavimentos, casas, edificios comerciales y otras estructuras.

1.5. Clasificación por tipo de manejo

Se puede clasificar un residuo por presentar algunas características asociadas al manejo que debe ser realizado:

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

1.5.2. Inerte: residuo estable en el tiempo, el cual no producirá efectos ambientales apreciables al interactuar en el medio ambiente.

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

1.6. Generación de residuos sólidos

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

La PPC es un parámetro que evoluciona en la medida que los elementos que la definen varían. A grandes rasgos se puede decir que la PPC varía de una población a otra, de acuerdo principalmente a su grado de urbanización, su densidad poblacional y su nivel de consumo

o nivel socioeconómico. Otros elementos, como los periodos estacionales y las actividades predominantes también afectan la PPC.

Para Guatemala, las características de cada población pueden investigarse a través del Instituto Nacional de Estadística.

Según el rasgo de urbanización, en Guatemala se puede denotar una clasificación urbano/rural, a nivel socioeconómico alto/medio/bajo y por periodos estacionales verano/invierno.

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

$$PPC = \frac{Kg \text{ recolectados}}{No. de habitantes}$$

Finalmente se calcula la PCC promedio de todas las viviendas.

1.7. El ciclo de los residuos sólidos domiciliarios

Se compone de dos fases:

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

- **Recolección:** esta etapa consiste en retirar los residuos sólidos domiciliarios de cada punto de generación.

Figura 2 Ejemplo de residuos sólidos domiciliarios generados durante dos días, por una familia de 4 personas, en condominio Villas de la Meseta



- **Transporte:** es aquel que lleva el residuo, es decir, trasladar la basura recolectada, generalmente por camiones, hasta su lugar de destino –ya sea una planta de tratamiento intermedio o directamente al sitio de disposición final- o bien, sólo hasta las llamadas estaciones de transferencia, donde los residuos son transbordados a camiones de mayor capacidad y tonelaje para transportarlos a su lugar de destino a menor costo por tonelada. El transportista puede transformarse en generador si el vehículo que transporta derrama su

carga, o si cruza los límites municipales, o si acumula lodos u otros residuos del material transportado.

- **Tratamiento intermedio:** son sistemas productivos que utilizan los residuos como materia prima y que, en su proceso, generan a su vez desechos que requieren de un lugar de disposición final. El tratamiento incluye la selección y aplicación de tecnologías apropiadas para el control y tratamiento de los residuos peligrosos o de sus constituyentes. Así, contribuyen a disminuir la cantidad de residuos que deben ser eliminados, prolongando la vida útil de los sitios de disposición final. Los tratamientos intermedios más conocidos son la incineración, el compostaje y el reciclaje.
- **Disposición final:** sitio donde toman lugar las últimas acciones para el manejo de los residuos sólidos, ya sea generados por los tratamientos intermedios o la disposición directa de los residuos sólidos domiciliarios, como un relleno sanitario.

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

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

1. Se zonificó la población a estudiar, delimitándola gráficamente.
2. Se determinó el número de muestras representativas o tamaño de la muestra dentro del estrato socioeconómico medio, tomando en total un 20% de la población.
3. Se elaboró una boleta de encuesta para obtener información respecto a la forma de disponer de los residuos sólidos domiciliarios (ver anexo).
4. Se redactó una carta dirigida al alcalde de la municipalidad, donde se detallan los objetivos del estudio, con el fin de obtener un respaldo para que los pobladores colaboraran con confianza en este proyecto.
5. Se procedió a elegir las viviendas con las que se trabajaría.
6. Se encuestó a los pobladores (ver anexos).
7. Se instruyó a los vecinos y se proporcionaron bolsas de dos tipos a cada vivienda para la separación de los residuos sólidos de cada domicilio, depositando los residuos orgánicos en bolsas negras y los residuos inorgánicos en bolsas transparentes. Además se entregó un material explicativo para que toda la familia estuviera al tanto del proyecto (figura 10, ver anexos).

8. Cada día, 3 veces a la semana durante un mes, se tomó lectura del peso y volumen de los residuos sólidos, los cuales se anotaron en un formato. Para ello se utilizó un dinamómetro, con capacidad de 25 kg y sensibilidad de 0.25 kg. Para determinar la densidad suelta se tomaron bolsas de residuos sólidos de cada tipo al azar, luego se depositaron en un recipiente, el cual fue previamente pesado vacío, se tomaba lectura del peso y se determinaba la altura ocupada por los residuos dentro del recipiente. Para el cálculo de la densidad compactada el procedimiento fue similar, con la única diferencia que los residuos sólidos fueron comprimidos manualmente.

9. Una vez obtenida la información se procesaron los resultados.

3. DATOS BÁSICOS DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ

El municipio de San Lucas Sacatepéquez se encuentra situado al este del departamento de Sacatepéquez, con una extensión territorial de 24.5 km². El territorio se está distribuido en cuatro aldeas: Choacorrál, Zorzoyá, El Manzanillo, La Embaulada; cuatro caseríos: San José, Chichorín, Chiquel y Chicamén, diecisiete fincas entre las que destacan: La Suiza, La Cruz Grande, San Juan, Santa Marta, La Esmeralda, San Ramón, California, Los Ángeles, Xelajú, Lourdes, y cincuenta y una granjas.

3.1. Ubicación geográfica: se encuentra a 2,062.85 m SNM, con una latitud de 14°36'29" y longitud de 90°39'32".

3.2. Aspectos topográficos: su topografía es irregular, ya que pertenece al complejo montañoso del Altiplano Central. Las alturas oscilan entre 2,000 y 2,200 m sobre el nivel del mar.

3.3. Clima: varía de templado a frío, con temperaturas que oscilan entre los 13°C y 25°C, la precipitación anual acumulada es de 1376.30 mm y humedad de 48%, según los datos obtenidos de la estación meteorológica Suiza Contenta, del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH).

3.4. Población: según las últimas estadísticas del Instituto Nacional de Estadística (INE) 2008, San Lucas Sacatepéquez cuenta con 25,798 habitantes de los cuales el 48.97% son hombres y el 51.03% son mujeres. La tasa de mortalidad es del 1.55%, similar a la tasa de natalidad, que es del 1.32% y una tasa de fertilidad del 10.78%,

3.5. Distribución y tipología de viviendas: como es común en Guatemala, el casco urbano y sus alrededores son los sectores con densidades poblacionales más altas, actualmente se están construyendo urbanizaciones y residenciales fuera del límite urbano del casco, incrementando la población en las aldeas. El 74.92% de las viviendas del municipio están construidas con paredes de block, el 5.95% de madera, el 4.61% de lámina, el 3.84% de ladrillo y el 10.68% de otros materiales (concreto, adobe, bajareque). El 64.3% de las viviendas posee techo de lámina, el 23% losa fundida y el 12.7% otros materiales como teja y láminas de asbesto cemento.

3.6. Aspectos económicos: San Lucas Sacatepéquez cuenta con diversos comercios e industrias, lo que genera actividades económicas. Dentro de sus comercios e industrias se puede mencionar: centros comerciales, maquilas, actividades agrícolas y pequeños comercios como panaderías, cafeterías, ferreterías, farmacias, salones de belleza, librerías, etc.

3.7. Servicios existentes: debido a que San Lucas Sacatepéquez se encuentra próximo a la capital y a la ciudad de Antigua Guatemala, cuenta con fácil acceso a los siguientes servicios. En el área de educación cuenta con: escuela de educación preprimaria, escuela de educación primaria, centros educativos privados, instituto básico. En el área de economía y comercio cuenta con: sistema bancario, industrias, maquilas, mercado, centros comerciales, gasolineras, panaderías, aserraderos, distribución de materiales para construcción, etc. En el área de salud: centro de salud, farmacias, laboratorio y clínicas médicas. Otros servicios: servicio de telefonía móvil, bomberos voluntarios, talleres, etc.

