

**DESCRIPCION DE LOS PROCESOS PARA
EL MANEJO DE LOS DESECHOS SOLIDOS**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades

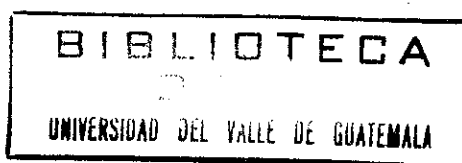
DESCRIPCION DE LOS PROCESOS PARA
EL MANEJO DE LOS DESECHOS SOLIDOS

YARA LUDMILA MENDIZABAL ACEVEDO

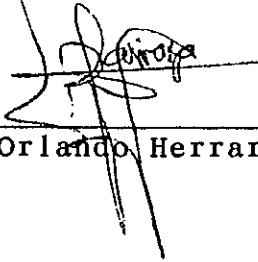
Trabajo de investigación presentado para optar
al grado académico de
Licenciado en Ingeniería Civil

Guatemala


1994




Vo. Bo. :

(f) 
Ingeniero Orlando Herrarte Carranza
Asesor

Tribunal:

(f) 
Ingeniero Orlando Herrarte Carranza

(f) 
Ingeniero Franklin Matzdorf Monroy

(f) 
Ingeniero Rafael Girón Mendez

Fecha de aprobación: 24 de octubre de 1994.

Dedico este trabajo a:

A Dios,
quien siempre me ha brindado
fuerza para resistir,
paciencia para sufrir y
constancia para perseverar
en la vida.

A la Santísima Virgen María,
quien siempre me ha
amparado en su manto.

A mi padre,
quien ha sido mi inspiración
y me ha brindado todo su
apoyo para procurar alcanzar
siempre una excelencia
profesional.

A mi madre,
por su cariño y apoyo.

A mi familia, por su
paciencia y comprensión.

Con reconocimiento y sincero
agradecimiento a:

Ing. Mauricio Pardón, Ph D
Asesor en Salud Ambiental
para la OPS/OMS, por su
valiosa co-asesoría en la
realización de este trabajo.

CONTENIDO

	Páginas
RESUMEN	xvii
I. INTRODUCCION	1
II. GENERACION Y DISPOSICION INICIAL	5
A. Generación.	5
B. Clasificación.	8
1. Residuos sólidos urbanos.	8
a. Definición.	8
b. Cantidad generada y composición.	9
2. Residuos sólidos peligrosos y/o tóxicos.	11
a. Definición.	11
b. Cantidad generada y composición.	14
3. Residuos hospitalarios.	18
a. Definición.	18
b. Cantidad generada y composición.	19
C. Almacenamiento.	20
1. Almacenamiento urbano.	21
2. Almacenamiento en industrias.	23
3. Almacenamiento en hospitales.	24
D. Tratamiento in situ	25
E. Participación de la población.	28

	Páginas
III. RECOLECCION, BARRIDO DE CALLES Y TRANSPORTE	33
A. Procedimientos de recolección.	34
1. Rutas de recolección.	34
a. Método de recolección de parada fija.	35
b. Método de recolección por acera.	36
c. Método de recolección intradomiciliario.	36
d. Método de recolección con contenedores.	37
e. Combinación de métodos de recolección.	37
2. Frecuencia de recolección.	38
3. Horario de recolección.	39
4. Equipo de recolección.	39
5. Personal.	40
6. Estación de transferencia.	41
a. Tipos de estación de transferencia.	42
b. Ubicación de estaciones de transferencia.	43
c. Justificación de una estación de transferencia.	43
7. Limpieza de vías y áreas públicas.	44
a. Barrido manual.	45
b. Barrido mecánico.	46

	Páginas
8. Agencias de recolección.	48
a. Servicio público.	48
b. Servicio por contrato.	48
c. Servicio paraestatal.	49
d. Servicio privado.	49
B. Aspectos a considerar en un proyecto de aseo urbano.	50
1. Aspectos institucionales.	50
2. Aspectos legales	52
IV. TRATAMIENTO	57
A. Procesos de reducción	59
1. Reducción de los residuos en la fuente de producción.	59
a. Reutilización del producto	61
b. Reducción del volumen de material	61
c. Reducción en la toxicidad del producto y fabricación de productos de fácil degradación o recuperación.	62
d. Prolongación de la vida útil del producto	62
e. Reducción del grado de consumismo existente	63
2. Reducción de los residuos durante el manejo	63

	Páginas
B. Proceso de separación o segregación de materiales	64
1. Proceso de segregación manual	64
2. Proceso de separación mecánica	66
a. Separación primaria	66
b. Separación secundaria y terciaria	68
C. Proceso de composteo u obtención de compost	69
1. Descripción del proceso	70
2. Análisis crítico de la situación	73
D. Reciclaje de materiales	74
1. Proyectos de reciclaje	75
2. Recuperación de algunos materiales	78
a. Papel	79
b. Aluminio	80
c. Vidrio	80
d. Metales ferrosos	81
e. Plásticos	82
f. Baterías	83
g. Llantas	84
h. Aceites	85
E. Incineración o procesos de combustión de residuos	86
1. Experiencia en plantas de incineración	87

	Páginas
2. Descripción del proceso	90
3. Producción de ceniza	92
V. DISPOSICION FINAL	95
A. De un botadero a cielo abierto a un relleno sanitario	95
1. Botaderos a cielo abierto	95
2. Clausura de un botadero a cielo abierto	98
3. Relleno sanitario	101
B. Relleno sanitario manual como una alternativa al relleno sanitario convencional	103
1. Adquisición de equipo y material	105
2. Estudios de campo y diseño	106
3. Preparación del sitio	108
a. Vía de acceso al sitio	108
b. Adecuado drenaje pluvial	108
c. Limpieza y desmonte del terreno	108
d. Preparación del suelo soporte	109
e. Drenaje de líquido percolado	109
f. Drenaje de gases	110
g. Construcciones auxiliares	110
VI. CONCLUSIONES	113