3.8. Condominio Villas de la Meseta, San Lucas Sacatepéquez: está ubicado en el kilómetro 32.5 carretera a la Antigua Guatemala. A 2.5 km de San Lucas. El condominio cuenta con áreas recreativas, garita de seguridad, tiendas de conveniencia, bosques con churrasqueras y caminamientos. Los terrenos de las viviendas cuentan con áreas entre los 118 m² a 152 m².

El proyecto habitacional fue construido utilizando mampostería, las viviendas son de dos niveles. Cada ambiente se distribuye como se describe a continuación.

- Primer nivel: jardín delantero, garage para un carro. Ambiente de sala-comedor con chimenea, baño completo de visita, cocina, patio interior amplio.
- Segundo nivel: dormitorio principal (terraza estilo dos aguas), dos dormitorios secundarios y baño familiar.

Figura 3 Vista aérea del condominio Villas de la Meseta



4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DEL ESTUDIO

4.1. Resultados de la encuesta

El día viernes 7 de noviembre de 2008 se realizó la encuesta para el estudio de “Caracterización de residuos sólidos domiciliarios” a los vecinos del condominio Villas de la Meseta. Los resultados obtenidos se presentan a continuación.

Se encuestaron 36 viviendas, equivalente a 127 personas, de ellas el 90% aceptó separar la basura en su hogar para facilitar el proceso de reciclaje. Este 90% de hogares pasa a ser el 100% de las casas en estudio para la “Caracterización de residuos sólidos domiciliarios del condominio Villas de la Meseta, San Lucas Sacatepéquez, Guatemala”.

El 100% de los encuestados cuentan con un servicio de recolección de residuos sólidos, el cual es privado en todos los casos, por el servicio pagan un monto de Q. 35.00 mensuales. Este servicio cubre la recolección de residuos sólidos 3 veces por semana; los días Lunes, Jueves y Sábado, entre 7:00 a 8:00 am.

El 93% de los encuestados concuerda con el sistema de recolección de residuos sólidos del condominio es bueno en calidad, mientras que el resto opina que es regular. A pesar de ello, el 100% coincide con que el servicio nunca ha faltado a su labor, incluso trabajan en días festivos.

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

En cuanto al tema de reciclaje, el 100% de los encuestados está consciente de que parte de su basura puede reciclarse, argumentando que desechan latas y botellas que pueden ser utilizadas nuevamente, también comentan que lo que algunos consideran basura del jardín, ellos lo utilizan como abono.

También el 100% de la población está consciente que el mal manejo de la basura puede causar un impacto negativo en su salud.

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

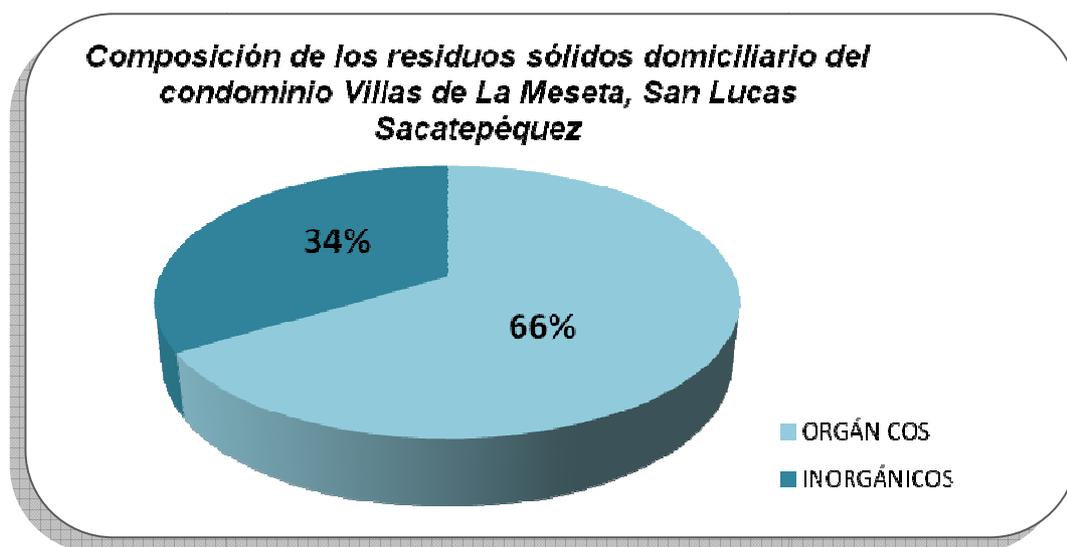
4.2. Características de los residuos sólidos domiciliarios del condominio Villas de la Meseta

- Clasificación por estado: residuos sólidos
- Clasificación por origen: domiciliarios
- Clasificación por tipo de manejo: no peligroso
- Composición de los residuos: se determinó la composición de los residuos sólidos de Villas de la Meseta separando la materia orgánica de la inorgánica. Para ellos se tomó el peso en kilogramos de cada contenedor, a partir de estos datos se calcularon los porcentajes en que estos se generan. A continuación se presenta una tabla resumen con los datos obtenidos en el estudio de campo.

Tabla I Composición de los residuos sólidos domiciliarios del condominio Villas de La Meseta, San Lucas Sacatepéquez, resumen.

SEMANA	RESIDUOS SÓLIDOS	
	ORGÁNICOS	INORGÁNICOS
	<i>Datos en kg</i>	
1o. Semana	53.50	22.30
1o. Semana	145.75	75.50
1o. Semana	74.75	65.25
2o. Semana	100.75	43.75
2o. Semana	142.50	66.25
2o. Semana	73.00	49.00
3o. Semana	85.45	41.20
3o. Semana	133.25	70.85
3o. Semana	74.95	48.80
4o. Semana	87.05	44.85
4o. Semana	154.50	61.30
4o. Semana	125.75	48.25

Figura 4 Gráfico de los resultados obtenidos en la caracterización de residuos sólidos domiciliarios del condominio Villas de la Meseta, San Lucas Sacatepéquez.



Fuente: elaboración propia

- **Volumen:** para calcular el volumen de los residuos orgánicos e inorgánicos se utilizó un recipiente cilíndrico de 21,937.89 cm³, con un peso de 1 kg.
- **Densidad:** utilizando la siguiente fórmula se determinó la densidad promedio de los residuos sólidos domiciliarios del condominio Villas de la Meseta:

$$Densidad = \frac{Peso}{Volumen}$$

- Densidad suelta: Datos en kg/m³

ORGÁNICO	INORGÁNICO
236.04	82.41

- Densidad compactada manualmente:
Datos en kg/m³

ORGÁNICO	INORGÁNICO
263.06	94.88

4.3. Cálculo de la generación de residuos sólidos del condominio Villas de la Meseta

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

El parámetro se calculó utilizando la siguiente expresión:

$$PPC = \frac{Kg \text{ recolectados}}{No. de habitantes}$$

Finalmente, se calculó la PCC promedio de todas las viviendas obteniendo un resultado de 0.56 kg/hab/día. Compuesta por 0.37 kg/hab/día de materia orgánica y 0.19 kg/hab/día de materia inorgánica.

- Producción según nivel económico: el campo de aplicación de esta trabajo de graduación abarca a las poblaciones con características económicas similares a las del grupo estudiado, situando a los habitantes de Villas de la Meseta en un nivel económico medio, dentro del municipio de San Lucas Sacatepéquez. Tomando en cuenta otras características del condominio Villas de la Meseta, como la tipología de la vivienda y la forma de eliminación de los residuos sólidos domiciliarios (servicio de recolección de basura privado), se pueden aplicar los resultados para:

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|
| ✓ Colonia Los Alpes | ✓ Lot. Vistas de San Lucas II |
| ✓ Residenciales El Ensueño | ✓ Colonia Dos Robles |
| ✓ Residenciales Vista Azul | ✓ Lot. Rosales de San Lucas |
| ✓ Residenciales Florentina | ✓ Lotificación Montezuma |
| ✓ Colonia Jardines de San Lucas | ✓ Lot. Residencial Las Marías |
| ✓ Tierra Linda | ✓ Colonia Prados de San Lucas |
| ✓ Colonia Jardines de San Lucas I | ✓ Lotificación San Jorge |
| ✓ Colonia Jardines de San Lucas II | ✓ Jardines de Emanuel |
| ✓ Colonia Jardines de San Lucas V | ✓ Condominio Las Mercedes |
| ✓ Granjas Santo Domingo | ✓ Condominio San José |
| ✓ Colonia Jardines de San Lucas A | ✓ Residencial Los Encinos |
| ✓ Lotificación Vistas de San Lucas I | |

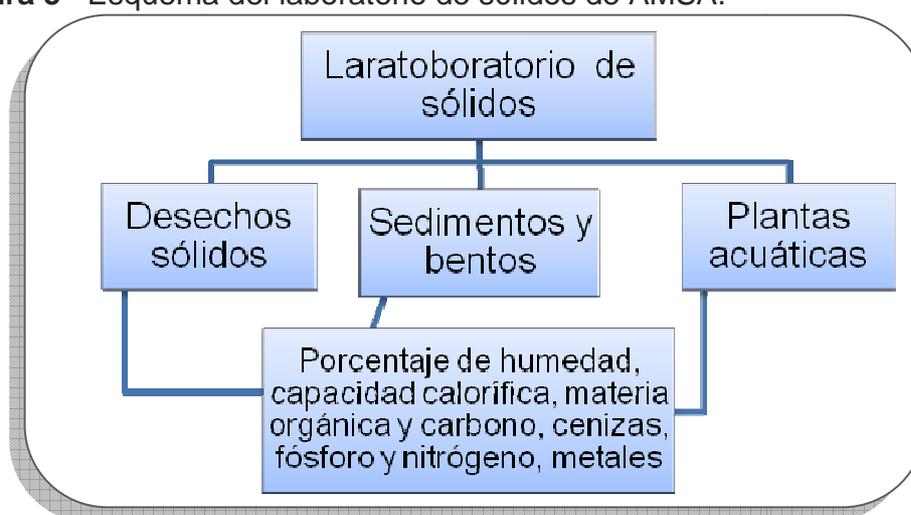
5. DISPOSICIÓN FINAL

5.1. Análisis de la disposición actual de los residuos sólidos domiciliarios del condominio Villas de la Meseta

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

La disposición final de los residuos sólidos domiciliarios tanto del condominio de Villas de la Meseta como del municipio de San Lucas Sacatepéquez se realiza en un lugar localizado en el kilómetro 22 CA-9, de la carretera al Pacífico (Bárceñas, municipio de Villa Nueva). Este lugar pertenece a Autoridad para el manejo sustentable de la cuenta y del lago de Amatitlán , entidad creada desde 1996, quien se encarga de identificar lugares alternativos de características adecuadas para la disposición final (rellenos sanitarios), con base en estudios técnicos iniciales, obtenidos de su propio laboratorio de sólidos.

Figura 5 Esquema del laboratorio de sólidos de AMSA.



Fuente: www.amsa.gob.gt 2009

Actualmente esta entidad, también se ha encargado de difundir información educacional a las comunidades que hacen uso de sus servicios. En el año 2008 se realizó una reunión con los directores de distintos centros educativos de San Lucas Sacatepéquez, donde se coordinaron actividades del programa de Capacitación Comunitaria, que instruye a maestros; a través de este proyecto se demuestra la fragilidad de los ecosistemas, lo fácil que se contaminan y lo difícil de su recuperación. Lamentablemente este programa sólo se lleva a cabo en los centros educativos del municipio, quedando excluidos todos los estudiantes de municipios aledaños, al igual que todos aquellos que no asisten a ningún centro de este tipo y habitan en este lugar.

Entre otras acciones positivas del mismo año, fue la reunión del Alcalde Municipal, señor Yener Plaza, con el personal de AMSA e integrantes del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) del casco urbano de la localidad, teniendo como objetivo mejorar la recolección de residuos sólidos a través implementación de camiones privados de recolección, como es el caso del condominio Villas de la Meseta.

Aún cuando los resultados obtenidos han sido satisfactorios en San Lucas, algunos habitantes comentaron en la encuesta que se puede mejorar el sistema de recolección de residuos sólidos domiciliarios con la implementación de nuevas tecnologías, por ejemplo utilizando camiones recolectores con capacidad para compactar los residuos sólidos.

Otro factor a resaltar es que entre las actividades que cubre AMSA está el manejo de una cuenca que abarca a 1.45 millones de habitantes, según el censo 2002, por lo cual al momento que la municipalidad San Lucas tomara bajo su responsabilidad algunas de las actividades que dicha institución realiza en dicho territorio, la municipalidad de San Lucas estaría colaborando con el

rescate del Lago de Amatitlán, debido a que AMSA podría concentrarse en otras acciones en beneficio del Lago.

5.2. Riesgo asociado al manejo de los residuos sólidos

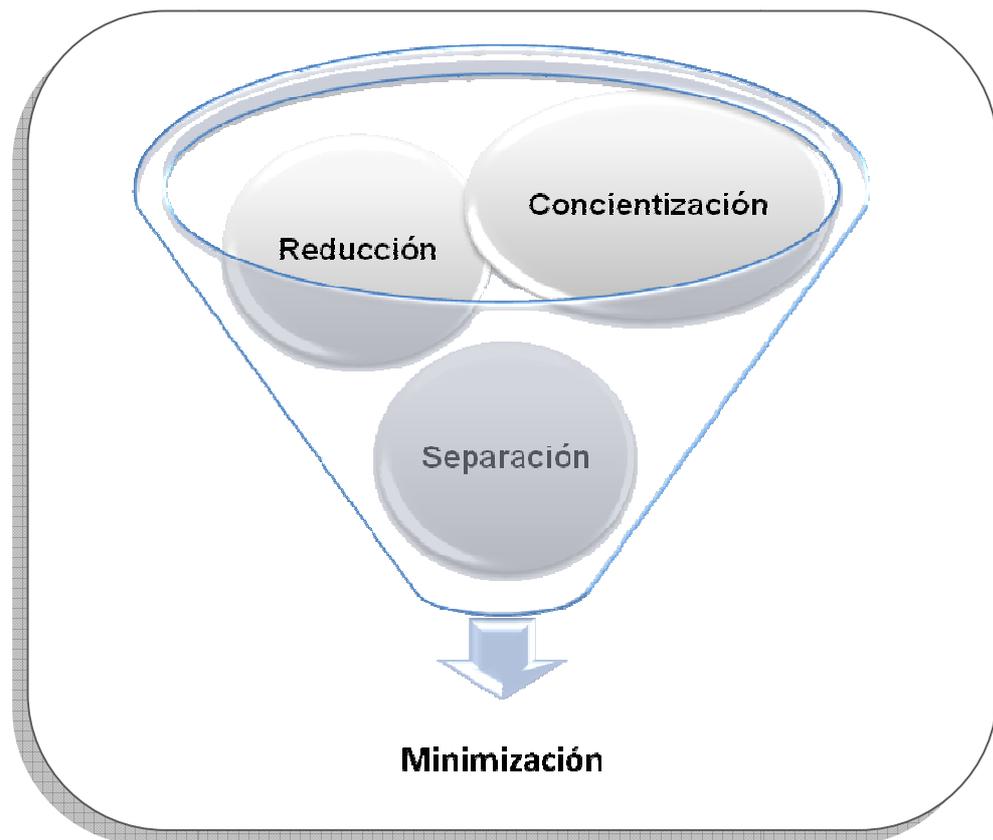
Cuando la ejecución de los residuos es inadecuada en cualquier etapa del manejo da lugar a la aparición y permanencia de vectores sanitarios que podrían provocar una epidemia. Además de las enfermedades existe la contaminación atmosférica, debida al ruido y al olor que puede producir el manejo inapropiado de los residuos sólidos. En la etapa de disposición final se debe tener en cuenta que de no ser adecuado el lugar dispuesto se pueden contaminar los cursos superficiales y subterráneos de agua, el suelo puede ser alterado en su estructura debido a la acción de los líquidos percolados, dejándolos inutilizados por largos periodos de tiempo. Los paisajes se ven afectados de forma negativa, sumado al riesgo de los accidentes que se pueden producir, tales como explosiones o derrumbes. Desde otra perspectiva, existen numerosos estudios que confirman el deterioro anímico y mental de las personas directamente afectadas.