	Páginas
VII. BIBLIOGRAFIA	115
APENDICES	117
A. Tablas	117
B. Ilustraciones	129
C. Glosario	143
D. Índice alfabético de términos empleados	148

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación	Páginas
4.1 Mecanismos de biodegradación	70

LISTA DE TABLAS

	Páginas
Tabla	
2.1 Tipos de residuos y cantidades generadas por países	117
2.2 Cantidad de residuos sólidos generada en el área Metropolitana de Guatemala	118
2.3 Comportamiento de los desechos sólidos en algunas ciudades del mundo	119
2.4 Estudio comparativo en composición de desechos sólidos	120
2.5 Porcentaje de la composición de los desechos sólidos a nivel nacional	121
2.6 Concentraciones contaminantes para identificar residuos sólidos y peligrosos	122
2.7 Ejemplos de químicos tóxicos encontrados en desechos industriales	123
2.8 Cantidades de desechos tóxicos producidas en áreas industrializadas	124
2.9 Tiempo de degradación de diferentes desechos	125
3.1 Servicio de recolección en el área Metropolitana de Guatemala	126
4.1 Componentes orgánicos e inorgánicos de los residuos domiciliarios	127
5.1 Ejemplos de vectores transmisores de organismos patógenos	128

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Páginas
Ilustraciones	
2.1 Producción de residuos sólidos en Estados Unidos	129
2.2 Producción de residuos sólidos en la ciudad de México	130
2.3 Medios de contaminación de los desechos industriales	131
2.4 Tasa de generación de residuos sólidos de hospitales en diversos países de América Latina	132
2.5 Contenedor para almacenamiento en hospitales	133
3.1 Sistema y equipo de transferencia	134
3.2 Rutas de recolección para sistemas con estación de transferencia y sin la misma	135
4.1 Proceso de reducción dentro de la producción de un artículo	136
4.2 Proceso mecanizado de recuperación de productos o segregación de materiales	137
4.3 Separadores típicos de magnetos	138
4.4 Etapas en la fermentación del compost	139
4.5 Diagrama típico de una planta de incineración de residuos municipales	140
5.1 Equipo empleado en un relleno sanitario manual	141
5.2 Relleno sanitario manual	142

RESUMEN

El presente trabajo es el resultado de una investigación acerca de los procesos que conlleva el amplio ciclo del manejo integral de los residuos sólidos. El objetivo primordial del presente trabajo fue presentar los aspectos fundamentales de todas las etapas que comprende el manejo de los mismos, haciendo énfasis en los residuos sólidos municipales. Se procuró efectuar un análisis crítico de la situación actual, situando a Guatemala dentro de la problemática del manejo de los residuos sólidos a nivel global. La descripción de los procesos abarcó los avances más recientes en el manejo de los residuos sólidos, las experiencias en distintos países y las soluciones que se han planteado, con el fin de promover futuras investigaciones sobre el tema, las cuales podrían ser aplicables a casi cualquier campo profesional, cuyo resultado sería de gran beneficio para el país.

Se concluye que existe, además, la necesidad de fomentar la implementación de proyectos para un manejo integral de los residuos sólidos a nivel local, mediante una coordinación y planificación de todos los sectores gubernamentales y no gubernamentales.

I. INTRODUCCION

Los residuos sólidos son el resultado de un crecimiento económico e industrial que produce materiales descartados de la actividad del ser humano, que al no tener algún propósito inmediato son transformados en lo que se denomina "basura". Con este rápido crecimiento, se ha venido incrementado en forma paralela, la cantidad de material que se descarta llegando a alcanzar proporciones que requieren avances tecnológicos que permitan darle un valor de reciclaje, aprovechamiento o recuperación a estos materiales.

Muchas han sido las discusiones para determinar hasta qué punto un material se puede considerar como basura, desecho o residuo, debido a que cualquier material con potencial de recuperación o reciclaje pasará por diferentes estados de materia hasta convertirse, finalmente, en un desecho. Esta es la razón por la cual, a pesar de toda la tecnificación que implica el manejo integral de los residuos, se llega necesariamente a un punto de cierre en el ciclo del manejo integral de los residuos sólidos: la disposición final.

El presente trabajo emplea la terminología de basura, desecho o residuo en forma sinónima debido a que el autor considera que el factor primordial es la aplicación de la tecnología e ingeniería para alcanzar el manejo integral del

material, de modo que este no represente algún peligro para la salud del ser humano ni para el ambiente que lo rodea.

La falta de información sobre los problemas que genera el inadecuado manejo de los desechos sólidos, hace que las autoridades municipales y el gobierno central no le den la importancia dentro de el bienestar económico, social y de salud pública, canalizando los fondos a otro tipo de servicio.

Según la OPS, el producto interno bruto de los países latinoamericanos ha sufrido un declive desde la época de los años 70's, el cual a pesar que desde 1983 ha venido aumentando, tuvo la consecuencia de provocar una reducción al gasto público. El resultado fue una reducción de recursos financieros para obras y equipos de aseo urbano. De modo que en la actualidad, los equipos que se operan han agotado su vida útil y el manejo de los residuos sólidos se hace en una forma muy empírica en las municipalidades.

De hecho, en muchos municipios, el sistema de aseo urbano se caracteriza por una evidente falta de criterios técnicos y organización. Lo anterior tiene como resultado altos costos de operación y mantenimiento del sistema de aseo urbano, el cual, las mismas municipalidades tienen que subsidiar.

Respecto de la disposición final de los residuos sólidos, la misma falta de recursos, interés y conocimientos ha llevado a establecer a la disposición final como el punto

más crítico en la problemática del manejo de desechos sólidos en América Latina.

El manejo inadecuado de los residuos sólidos conduce a la contaminación ambiental y condiciones insalubres para todas las poblaciones productoras de los mismos. Lo anterior se traduce a un paisaje desagradable, reproducción de enfermedades, emisión de olores ofensivos, tiraderos a cielo abierto, contaminación del aire, del subsuelo y de las fuentes de agua.