5.3. Propuesta del manejo adecuado de los residuos sólidos domiciliarios

Al igual que el condominio Villas de la Meseta, existen otras poblaciones dentro de San Lucas Sacatepéquez con características similares, las que podrían formar parte de un programa que se base en un principio: la minimización de la generación de los residuos sólidos. Un esquema del modo de actuar para lograr los objetivos de minimización se presenta en la figura 6.

La minimización de residuos, las políticas de reciclaje y el manejo apropiado de residuos traen como uno de sus beneficios principales la conservación y en algunos casos la recuperación de los recursos naturales. Otros de los beneficios de disponer los residuos en forma apropiada, por ejemplo un relleno sanitario, es la opción de recuperar áreas de escaso valor y convertirlas en parques y áreas de esparcimiento, acompañado de una posibilidad real de obtención de beneficios energéticos (biogás).

Figura 6 Esquema de acciones para lograr la minimización de residuos sólidos domiciliarios.



Fuente: elaboración propia

5.3.1. Minimización de la generación de residuos sólidos

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

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

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

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

El programa de minimización se ha estructurado en dos partes:

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

5.3.2. Acciones para la minimización

El modo de lograr los objetivos de minimización en la municipalidad de San Lucas Sacatepéquez será mediante actuaciones encaminadas a:

1. Acceso a la información y concienciación medioambiental a la población.
2. Proyectos de demostración sectorial de minimización.
3. Difusión de estudios y programas de minimización.
4. Ejecución de un sistema de recolección y transporte acorde a los estudios realizados.
5. Disposición de un área, dentro del municipio de San Lucas Sacatepéquez para los procesos de tratamiento intermedio y disposición final de los residuos sólidos.
6. Creación del centro de minimización y caracterización de residuos, encargado de que los procesos descritos anteriormente se lleven a cabo sin anomalías.

5.3.3. Soluciones técnicas de minimización

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

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

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

5.3.4. Reciclaje de los residuos sólidos orgánicos

El reciclaje de materia orgánica permite convertir los desperdicios vegetales en material orgánico, del cual sale un producto llamado compost, que además de servir para la recuperación y el mejoramiento de los suelos, reduce

la cantidad de residuos que deben depositarse a diario en los rellenos sanitarios.

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

El compost, de color café oscuro, tiene la apariencia de la tierra que abunda en los suelos de los bosques. Con él se evita comprar tierra que es sacada de los bosques y que por ende provoca un grave daño al ambiente al producir la erosión de los suelos. Además, se obtiene un mejor suelo para el jardín, ideal para tierras arcillosas o arenosas, debido a que hace más sueltos y porosos los terrenos compactados.

Métodos de compostaje

- **Compostaje pasivo o en pilas estáticas:** este sistema es el más antiguo y el más simple de todos, consiste en apilar diversos residuos orgánicos, los cuales son descompuestos en forma lenta, sin realizar manejos para controlar, humedad, aireación y temperatura, entre otros. La aireación ocurre de manera natural, a través del aire que fluye en forma pasiva de la pila.
- **Compostaje en pilas de volteo o en hileras:** éste método consiste en disponer el material en pilas alargadas ya sea al aire libre o en depósitos, el tamaño de las pilas fluctúa entre 2 y 5 metros de ancho, por 1 ó 3 metros de alto y largo variable, su forma puede ser triangular o

trapezoidal. Las pilas deben ser volteadas en forma periódica ya sea manual o mecánicamente.

Figura 7 Sistema de compostaje por volteo mecánico

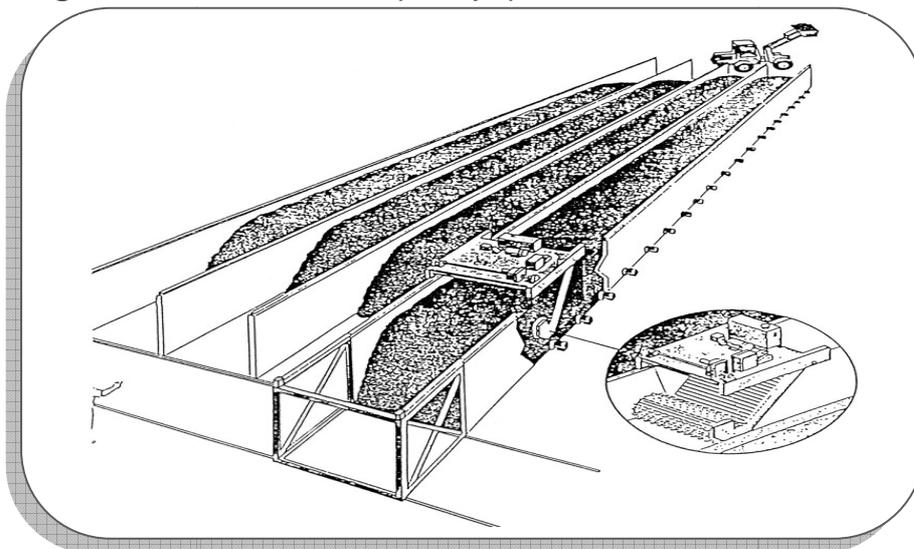
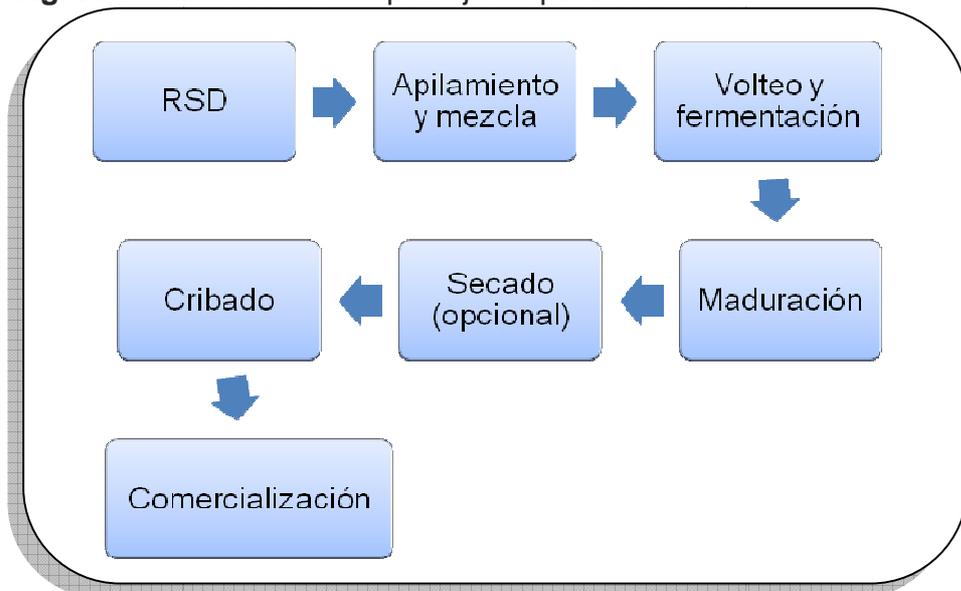


Figura 8 Proceso de compostaje en pilas con volteo



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

Manejos para la producción de compost de calidad

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

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

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

Durante todo el proceso de compostaje se recomienda voltear las pilas con el objeto de homogeneizar los materiales y temperatura dentro de la pila,

asegurar una adecuada cantidad de oxígeno y humedad. Durante el primer mes se recomienda dar vuelta la pila una vez por semana, luego cada 15 a 20 días. Es importante controlar el contenido de humedad de la pila en cada volteo a fin de agregar agua en caso de ser necesario con el objeto de distribuirla uniformemente.