La tecnología apropiada para el manejo dependerá del origen de los desechos generados (hospitales, industrias, urbanos). Muchas veces, el manejo inadecuado de residuos se debe a la falta de conceptualización de este hecho, por lo que se tratan residuos industriales y hospitalarios con su respectiva toxicidad y peligrosidad como un todo, junto al resto de residuos municipales no peligrosos.

En la actualidad, el manejo de los residuos sólidos depende de estudios y proyectos donde las condiciones locales y regionales sean debidamente evaluadas y encaradas como un problema de ingeniería que requiere la integración de un equipo multidisciplinario, con la colaboración de profesionales de diversas ramas quienes lleguen a la intersección de sus conocimientos en el planteamiento de una solución a la problemática mediante un manejo integral de los desechos sólidos.

El presente trabajo es una recopilación crítica del

estado del arte de la tecnología del manejo de residuos sólidos, con recomendaciones específicas sobre su adecuación y utilidad para Guatemala. Se plantea en todo momento la implementación de un manejo integral de los residuos sólidos, usando una combinación de técnicas y programas para controlar el flujo de desechos municipales. Este concepto se basa en el hecho que los residuos sólidos municipales están formados de diversos componentes que deben de disponerse en forma separada. Dicho manejo integral permite plantear una solución de acuerdo a los componentes de los desechos a nivel local, afectando los procesos de selección de la tecnología más adecuada y aplicable para cada localidad.

II. GENERACION Y DISPOSICION INICIAL

A. Generación.

El proceso del manejo de los residuos sólidos principia en el punto de la generación de estos materiales orgánicos e inorgánicos, que al ser descartados de la actividad del ser humano son dispuestos o almacenados en algún lugar en espera de su recolección.

La generación de residuos sólidos puede dimensionarse en el tamaño de la población, la cual tiene como resultado una producción de desechos sólidos medida per cápita y por día.

Sin embargo, existen otras variables o factores que se encuentran correlacionados con la producción de residuos como son:

1. El incremento en la producción, comercialización y diversificación de bienes de consumo.
2. El empleo excesivo de empaques y envases en los productos.
3. El ingreso medio familiar
4. El cambio en el hábito de consumo de productos frescos y a granel por productos procesados industrialmente que presentan mayor disponibilidad al consumidor.

5. Los medios de publicidad y mercadeo que han introducido a los países en vías de desarrollo a adoptar una conducta consumista proveniente de los países desarrollados.

Todos los factores anteriormente mencionados han llevado a que la composición y cantidad de los residuos generados haya cambiado considerablemente con el paso de los años. Este incremento en la producción de residuos presenta una tendencia de crecimiento exponencial, como se indica en la Figura 2.1 (Maxcy-Rosenau, 1973).

Por ejemplo, en la ciudad de México, en 1950 se producían 370 gramos de residuos per cápita cuya composición era, básicamente, material biodegradable. En 1989, no solo se incrementó el volumen producido a 1 kg por habitante, sino que su composición varió a un 50% de material no degradable. La Figura 2.2 muestra el cuadro típico del cambio de composición de los residuos sólidos urbanos aplicable a América Latina (Deffis, 1989).

A nivel mundial, se calcula que la producción de residuos sólidos es de cuatro millones de toneladas por día. Si se utiliza una densidad media de 200 kg/m^3 , se tiene un volumen de veinte millones de metros cúbicos de residuos sólidos a manejar (Deffis, 1989). La Tabla 2.1 ilustra distribuciones de este volumen en algunas ciudades de importancia a nivel mundial (Wilson, 1981). La Tabla

demuestra, además, la poca información existente en materia de generación de residuos respecto de la clase de residuo generada. Esto se debe en parte a una falta de control a nivel gubernamental, interés en la problemática y conocimiento acerca de la importancia de contar con un buen inventario de la producción para así poder proyectar un manejo adecuado de los desechos.

En América Latina, en 1990 se produjeron 250 000 toneladas de residuos municipales por día, con un volumen aproximado de 300 000 metros cúbicos (OPS,1990).

En el área metropolitana de Guatemala, en 1990, se obtuvo la información presentada en la Tabla 2.2 (OPS,1993). Dicha información presenta diversos tipos de residuos sólidos que se generan, los cuales dependen de: la fuente de producción, tipo de material, forma de tratamiento final, uso o aplicación para otros sistemas y su origen. El sistema de clasificación más comúnmente empleado es el de su origen, pudiendo ser este: urbano, agropecuario, industrial y hospitalario.

De acuerdo a la situación actual del país, se decidió clasificar los residuos sólidos dependiendo de la fuente generadora en tres tipos, a saber: Residuos sólidos urbanos, Desechos industriales tóxicos o peligrosos y los desechos hospitalarios.

B. Clasificación.

1. Residuos sólidos urbanos.

a. Definición. Estos son residuos que pueden provenir de casas habitación, oficinas, sitios de reunión, instituciones, mercados, comercios, parques, jardines, vías públicas, demoliciones, construcciones y en general son todos aquellos residuos generados en actividades municipales que no requieran técnicas especiales para su control. Entre estos residuos se pueden tener:

Residuos no peligrosos. Vidrio, papel, cartón, tetrapack, material inerte, huesos, plásticos, residuos alimenticios, textiles, madera, residuos de jardinería, materiales ferrosos, etc.

Potencialmente peligrosos. Excrementos, toallas sanitarias, algodón contaminado, aceites y grasas, autos abandonados, pañales, envases plaguicidas, envases aerosoles, material no ferroso, papel carbón, animales muertos, etc.

Residuos peligrosos.

Substancias químicas de laboratorios de enseñanza, animales de investigación, residuos de medicamentos, solventes, papel con excremento de enfermedades contagiosas, cuerpos de animales enfermos, medicinas caducas, alimentos enlatados o a granel caducos, llantas (caucho) y baterías.

b. Cantidad generada y composición. Los cuadros presentados anteriormente se refieren en su mayoría a los residuos urbanos, de los cuales se tiene mayor información. La Tabla 2.3 muestra algunas de las principales ciudades a nivel mundial que presentan una alta generación de residuos sólidos urbanos per cápita y por día.