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

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

Los beneficios del compostaje sobre el suelo:

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

5.3.5. Reciclaje de los residuos sólido inorgánicos

5.3.5.1. Reciclaje de papel

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

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

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

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

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

1. Clasificación, preparación y embalaje.
2. Operación de pulpado: su objetivo es separar las fibras que contiene el papel usado, sin romperlas.
3. Eliminación de objetos: la pasta de papel se filtra por tamices de distintos tamaños para separar plásticos, alambres, tierra, etc.
4. Destintado: se elimina la tinta mediante jabón y proyectando aire a presión. El aire y el jabón forman pompas que suben a la superficie, donde unos potentes aspiradores recogen la mezcla de tintas que tenía el papel usado.
5. Lavados y espesados sucesivos: consiste en ir reduciendo la cantidad de agua que tiene la pasta de papel.
6. Secado: el papel es secado por completo con la ayuda de una máquina y se obtiene una lámina de papel consistente.

Ventajas del reciclado del papel:

- Se evita el talado de árboles
- Se reduce la necesidad de plantar monocultivos de coníferas y eucaliptos.
- Se reduce en un 85% el consumo de agua y un 65% el de energía.
- Se disminuyen los efluentes contaminantes en un 35%.
- Se evita su utilización en incineradoras y se reduce el espacio de los vertederos.
- Se disminuyen las exportaciones de madera.
- Reducción de la inversión de las industrias del sector.
- Ahorro en el gasto de recursos energéticos y de agua.
- Es una materia prima de bajo costo.

En los programas de minimización es importante mencionar:

- Una tonelada de papel reciclado (periódicos, folios...) evita la tala de 10 a 12 árboles.
- Papel ecológico es aquel que en su producción se han tomado medidas para reducir la contaminación del agua y de la atmósfera y/o se utiliza serrín y restos de madera para producir la pasta de papel.
- El papel tarda en descomponerse entre 2 y 4 semanas, en condiciones óptimas de humedad y calor.
- Utilizar el papel por las dos caras.
- Comprar cuadernos, productos reciclados si se quiere que el reciclaje prospere (aumente sus porcentajes).
- Usar pañuelos de tela.
- El valor del papel desechado está alrededor de los Q.10 a Q.25 por quintal.

5.3.5.2. Reciclaje de plásticos

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

Existen dos tipos de reciclaje:

A. Reciclado mecánico: solamente los termoplásticos recuperados se pueden reciclar mecánicamente, convenientemente prensado y embalado, llega a la planta de reciclado donde comienza la etapa de regenerado del material: triturado, lavado purificación, extrusión y granceado (aditivos convenientes).

B. Reciclado químico: los envases se descomponen por procesos químicos en componentes sencillos que pueden ser utilizados como materias primas para obtener otros productos: aceite, grasas, monómeros, etc. El reciclado químico puede efectuarse por medio de diversas técnicas: pirolisis, hidrogenación, gasificación y tratamiento con disolventes.

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

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

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

Tabla II Plásticos termoestables

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

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

Tabla III Plásticos termoplásticos

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

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

Ventajas del reciclado del plástico:

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

En los programas de minimización es importante mencionar:

- La materia prima del plástico es el petróleo, un recurso no renovable.
- El destino principal de los envases de plástico suele ser el vertedero.
- Con plástico reciclado se puede hacer mobiliario de jardín, bancos, vallas, señales de tráfico, bolsas, cuerdas, etc.
- Evitar el uso de bolsas de plástico siempre que sea posible.
- Reutilizar las bolsas.
- Mirar la etiqueta para saber el tipo de plástico.
- Evitar el consumo de botellas de bebidas que sean de plástico, especialmente de PVC.

5.3.5.3. Reciclaje de vidrio

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

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

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

Ventajas del reciclaje de vidrio:

- Causa poco impacto ambiental
- Conserva bien los alimentos
- Químicamente inerte
- Incombustible
- Se puede moldear y grabar
- Es transparente, se puede ver su contenido
- Es 100% reciclable y mantiene el 100% de sus cualidades
- La fusión de los materiales se consigue a temperaturas más bajas, lo que supone un ahorro de energía en 130 kg de combustible por tonelada de vidrio reciclado.

- Ahorro de 1200 kg. de materias primas por cada tonelada de vidrio usado.
- Ahorro de energía al no tener que extraer materias primas.
- Disminuye el número de residuos urbanos que van a vertedero y por tanto sus costes de tratamiento
- Reducción de la erosión producida al extraer las materias primas necesarias para su fabricación.

En los programas de minimización es importante mencionar:

- El vidrio no es biodegradable y por tanto permanece un período de tiempo indefinido en la naturaleza.
- El vidrio por sus características es idóneo para reutilizarlo varias veces. De esta forma se ahorra más energía aún que con el reciclado.
- Con el reciclaje de una tonelada de calcín (residuos de vidrio) se ahorra la energía equivalente a 135 litros de petróleo y 1,2 toneladas de materias primas.
- Una Tonelada de cristal equivale a 2.000 botellas.
- 1 kg de vidrio usado produce 1 kg de vidrio reciclado
- Reducir los residuos comprando botellas retornables, antes de enviarlos a reciclar quitar tapones.
- Los cristales de ventanas, bombillas, fluorescentes o vitrocerámica, están hechos con mezclas de varios materiales por lo que es imposible reciclarlos con el vidrio normal.
- Los tarros de cristal pueden volverse a utilizar en manualidades.
- El valor del vidrio para reciclaje está entre los Q.5 a Q.8 por quintal.

5.3.5.4. Reciclaje del aluminio

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

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

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

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

Ventajas del reciclado de aluminio:

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

En los programas de minimización es importante mencionar:

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

- El valor del aluminio desechado está sobre los Q.150 a Q.200 por quintal aproximadamente.

5.3.5.5. Reciclaje de pilas y baterías

Las pilas usadas no son un residuo cualquiera, son un residuo especial, toxico y peligroso.

Existen diversos tipos, las que se utilizan en relojes, calculadoras, sensores remotos, son conocidas como pilas de botón. A pesar de su reducido tamaño son las más contaminantes. Y también se encuentran las pilas grandes, cilíndricas, que contienen menos metales pesados, pero se producen muchas más.

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

Ventajas del reciclaje de baterías:

- Con el reciclaje de las pilas, se recupera el mercurio (de elevado riesgo ambiental) y se valoriza el plástico, el vidrio y los otros metales pesados contenidos en las pilas.
- Las pilas botón pueden ser introducidas en un destilador sin necesidad de triturarlas previamente. La condensación posterior permite la obtención de un mercurio con un grado de pureza superior al 96%.
- Las pilas normales pueden ser almacenadas en previsión de poner en marcha de forma inmediata un sistema por el cual serán trituradas

mecánicamente, y de la que se obtendría escoria férrica y no férrica, papel, plástico y polvo de pila.