En general, la generación de basura urbana bruta en América Latina varía desde 0.5 a 1.0 kg/hab/día y su composición es variada, mostrando un índice del ingreso familiar, grado de consumismo existente y valor de rescate de los residuos para el reciclaje.

La composición y cantidad de los residuos que se generen puede variar, tanto semanalmente como según la época del año. Por ejemplo, en un fin de semana no siendo un día

laborable, se producirá una menor cantidad de papel, cartón y material de empaques, etc. En los países latinoamericanos en vías de desarrollo se tendrá un contenido de humedad considerablemente mayor al de los países desarrollados debido a que se tiene una mayor cantidad de materia orgánica en la composición, razón por la cual estos residuos son de difícil combustión. Los países desarrollados, en cambio, presentan un menor contenido de orgánicos y porcentaje de humedad. Este fenómeno se debe, en parte, a que en los países desarrollados hubo un cambio en el hábito de consumo de productos frescos, y a granel por productos procesados industrialmente y en parte al invento del "molidor de materia orgánica" que se encuentra instalado en hogares de países desarrollados. Se puede decir además que conforme va aumentando la solvencia económica, los desechos tienden a ser menos biodegradables. Un buen índice de la solvencia económica de un país es el PNB (Producto Nacional Bruto). En la Tabla 2.4 se encuentra una comparación entre el Producto Nacional Bruto relativo a un país y la calidad de la basura de éste, medida en el porcentaje de cartón y papel (OPS, 1991).

El porcentaje en la composición de desechos a nivel nacional según un estudio realizado por JICA (Japanese International Cooperation Agency) se ilustra en la Tabla 2.5. En dicha Tabla, el porcentaje de generación de papel corresponde al de un país desarrollado, comparándose con el

dato obtenido para europa en la Tabla anterior. Estos datos son indicativos que es necesario tomar en cuenta otros parámetros que puedan usarse para calificar la composición y cantidad de los residuos.

Un dato comúnmente manejado para describir la calidad de las basuras es el conocido "CHON" de los residuos. Esta es una expresión sintética de la composición química de la basura, obtenida con base en el porcentaje de carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), azufre (S) y otros compuestos. Otros datos comúnmente manejados son el peso aparente (Ys), el porcentaje de humedad, el poder calorífico (Kcal/kg ó MW/kg), la relación C/N (carbono/nitrógeno) y el porcentaje de orgánicos.

2. Residuos sólidos peligrosos y/o tóxicos.

a. Definición. Los residuos sólidos peligrosos son todos aquellos residuos que pueden ser dañinos a la salud del hombre, otros organismos y al medio ambiente. Se tienen definiciones más precisas pero ninguna ha logrado su aceptación a nivel internacional. Según el reglamento de Ontario 824/76, los residuos peligrosos son:

"Residuo que requiere precaución especial en su almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento o disposición para prevenir daño a

las personas o a la propiedad, incluyendo residuos explosivos, flamables, volátiles, radioactivos, tóxicos y patológicos."

Según la agencia de protección ambiental (EPA):

"El término residuo peligroso significa un desecho sólido, el cual debido a sus características físicas, químicas o infecciosas y a su cantidad y concentración puede ser:

* La causa o contribuir apreciablemente en la mortalidad o a serias enfermedades irreversibles o incapacitantes reversibles;

* Presentar un peligro substancial o potencial a la salud humana o al medio ambiente cuando no se le da un tratamiento, almacenamiento, transporte y disposición adecuados o bien cuando son manejados inadecuadamente."

La Ley de Equilibrio Ecológico y la Protección al ambiente de México propone una definición para residuos peligrosos basada en la definición de la EPA, pero más aplicable a nuestro medio:

"Residuos peligrosos son todos aquellos residuos en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas infecciosas o irritantes representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente."

Estas definiciones son indicativas de que estos residuos pueden incluir:

Desechos nucleares (energía nuclear).

Desechos hospitalarios o biomédicos.

Desechos industriales.

Sin embargo, ninguna definición ha podido precisar el

grado de peligro del desecho. Todos los desechos se tratan por igual, sin ninguna prioridad. Los desechos nucleares afortunadamente aún no presentan peligro en nuestro medio, ya que en Guatemala todavía no se tiene la capacidad para plantas de energía nuclear que puedan producir estos desechos. Aunque no serán tratados en el presente trabajo estos desechos radioactivos, es importante mencionar que el peligro latente es en realidad la falta de control del ingreso al país de estos desechos que no incluyen solamente radioactivos, incluyen además tóxicos y peligrosos provenientes de países industrializados quienes aun no tienen la capacidad para dar tratamiento a la cantidad de los mismos que producen y encuentran que en los países en vías de desarrollo la legislación es menos estricta. De modo que la mejor opción es "deshacerse" de estos residuos tóxicos y peligrosos en países poco desarrollados o en vías de desarrollo.

En Guatemala, organizaciones ecologistas como "Greenpeace" se han dedicado a controlar estos movimientos transfronterizos de desechos tóxicos. Sin embargo, la autora, al momento, no cuenta con más información disponible al respecto.

Debido a la particularidad de los residuos hospitalarios, el presente trabajo trata de estos últimos como una clasificación a parte. De hecho, estos residuos son un caso especial de desechos peligrosos con

características ajenas a los demás residuos (ver capítulo II, inciso 3 del presente trabajo). De modo que en lo sucesivo, el presente trabajo se referirá acerca de los desechos industriales como un tipo de residuo que puede contener material tóxico y peligroso que representa actualmente una problemática severa en nuestro país.

El primer problema que representan los residuos industriales es su variedad tanto en su forma física como en sus propiedades químicas. Los residuos industriales son generados por la transformación y producción de la materia prima en la industria. Pueden ser peligrosos, potencialmente peligrosos y no peligrosos.