En los programas de minimización es importante mencionar:

- Los riesgos que conlleva desechar indiscriminadamente las pilas y las baterías pueden mitigarse de diversas maneras. Entre éstas, evitar el uso de ellas en los casos en que sea posible hacerlo o, de lo contrario, utilizar las del tipo recargable.
- Se recomienda no mezclar en el uso las pilas nuevas con las viejas, ya que esto reduce la vida útil en todos los casos.
- Tampoco deben ser arrojadas a cauces o cloacas, ni prenderse fuego

5.3.5.6. Reciclaje de aceites usados

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

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

En los programas de minimización es importante mencionar:

- El mercurio que contiene una pila botón puede contaminar un acuífero, 2 millones de litros de agua que es el equivalente a una piscina de 50x20x2 metros.
- Tirar 5 litros de aceite puede contaminar hasta 5.000.000 de litros de agua.
- Quemar 5 litros de aceite puede contaminar el aire que respira una persona durante 5 años.
- Es mejor utilizar los aparatos mixtos (pila y red). La energía de las pilas cuesta 450 veces las que la energía de la red.

CONCLUSIONES

1. Uno de los propósitos de la caracterización de los residuos sólidos domiciliarios es determinar la composición física y la generación de residuos sólidos domiciliarios, estimando así la cantidad de material actualmente destinado al vertedero, que se podría reciclar potencialmente. A través del análisis visual de la composición física de los residuos sólidos domiciliarios, se determinó que los residuos del condominio Villas de la Meseta son del tipo no peligrosos, así mismo se pueden clasificar en dos grupos, que son residuos orgánicos y residuos inorgánicos.
2. La producción de materia orgánica (se consideró residuos vegetales en estado crudo, residuos de alimentos, estiércol de animales, ceniza, aserrín) resultó del 66.0% del total de los residuos sólidos generados.
3. El resto de desechos corresponde al 34.00%, siendo estos los residuos sólidos inorgánicos, del cual puede obtenerse un porcentaje para reciclaje, mediante la separación adecuada de los residuos domiciliarios.
4. Dentro de los restos inorgánicos se encuentran materiales como aluminio, vidrio, plástico, papel y cartón, clasificados así por el potencial que éstos tienen a ser reciclados.
5. El reciclaje se convierte en una buena alternativa, ya que reduce los residuos, ahorra energía y protege el medio ambiente. La meta de cualquier proceso de reciclaje es volver a utilizar los materiales

provenientes de residuos, los materiales clasificados se utilizan como nuevos productos o como materias primas para algún proceso.

6. La generación de los residuos sólidos domiciliarios obtenidos en el condominio Villas de la Meseta es de 0.56 kg./hab./día, parámetro que se obtuvo mediante la toma de datos realizados a la largo de un mes. Esto es el equivalente a la generación de una población dentro de un nivel socio-económico medio. Nivel establecido según la tipología de la vivienda y servicios con los que cuentan.
7. El estudio de campo abarcó al 20% de los habitantes del condominio Villas de la Meseta, de San Lucas Sacatepéquez.
8. La densidad promedio de los residuos sólidos orgánicos sin compactar es de 236 kg/m³ e inorgánico de 82 kg/m³ y la densidad de los residuos orgánicos compactados es de 263 kg/m³ e inorgánicos de 95 kg/m³.
9. La forma en que se ha manejado la disposición final de residuos sólidos urbanos en el área de San Lucas Sacatepéquez, ha sido la resultante satisfactoria de un proceso lógico en el cual se han tratado de concentrar dentro del marco legal vigente, los recursos económicos y la tecnología disponible alrededor de la protección de la cuenca y lago de Amatitlán. Por lo cual la implementación de una planta de tratamiento de los residuos sólidos en San Lucas Sacatepéquez, actuaría en colaboración con el objetivo de AMSA, pero esta vez dentro del territorio propio de San Lucas, permitiendo mejorar el desarrollo social, económico y ambiental de la población.

10. La participación de la población en el proceso de separación de los residuos sólidos domiciliarios es de vital importancia, debido a que el sistema de limpieza inicia desde el momento de la generación de los residuos. Para ello es necesario iniciar con campañas de sensibilización y capacitación a la población y trabajadores municipales para dar a conocer cómo se debe contribuir con este sistema y lograr insertarlo como una alternativa a al problema ambiental.

11. Las tecnologías viables para el manejo de los residuos sólidos domiciliarios de San Lucas Sacatepéquez son el compostaje y el reciclaje.

12. La tecnología de compostaje más adecuada para la población de San Lucas Sacatepéquez, por contar con menos de 50,000 habitantes, es el compostaje en pilas con volteo mecánico.

13. En el componente de disposición final de los residuos sólidos domiciliarios a los cuales no se les puede aplicar ninguna de las tecnologías anteriormente mencionadas, el relleno sanitario es considerado como la única alternativa, bajo un sistema organizado.

RECOMENDACIONES

1. Primordialmente la población debe ser concientizada sobre la generación de los residuos sólidos domiciliarios para obtener mejores resultados en la disposición final y su posterior aprovechamiento, a través de capacitaciones dirigidas a la población, mediante sus comités vecinales, instituciones educativas e instituciones diversas que se desarrollan en el municipio.
2. Las campañas deben ser organizadas con la participación de la municipalidad y otras entidades que puedan estar interesadas, como ONGs, que son importantes para lograr mejores resultados y por consecuencia una mejor calidad de salud, educación y medio ambiente. Los temas deben ser principalmente sobre manejo de residuos sólidos, conservación del medio ambiente y sus áreas verdes.
3. Los residuos sólidos domiciliarios en su mayoría son orgánicos, por lo que es recomendable luego de implementar los programas de capacitación de sensibilización, instalar una planta de reciclaje en donde se pueda manejar adecuadamente los residuos mediante el compostaje, para la obtención de abonos orgánicos, de esta manera vuelven a ser re-aprovechados.
4. En cuanto a los residuos sólidos inorgánicos, las medidas inmediatas que se pueden adoptar, luego de la sensibilización de la población, son el contacto con empresas que se dedican a la compra de materiales

reciclables, muchas de las cuales cuentan con el servicio de recolección al lugar de almacenamiento

5. Se resalta la necesidad e importancia de caracterizar en detalle los componentes de los residuos sólidos inorgánicos domiciliarios que no fueron contemplados a profundidad en este trabajo, con el fin de definir las tecnologías más apropiadas de reciclaje a implementar en el municipio.
6. Al momento de realizar un estudio de este tipo es importante tomar en cuenta las características de la población, el apoyo de la municipalidad a la que pertenece el grupo a estudiar y el trabajo en conjunto con la oficina municipal de planificación, para presentar propuestas que se ajusten a las condiciones sociales y económicas del municipio.
7. Tres veces por semana es una cantidad adecuada para la recolección de residuos sólidos domiciliarios, se sugiere la utilización de bolsas plásticas de diferente color para la separación de los residuos sólidos, de preferencia las bolsas deben ser substituidas por contenedores al momento que la población tenga el habito de la clasificación de los residuos sólidos, con el fin de reducir o eliminar la cantidad de bolsas utilizadas, además porque esta forma de almacenamiento evitaría la propagación de vectores, e incluso la dispersión de basura en la calle al momento que ciertos animales, como perros, rompen las bolsas que contienen los residuos sólidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Amigos de la Tierra España. **Boletín: Reciclaje de aceites usados.** www.tierra.org. Consulta: 2009.
2. Amigos de la Tierra España. **Boletín: Reciclaje de aluminio.** www.tierra.org. Consulta: 2009.
3. Amigos de la Tierra España. **Boletín: Reciclaje de papel.** www.tierra.org. Consulta: 2009.
4. Amigos de la Tierra España. **Boletín: Reciclaje de pilas y baterías.** www.tierra.org. Consulta: 2009.
5. Amigos de la Tierra España. **Boletín: Reciclaje de plástico.** www.tierra.org. Consulta: 2009.
6. Amigos de la Tierra España. **Boletín: Reciclaje de vidrio.** www.tierra.org. Consulta: 2009.
7. Autoridad para el manejo sustentable de la cuenta y del lago de Amatitlán. **Proyectos educativos 2008.** www.amsa.gob.gt. Consulta: 2009.