Los desechos industriales en forma de compuestos de engrase, preservantes de madera, pesticidas, metales pesados y otros contaminantes tóxicos descargan su efluente hacia las aguas superficiales y muchas veces no afectan ni la salud del hombre ni el medio ambiente a corto plazo. Los efectos tóxicos y contaminantes de estos residuos se evidencian en enfermedades y daños al medio ambiente con el paso de los años.

b. Cantidad generada y composición. Debido a que cualquier químico a cierta concentración es tóxico, es necesario establecer la concentración, estado, velocidad de degradación, medio ó concentración biológica en que dicho químico se vuelve tóxico (Henry & Heinke).

Los desechos industriales pueden contener químicos orgánicos ó contaminantes inorgánicos. Entre los químicos orgánicos que requieren mayor cuidado, se encuentran aquellos que se degradan muy lento en el medio ambiente y son solubles en grasa, pudiéndose acumular en la cadena alimenticia. Los biferilos policlorados (BPCs) y pesticidas son ejemplos de estos orgánicos que pueden alcanzar un alto grado de toxicidad ya sea en forma inmediata ó a largo plazo.

Un desecho industrial que está causando un problema en la actualidad es el aceite empleado en los transformadores de energía eléctrica, el cual es muy estable con una molécula difícil de destruir. Se requieren más de 1400 °c para estabilizarlo. Si no se logra la destrucción completa, se forman dibensoparafuranos y dibensoparadioxinas que son tan tóxicos que se han llegado a detectar en leche de las focas del Polo Artico. Estos últimos compuestos, en la actualidad, solo se pueden tratar en Francia e Inglaterra, mediante una incineración ó un tratamiento catalítico.

Los BPCs son formados por la degradación o incineración de compuestos que en alguna forma contienen cloro. De este modo, al incinerar derivados del petróleo, materiales orgánicos y desechos sólidos municipales; se desprenden estos orgánicos clorados hacia la atmósfera siendo absorbidos por el polvo en la atmósfera o por la ceniza llevada por el viento.

Por otro lado, los compuestos inorgánicos son un veneno biológico a ciertas concentraciones en el rango de partes por billón. Entre estos se tiene Plomo (Pb), Mercurio (Hg), Cadmio (Cd) y Arsénico (As). Estos son compuestos que se acumulan en la materia orgánica del suelo, se sedimentan y son absorbidos por las plantas. El ser humano, al ingerir estos compuestos, no tiene la capacidad de eliminarlos de su sistema, se acumulan en los órganos y tejidos llegando a alcanzar niveles tóxicos dentro del cuerpo. Debido a esta acumulación, es necesario medir las concentraciones de estos tóxicos más que únicamente su presencia en el medio. Algunas concentraciones contaminantes se ilustran en la Tabla 2.6 .

Tanto los compuestos orgánicos como inorgánicos encuentran un medio para contaminar el ambiente, como se ilustra en la Figura 2.3 .

Como se vio anteriormente, el problema más grave es la contaminación de fuentes superficiales y de la napa freática del suelo, ya que estos compuestos se llegan a sedimentar y forman parte del suelo orgánico. En la Tabla 2.7 se ejemplifica una diversidad de compuestos químicos que son destinados al medio ambiente. De ahí la necesidad de dar un tratamiento a estos residuos y disponerlos en un lugar adecuado.

La información acerca de las características (capacidad de ignición, corrosión, reactividad y toxicidad) y cantidades

de los desechos generados, no sólo es escasa sino que es un tipo de información difícil de obtener debido a que las industrias se muestran renuentes a proporcionarla. Las cifras de la generación de los desechos industriales mostradas en la Tabla 2.8 para países desarrollados son alarmantes si se consideran todos los procesos físicos, químicos y biológicos por los que tienen que pasar estos desechos para poder ser descargados al medio ambiente sin causar daños.

En Guatemala se realizó el estudio de un proyecto de "Manejo de Residuos Peligrosos en el área Metropolitana de Guatemala", por el Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI) con estrecha colaboración de la GTZ de Alemania. Dicho estudio, reconoce la existencia de 288 industrias generadoras de residuos peligrosos en estado sólido, líquido o lodos. Entre estos residuos, los sólidos representan un 34% de un total generado de 12 700 toneladas al año. Se incluyen aceites, compuestos de pinturas, químicos y plaguicidas. El estudio menciona que en la actualidad esta producción de residuos tóxicos y/o peligrosos no tiene ningún control. De modo que estos residuos se amontonan junto al resto de residuos municipales o van a parar a las alcantarillas y fuentes superficiales sin ningún tratamiento previo o control.

3. Residuos hospitalarios.

a. Definición. Son residuos que por sus características infecciosas de algunos de sus componentes, la heterogeneidad de su composición, la presencia frecuente de objetos corto punzantes y la presencia eventual de sustancias tóxicas, inflamables y radiactivas de baja intensidad, se consideran un caso especial de residuo tóxico y/o peligroso.

Según la Oficina Panamericana de la Salud (OPS), para que un residuo pueda ser considerado infeccioso, debe contener gérmenes patógenos en cantidad y con virulencia suficientes como para que la exposición de un huésped susceptible al residuo pueda dar lugar a una enfermedad infecciosa.

Estos residuos representan un riesgo para el personal que los maneja con frecuencia, ya que ellos están sometidos a la acción directa de objetos cortopunzantes, trozos de vidrio y se encuentran en contacto directo con gérmenes patógenos.

Se considera que los pacientes también constituyen un grupo de riesgo debido a que se encuentran con las defensas disminuidas. Si el manejo de los desechos sólidos es efectuado en forma inadecuada, estos pacientes estarían expuestos a contraer infecciones como consecuencia de la exposición a gérmenes patógenos (OPS,1990).

El riesgo puede alcanzar a la población en general,

cuando los residuos con material infeccioso o contaminado son trasladados fuera del hospital, en muchas ocasiones sin ningún tratamiento previo y son manejados como un residuo municipal no peligroso.

b. Cantidad generada y composición. La cantidad de los residuos hospitalarios generada será función de las actividades que se realizan o los servicios médicos que se prestan en el establecimiento, del grado de complejidad de la atención prestada, tamaño del hospital, proporción de pacientes externos atendidos y de la dotación del personal.

Teniendo en cuenta el gran número de variables que puede afectar, no sólo la cantidad sino que la composición de desechos generada, se ha optado por correlacionar la cantidad de sólidos generada con el número de camas del hospital. Como consecuencia se ha obtenido para América Latina un promedio de generación de 1 a 4.5 kg/cama/día (OPS,1992). Esta tasa de generación se ha venido incrementando lentamente, siguiendo una línea paralela con el continuo incremento de la complejidad de la atención médica y el uso creciente de material desechable. En la Figura 2.4, se encuentran la tasa de generación promedio para algunos países en América Latina. El cuadro muestra un incremento muy marcado en la tasa de generación a través del paso de dieciséis años, si se considera que los países

latinoamericanos pueden contar con tasas promedio similares.

La composición de los residuos hospitalarios es muy variada, debido a la diversidad en las actividades complementarias a la atención médica que se desarrolla dentro de un hospital. Se puede tener material médico-quirúrgico, desechos biológicos, restos de alimentos, objetos cortopunzantes y una fracción de desechos similares a los residuos sólidos municipales.

La Agencia de Protección Ambiental (EPA) considera los siguientes residuos con componentes infecciosos: residuos de salas de aislamiento, cultivos de agentes infecciosos, sangre humana y sus derivados, residuos patológicos, objetos cortopunzantes y restos de animales contaminados.

El porcentaje de estos residuos infecciosos en países latinoamericanos, puede variar desde un 10% a un 40%. En los Estados Unidos este porcentaje varía entre un 5% á un 10% (OPS,1991).

C. Almacenamiento.

El almacenamiento corresponde a la etapa en el manejo de residuos donde se coloca o almacena la basura en algún lugar a espera de su recolección y disposición, sea ésta adecuada o inadecuada. Esta etapa cobra importancia en el manejo de los residuos debido a que es el primer punto en donde se da dicho "manejo" en sí. Además de esto, almacenar

adecuadamente los residuos conlleva beneficios para la salud pública (disminuye la presencia de vectores de enfermedades) y en los recursos económicos, tanto para el generador como para el ente recolector (facilita la recolección disminuyendo los costos).

El tiempo que pueden permanecer almacenados los desechos depende de los factores siguientes:

1. La clase de residuo generado, pudiendo ser urbano, industrial u hospitalario
2. Tipo de sistema usado, como contenedores con separación de orgánicos e inorgánicos, etc.
3. Cantidad de residuos generada, según la capacidad de almacenamiento del sistema.
4. Clima local, especialmente si los desechos tienen un alto contenido de humedad
5. La velocidad en la que los residuos sufren el proceso de estabilización, ya que a una mayor temperatura el proceso se acelera y viceversa.

En Guatemala, según las condiciones propias del clima, se estima que el almacenamiento no debe ser mayor de 72 horas, pues después de este tiempo el proceso de estabilización se acelera (OPS, 1993).

1. Almacenamiento urbano. El almacenamiento urbano puede darse en casas-habitación, edificios,

mercados, plazas, parques, instituciones y en todos los lugares en donde se genere este tipo de residuo.

El almacenamiento domiciliario se hace por medio de recipientes de plástico, bolsas de papel, cajas de cartón, botes de lámina, cajas de madera y pequeñas bolsas plásticas de supermercado. En la mayoría de domicilios en América Latina se emplean recipientes inadecuados que son colocados en lugares poco apropiados, donde los desechos orgánicos entran en descomposición rápidamente produciendo la presencia de insectos, malos olores y filtración de lixiviados al suelo.

La estandarización de recipientes o uso de bolsas de plástico sólo se ha logrado parcialmente en ciudades como La Habana, Río de Janeiro y Buenos Aires. En las demás ciudades latinoamericanas sólo los estratos de mayores ingresos pueden disponer de recipientes adecuados. Sin embargo, en los estratos de bajos ingresos se puede proporcionar educación sanitaria para mejorar sus recipientes mediante cambios poco costosos (OPS, 1991).

Otros problemas de almacenamiento se presentan en los mercados y los depósitos comunales (clandestinos o tolerados) que se forman en las zonas periféricas donde no hay servicio y la gente coloca su desperdicio en la vía pública o en lotes baldíos, a espera de un camión recolector, el cual efectúa el servicio de recolección esporádicamente. La otra opción es arrojar sus residuos en

barrancos (OPS,1991).

Se considera que es muy importante tener un almacenamiento adecuado y se puede orientar a la población a emplear recipientes que puedan garantizar un mínimo de seguridad para el manejo de los desechos, en tanto son trasladados a sitios apropiados. El almacenamiento en vías y lugares públicos se ha hecho por medio de contenedores y papeleras para parques y jardines. Sin embargo, se requiere que paralelamente se vaya orientando a la población en la práctica del saneamiento ambiental, para que la basura se deposite en el lugar apropiado.

En este sentido, en Guatemala, el Instituto Guatemalteco de Turismo (INGUAT) ha venido realizando una campaña para reestablecer la limpieza y aseo en lugares de interés turístico, proporcionando folletos y bolsas de plástico con el fin que la basura no se arroje en las vías públicas y carreteras que llevan a lugares turísticos. Esta campaña se denomina "Juega limpio con tu gente" y contiene slogans como: "Tu lugar con basura o la basura en su lugar."

Más adelante se tratará la participación social, los problemas que existen en los programas de educación ambiental y la importancia que tienen estos últimos en el manejo de los residuos sólidos.

2. Almacenamiento en industrias. Las industrias requieren de una capacidad especial de

almacenamiento en tanques o depósitos para una cantidad grande de residuos peligrosos o tener contenedores grandes resistentes a químicos para que se pueda almacenar cantidades menores de materiales corrosivos en espera a que estos desechos sean recolectados y transportados para darles un tratamiento adecuado.