8. Gálvez Catalán, Javier Antonio. Caracterización de los residuos sólidos urbanos que producen los municipios de Santa Lucía Cotzumalguapa, La Democracia, Siquinalá y La Gomera, del departamento de Escuintla y propuesta para su disposición final. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008.
9. IDEAM et al. **Proyecto selección de tecnologías para la recolección, transporte, recuperación, tratamiento y disposición final en torno al manejo integral de residuos sólidos en municipios menores de 50,000 habitantes.** Colombia: 2006.
10. Oficina de Asesoría y Consultoría Ambiental et al. **Estudio de caracterización física de los residuos sólidos en el distrito de Ate.** Lima: 2004.
11. Oficina de Asesoría y Consultoría Ambiental et al. **Estudio de caracterización física de los residuos sólidos en el distrito de Villa María del Triunfo.** Lima: 2004
12. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. **Estudio Caracterización de residuos sólidos domiciliarios en la región metropolitana.** Informe final. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Región Metropolitana. Chile:2006
13. PRODESI et al. **Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios.** Fortalecimiento de la gestión ambiental participativa de la provincia de Jaén. Perú: 2007.

ANEXOS

Tabla IV. Hogares por forma de disposición de la basura, según departamento, municipio y lugar poblado.

DEPARTAMENTO, MUNICIPIO Y LUGAR POBLADO	CATEGORIA	TOTAL HOGARES	HOGARES POR LA FORMA DE DISPONER DE LA BASURA					
			SERVICIO MUNICIPAL	SERVICIO PRIVADO	LA QUEMAN	LA TIRAN EN CUALQUIER LUGAR	LA ENTIERRAN	OTRA
SAN LUCAS SACATEPEQUEZ		5,579	86	3,288	1,659	174	278	95
SAN LUCAS SACATEPEQUEZ	PUEBLO	2,690	52	1,957	447	76	105	53
CHOACORRAL	ALDEA	778	8	143	491	34	80	22
ZORZOYA	ALDEA	108		1	86	14	7	
LA EMBAULADA	CASERIO	153		7	108	25	7	6
SAN JOSE	CASERIO	142		59	60	6	17	
CHICAMAN	CASERIO	88		15	58	4	11	
CHIPABLO	CASERIO	46		4	35		7	
EL MANZANILLO	CASERIO	116		10	90		17	
TIERRA LINDA	CASERIO	42		4	36		1	
LAS JULIAS	CASERIO	17		8	8			
COLONIA LOS ALPES	COLONIA	213		189	20		1	
RESIDENCIALES EL ENSUEÑO	COLONIA	39	3	38	1			
RESIDENCIALES VISTA AZUL	COLONIA	20	1	15	3			
RESIDENCIALES FLORENTINA	COLONIA	18		18				
COLONIA JARDINES DE SAN LUCAS	COLONIA	175	8	100	46	1	11	8
TIERRA LINDA	COLONIA	22		11	8	1	1	
COLONIA JARDINES DE SAN LUCAS I	COLONIA	53	1	45	4		1	1
COLONIA JARDINES DE SAN LUCAS II	COLONIA	90		72	17		1	1
COLONIA JARDINES DE SAN LUCAS V	COLONIA	28		22	4			1
GRANJAS SANTO DOMINGO	COLONIA	13		8	4			
COLONIA JARDINES DE SAN LUCAS A	COLONIA	94	1	77	14	1		
LOTIFICACION VISTAS DE SAN LUCAS I	COLONIA	11		11				
LOTIFICACION VISTAS DE SAN LUCAS II	COLONIA	25		24	1			
COLONIA DOS ROBLES	COLONIA	32		25	7			
LOTIFICACION ROSALES DE SAN LUCAS	COLONIA	21		18	3			
LOTIFICACION MONTEZUMA	COLONIA	46		45		1		
LOTIFICACION RESIDENCIAL LAS MARIAS	COLONIA	20		20				
COLONIA PRADOS DE SAN LUCAS	COLONIA	21		21				
LOTIFICACION SAN JORGE	COLONIA	22		11	4	7		
JARDINES DE EMANUEL	COLONIA	13			10		3	
GRANJAS SWISS	FINCA	21		7	11	1	1	
VILLAS DE LA MESETA	OTRA	199	4	194		1		
CONDominio LAS MERCEDES	OTRA	14		13	1			
CONDominio SAN JOSE	OTRA	18	1	17				
VILLA MONTANA	OTRA	10		1	7		1	
LOS PINOS	OTRA	15		1	13		1	
RESIDENCIAL LOS ENCINOS	OTRA	13	1	11				
BOSQUES DE SAN LUCAS	OTRA	45		22	22			
CLUB TORINO	OTRA	14		8	4			1
POBLACION DISPERSA	OTRA	6	1		4			
CERRO ALUX	PARAJE	66	1	32	29		3	

“Caracterización de residuos sólidos domiciliarios del condominio Villas de la Meseta, San Lucas Sacatepéquez, Guatemala”

Código: _____

Fecha: _____

ENCUESTA

1. ¿Cuántas personas viven en su hogar? _____ personas
2. ¿Cuenta con un sistema de recolección de residuos domiciliario (basura)?
 Sí
 No
3. Si su respuesta es sí, ¿este sistema es privado o municipal?
 Privado
 Municipal
4. Si el sistema es privado, ¿Cuál es el monto mensual del servicio?
Q. _____
 Todos los días
 Un día sí y un día no
 Una vez a la semana
 Dos veces a la semana
 Otro
5. ¿Cuántas veces a la semana recoge el sistema sus residuos (basura)?
 Diario
 Dos veces por semana
 Cada quince días
 Una vez al mes
 Otro
6. ¿Con qué frecuencia el sistema de recolección de residuos no cumple su labor?
 Bueno
 Regular
 Malo
7. ¿Cuál es su opinión del servicio de recolección?
 Horario
 Capacitación del personal
 Presentación del personal
 Tiempo de espera
8. ¿Qué dificultades tiene con el servicio de recolección?

9. ¿Tiene alguna sugerencia para mejorar el servicio?

10. ¿Piensa usted que la basura podría reciclarse? ¿Por qué?

11. ¿Usted es consciente de que la basura puede causar impacto negativo a su salud?
 Sí
 No
12. ¿Sabe usted cual es el destino final de su basura?
 Sí
 No
13. Si su respuesta a la pregunta anterior es sí, ¿Cuál es el destino final?

14. ¿Estaría usted dispuesto a colaborar con la separación de sus residuos de su hogar para facilitar el proceso de reciclaje de los mismos?
 Sí
 No
15. ¿Según los ingresos económicos totales en su hogar, usted se considera dentro de un nivel económico?
 Alto
 Medio
 Bajo

Dirección: _____

Figura 9 Material entregado a las familias del condominio Villas de la Meseta para la separación de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos

BASURA ORGÁNICA	BASURA INORGÁNICA
Cáscaras de frutas y verduras	Papel (revistas, periódico) y cartón
Residuos de comida	Pañales y toallas sanitarias
Restos del jardín	Bolsas de plástico
Papeles del baño	Tela, trapos
Heces	Algodón
Servilletas	Caucho
Huesos	Baterías
Madera	Botellas
Arbustos	Plástico
	Cuero
	Vidrio
	Metal
	Lata

Tabla V. Datos tabulados

	Habitantes	1o. Semana		1o. Semana		1o. Semana		2o. Semana		2o. Semana		2o. Semana	
		Orgánica	Inorgánica										
1	4.00	2.00	0.50	8.00	3.00	3.00	1.00	0.00	0.00	3.00	0.50	1.25	0.75
2	5.00	3.00	1.50	1.00	0.50	5.75	2.25	4.00	1.00	4.75	2.25	7.00	2.00
3	2.00	0.00	0.00	2.00	0.50	1.00	0.50	1.00	0.00	3.00	1.00	2.25	1.50
4	3.00	8.00	1.60	0.00	9.50	0.00	0.00	0.00	0.00	6.50	3.50	2.50	2.00
5	5.00	1.00	0.50	1.25	0.75	4.25	1.75	0.50	0.50	0.50	0.50	2.25	0.25
6	5.00	2.50	1.40	4.00	1.00	2.50	0.00	4.00	2.00	5.00	0.00	3.00	1.00
7	5.00	3.50	0.00	3.00	1.75	4.00	2.00	5.25	1.50	1.25	2.00	3.25	1.50
8	4.00	3.00	2.00	9.50	5.50	0.00	0.00	8.00	4.00	4.00	2.00	0.00	0.00
9	4.00	0.00	0.00	25.00	10.00	0.00	0.00	11.00	6.00	8.00	4.50	1.50	0.50
10	5.00	2.00	0.00	5.00	2.25	3.00	5.00	1.25	0.75	4.00	3.00	7.00	3.00
11	5.00	2.50	0.00	3.00	2.00	3.00	1.00	1.75	1.25	1.50	1.00	1.25	0.75
12	4.00	0.00	0.00	5.25	3.00	4.75	6.00	3.00	2.00	0.00	0.00	3.00	2.00
13	3.00	2.50	0.50	2.50	1.00	1.00	0.50	3.00	1.50	2.30	1.50	1.00	0.50
14	5.00	4.00	3.00	6.50	3.50	2.00	1.00	4.00	2.00	0.50	0.50	9.00	5.50
15	2.00	0.00	0.00	4.50	0.50	3.00	0.50	3.00	2.00	7.00	1.50	4.00	5.00
16	4.00	0.00	0.00	5.00	2.00	0.00	0.00	6.00	0.00	1.00	11.00	0.00	0.00
17	2.00	2.00	1.00	1.25	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00
18	2.00	1.50	0.00	1.50	1.00	0.00	0.00	1.00	0.50	13.00	1.00	0.00	0.00
19	4.00	1.50	2.50	4.50	2.00	5.00	3.00	5.00	3.00	5.00	3.00	0.00	0.00
20	5.00	0.00	0.00	10.00	7.00	0.00	2.00	0.00	0.00	11.00	9.00	0.00	0.00
21	6.00	0.00	0.00	3.50	1.50	4.00	1.00	5.00	1.00	9.50	1.00	3.75	1.25
22	4.00	2.00	1.00	0.00	0.00	2.00	0.50	1.50	1.00	1.20	0.50	2.00	0.50
23	4.00	3.00	1.00	4.25	2.25	3.25	1.75	3.50	0.50	6.00	3.00	5.00	0.00
24	4.00	0.00	0.00	4.00	2.25	1.75	1.00	3.50	2.00	5.00	2.00	0.00	0.50
25	4.00	0.00	0.00	5.00	1.50	4.00	3.00	4.00	3.50	6.00	1.00	4.00	6.00
26	5.00	0.00	0.00	4.00	3.50	0.00	0.00	6.00	4.25	5.50	2.00	0.00	0.00
27	5.00	2.00	1.80	5.75	3.50	2.00	0.50	2.00	0.50	8.00	2.50	0.50	4.50
28	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	2.00	0.00	0.00	7.00	0.50	0.50	2.00
29	4.00	0.00	0.00	3.00	0.00	3.00	2.00	4.50	1.00	3.00	1.50	4.00	1.50
30	4.00	5.50	4.00	4.00	1.00	5.00	24.50	4.00	1.00	2.50	2.00	2.00	4.00
31	6.00	0.00	0.00	7.50	2.00	2.50	2.50	3.50	0.00	2.50	2.00	3.00	2.00
32	1.00	2.00	0.00	2.00	0.50	1.00	0.00	1.50	1.00	1.00	0.50	0.00	0.50

Tabla VI. Datos tabulados

No.	Habitantes	3o. Semana		3o. Semana		3o. Semana		4o. Semana		4o. Semana		4o. Semana	
		Orgánica	Inorgánica										
1	4.00	4.00	2.50	3.00	2.50	3.00	0.50	3.00	2.50	9.00	5.00	1.50	0.50
2	5.00	0.25	0.50	5.00	0.50	4.00	2.00	3.00	2.00	0.00	0.80	5.00	0.00
3	2.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	0.50	1.25	0.75	3.00	1.00	2.00	1.50
4	3.00	0.00	2.50	4.00	2.00	2.00	1.00	1.50	2.50	6.00	1.00	1.00	0.50
5	5.00	0.50	0.50	4.00	2.00	4.75	3.00	3.75	1.75	6.00	0.00	4.00	2.00
6	5.00	1.00	0.50	4.50	1.25	1.50	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	4.00	2.00
7	5.00	6.25	2.00	1.00	1.50	3.00	0.50	1.25	0.75	3.00	0.00	2.00	1.50
8	4.00	5.00	3.00	6.00	3.00	0.00	0.00	2.50	1.50	6.00	3.00	4.00	2.50
9	4.00	0.00	0.00	1.50	1.00	2.00	1.00	0.00	0.00	7.00	3.25	3.70	3.00
10	5.00	7.50	0.50	2.00	0.00	6.00	4.25	2.50	0.75	6.50	1.50	24.50	6.00
11	5.00	2.50	1.00	1.50	1.00	1.25	0.75	2.00	1.50	2.00	1.00	0.00	2.00
12	4.00	2.00	2.00	5.00	2.50	6.50	10.50	2.00	0.00	4.50	2.50	5.00	4.50
13	3.00	2.00	3.00	4.50	7.00	0.50	4.00	3.00	0.50	4.00	3.50	8.50	0.50
14	5.00	0.20	0.50	0.00	2.00	7.00	2.50	0.50	0.50	0.00	1.00	1.00	0.00
15	2.00	0.00	0.00	10.50	0.50	3.00	0.50	6.00	4.50	7.00	1.00	3.00	1.00
16	4.00	6.25	3.75	4.00	2.00	0.00	0.00	5.00	1.25	6.00	0.75	0.00	0.00
17	2.00	3.00	1.75	4.50	1.00	0.00	0.00	3.00	2.00	5.00	0.00	0.00	0.00
18	2.00	0.00	0.00	1.50	0.50	0.00	0.00	1.00	0.50	4.00	2.50	0.00	0.00
19	4.00	5.75	2.75	3.25	2.00	0.00	0.00	6.00	3.00	1.00	0.00	8.00	0.00
20	5.00	0.00	0.00	9.00	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	9.00	4.00	0.00
21	6.00	5.00	2.00	2.00	1.00	4.00	1.00	8.50	1.50	10.50	1.50	4.00	1.00
22	4.00	1.00	0.00	5.00	3.30	2.20	0.30	2.80	1.30	3.50	0.50	2.80	0.50
23	4.00	2.00	1.00	5.00	3.50	3.00	2.00	0.50	0.50	4.00	3.00	3.00	0.00
24	4.00	4.00	2.25	2.50	1.50	3.00	1.50	2.00	0.00	6.00	4.00	3.00	2.25
25	4.00	6.50	0.50	7.00	1.00	4.50	2.50	3.00	2.00	5.50	2.00	3.25	4.00
26	5.00	5.00	3.50	6.50	4.00	0.00	0.00	4.00	3.00	7.50	4.50	0.00	0.00
27	5.00	3.00	1.50	7.50	4.00	5.00	2.00	4.00	1.00	12.00	2.00	5.50	1.00
28	2.00	0.00	0.00	8.00	4.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	10.00	2.00
29	4.00	3.25	1.00	5.00	1.00	3.25	3.00	4.00	2.50	6.00	2.00	3.50	0.00
30	4.00	4.00	2.20	2.50	1.80	2.00	1.50	3.00	3.30	2.50	1.00	6.00	7.00
31	6.00	3.00	0.00	5.00	2.00	2.00	2.00	4.00	2.00	6.00	2.00	2.50	2.00
32	1.00	2.50	0.50	2.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.50	2.00	1.00	1.00	1.00