El almacenamiento puede tener el propósito de guardar materiales que puedan ser reciclados durante los procesos industriales o bien para un intercambio de desechos que pueda usarlos como materia prima para otras plantas ó procesos industriales. Un ejemplo de este intercambio se lleva a cabo en las plantas de fabricación de piezas de acero, donde todo el material sobrante es almacenado e intercambiado por otras industrias que lo emplean para materia prima en la aleación de otros subproductos férricos. De hecho, esta "transferencia" de desechos puede beneficiar cualquier industria llevándolas a un aprovechamiento de recursos, permitiendo reutilizar ácidos, álcalis, solventes, catalíticos y aceites de baja pureza.

3. Almacenamiento en hospitales. La OPS, en el

documento "Consideraciones sobre el manejo de los residuos hospitalarios", recomienda que se usen contenedores con capacidad suficiente, de fácil manejo y limpieza que se puedan cerrar herméticamente. Se considera que lo óptimo es emplear recipientes de forma cilíndrica de metal o plástico

rígido, provistos de tapa y asas con una capacidad menor á 100 litros. Se recomienda el uso de la bolsa plástica como receptáculo, ésta evita la exposición de los residuos al contacto directo del personal del hospital (Ver Figura 2.5).

D. Tratamiento in situ

Existen algunos mecanismos para dar algún tratamiento in situ a la basura domiciliar, aunque en muy pocos casos es el adecuado. Estos tratamientos surgieron, en parte, de la necesidad de deshacerse de la basura, al no tener un servicio de recolección que pueda cubrir todas las áreas de necesidad.

El triturador de la basura orgánica de los lavatrastos mencionado anteriormente, es una forma de disminuir el contenido de basura orgánica para disponer de mayor espacio de almacenamiento, no tener las molestias de la descomposición de residuos y favorecer en general a todos los procesos subsiguientes del manejo de residuos logrando una supuesta "reducción" de los mismos. Sin embargo, esta no parece ser la mejor solución pues la contaminación se traslada a las tuberías de desagüe municipal, agregando altas cargas de orgánicos a las aguas cloacales que deben ser tratadas antes de ser descargadas a las corrientes superficiales, y por lo tanto, representa un costo. Es opinión de la autora que esta práctica común en los países

desarrollados no debe implementarse en los países en vías de desarrollo, ya que no se tiene la capacidad en plantas de tratamiento de aguas negras que puedan soportar este aumento en carga orgánica y los demolidores representan un daño mucho mayor al beneficio que se pueda obtener. Un refrán popular guatemalteco dice: "No hay que desvestir un santo para vestir a otro".

En los países latinoamericanos se tiene la práctica común de quemar la basura al aire libre, como un medio para "deshacerse del problema" que supone la basura. Se apilan los residuos plásticos, papel, cartón, hojas secas y desperdicios de jardinería; se incinera en un fuego que en la mayoría de casos no es controlado y se provocan grandes incendios, contaminación atmosférica por emisión del humo y deterioro del subsuelo. Como se mencionó con anterioridad, los Biferilos Policlorados son formados por la degradación ó incineración de compuestos que tienen cloro en alguna forma y los compuestos tóxicos se adhieren al polvo o a la ceniza que es llevada por el viento, provocando la diseminación de tóxicos al medio ambiente.

Otro proceso que se emplea aún es el "compostaje casero", que es la práctica de enterrar la basura sin ninguna técnica en la esperanza que al dejar de suponer un problema visual, se podrá degradar inmediatamente. Esto constituye una contaminación al suelo y se considera que algunos materiales tienen un tiempo de degradación

indefinido o muy largo. La tabla 2.9 contiene el tiempo de degradación para algunos materiales.

Como se ha visto, el mejor aporte que puede darse a nivel de generación es la separación o segregación de los materiales reciclables y no reciclables en el punto de generación lográndose la reducción en cantidad y volumen de residuo generado, para así poder contar con un servicio de recolección más eficiente. De hecho, el ser humano es el mejor segregador de basura.

En la separación de residuos se puede obtener: chatarra, plástico, vidrio, papel y cartón y residuos orgánicos. La chatarra que se produce proviene de electrodomésticos viejos y todos los objetos férricos que muchas veces simplemente son arrojados al bote de la basura despreciando su valor de reciclaje.

Los plásticos son residuos muy abundantes y de alto valor de recuperación. La segregación de los mismos se dificulta por la razón que para poder reciclar el plástico es imprescindible separar las distintas variedades y esa no es una tarea fácil.

El vidrio puede ser reutilizado como en el caso de envases retornables. Si este no es el caso, se requiere de una separación entre vidrio de color y vidrio transparente. Esto se debe a que para poder reutilizar estos envases como materia prima, el proceso requiere que se fragmenten los envases a un tamaño muy reducido, llamado calcín, el cual es

la materia necesaria para fabricar vidrio. Sin embargo, el calcín tiene la limitación de poder utilizarse según un color definido.

El papel y cartón es el material más abundante que cuenta con la mayor ventaja en la separación, debido a que no sólo es fácilmente identificable, sino que en el reciclaje de papel se puede ahorrar dos tercios de la energía que se utiliza para fabricar un papel virgen.

E. Participación de la población.

La población, en general, tiene escaso conocimiento acerca del manejo de los residuos sólidos, del valor de recuperación de lo que se considera "inservible" y no se identifica con el problema. Se toma como único responsable del servicio de aseo urbano a la municipalidad o el gobierno central, esperando muchas veces que los mismos subvencionen los costos del servicio.

Esta actitud tiene como consecuencia que al tener la falta de cobertura del servicio de aseo, la gente descarga sus desechos a los ríos, lagos y barrancos sin ninguna conciencia ecológica. Muchas veces estos desechos son dipuestos en tiraderos a cielo abierto en terrenos baldíos o en áreas comunes como calles y banquetas, ya que se consideran que estas áreas "son de todos y de nadie".

Aún cuando se tiene proyectada la cobertura de un

servicio, sobretodo en lo que se refiere a estaciones de transferencia, plantas de tratamiento y disposición final; se tiene un rechazo de la población a tener cerca de sus casas a cualquier tipo de infraestructura de manejo de residuos debido al conocido fenómeno "NIMBY", que es una abreviación de "Not In My Back Yard" que significa "En mi patio trasero, NO".

De todo esto, el historial del mal manejo de la basura tiene mucha culpabilidad. Por ejemplo, cuando se llama "relleno sanitario" a operaciones que no cumplen con los requisitos técnicos, se tiene como consecuencia que la comunidad asociará un relleno sanitario a los malos olores, contaminación ambiental y molestias en general. De modo que la población mostrará una oposición a ubicar rellenos sanitarios o cualquier tipo de infraestructura en sus vecindarios, dificultando la labor de los programas de educación ambiental.

La educación ambiental no siempre ha sido bien enfocada. Las campañas algunas veces llevan a la población a un patrón de comportamiento que requiere una respuesta del servicio para la cual no hay recursos. Un caso común es requerir que la población no arroje basura a las calles y a la vez no tener la capacidad para proporcionar suficientes recipientes con un sistema de recolección de la basura (OPS, 1991).

En general, las empresas de aseo, con excepción de las Organizaciones No Gubernamentales (ONGs), no toman en cuenta

la participación de la población en la planeación y operación de los servicios (OPS,1991).

La educación y participación de la población es importante en cualquier programa de manejo de residuos sólidos. Su objetivo principal debe ser promover una ética de manejo de residuos sólidos, llevando al público no sólo el conocimiento ó información acerca de este tema, sino que este trabajo educativo vaya orientado hacia un cambio en la conducta de la población. Este trabajo debe ir siempre de la mano con cualquier proyecto de manejo de residuos; ya sea que se trate de recolección, estaciones de transferencia, plantas de tratamiento o disposición final. De hecho, se puede decir que no tomar en cuenta este aspecto social podría conllevar al éxito o fracaso de un proyecto.

Debe considerarse dentro de los costos del proyecto los programas para la concientización de la población. Esta educación se puede hacer mediante juntas o reuniones, eventos especiales, conferencias, materiales de promoción, cartas a los periódicos y empleando en general cualquier medio de comunicación que permita a los responsables de un proyecto de manejo de residuos sólidos llegar al público.

Aunque estas campañas van orientadas a todo el público en general (vendedores de mercado, dueños y trabajadores de tiendas, amas de casa, etc), se debe distinguir dos grupos dentro de los programas de educación ambiental. Un grupo "consejo" es capacitado en la tecnología que se encuentra

disponible para resolver el problema del manejo de los residuos, el cual está conformado por miembros de la comunidad y participa en las decisiones. En seguida se debe establecer un grupo "comunitario" que aporte información acerca de las necesidades de la comunidad y los posibles problemas que se podrían presentar al tratar de formular una solución al problema.

Sobretudo, es importante que la población conozca el porqué, cómo y cuándo se va a realizar un proyecto de residuos sólidos, haciendo que la comunidad participe desde el inicio en el proyecto. Además de lo mencionado, los programas de educación ambiental deben exponer la responsabilidad que ejerce la población sobre su basura, siendo estos los productores de la misma. La comunidad debe entender los costos y los riesgos asociados al manejo de la basura. La educación debe ir más allá de dar a conocer el impacto del mal manejo de la basura en el ambiente, considerando al generador como "el único responsable" de su basura.

En Guatemala se tiene experiencia en la participación de la población en el proyecto de la planta de tratamiento integral de manejo de desechos "Alameda Norte". La municipalidad capitalina dejó el proyecto en manos de la comunidad, luego de haber construido un 50% de la infraestructura. Con esto se ha demostrado que la población sí es capaz de tener en sus manos el manejo de la solución

de los residuos sólidos, ya que esta comunidad ha logrado mantener funcionando el sistema cerca de 7 años. Sin embargo, la población necesita el seguimiento a los proyectos, el apoyo técnico y financiero. La participación y cooperación entre la población, las autoridades municipales y la orientación de expertos en el tema, es el camino más corto en la solución del manejo integral de los residuos sólidos.

III. RECOLECCION, BARRIDO DE CALLES Y TRANSPORTE

La recolección de los residuos es un factor importante y costoso a considerar en el manejo de los residuos sólidos municipales. Se debe tomar en cuenta la salud y seguridad pública y de los trabajadores. En este sentido, se busca obtener la más amplia cobertura posible y el mínimo de molestias al público; evitando problemas de salud a los trabajadores como son lesiones de músculos, lastimaduras de espalda, hernias, lesiones en las manos y en los pies.

Un sistema de recolección deberá considerar una serie de factores fijos de diseño como lo son: el tipo de residuo producido, cantidad de residuo generada, densidad de la población, topografía, forma física de la ciudad, clima y los hábitos y costumbres tradicionales de la población, entre otros.

En la ciudad de Guatemala la cobertura de la recolección es de un 66%, aunque para ciudades grandes el promedio de la cobertura de este servicio es de 82% (OPS, 1991). Como la recolección la realiza la municipalidad, empresas privadas y los propios vecinos, se cuenta con un sistema insuficiente de recolección que no tiene un mecanismo legal o administrativo que controle y ordene la concesión de zonas de recolección. De hecho, el barrido de calles lo cubre

la municipalidad en un área limitada (ver Tabla 3.1).

En el área departamental de Guatemala, se tienen problemas de prestación del servicio en los sectores de Mixco, Villa Nueva, Villa Canales, Santa Catarina Pinula y Chinautla. Un estudio realizado por el JICA (Japanese International Cooperation Agency) dio a conocer la existencia de 500 botaderos clandestinos en el área metropolitana de Guatemala, debido a la falta de cobertura en la recolección de los residuos, tanto por los recolectores privados como los municipales, incumplimiento de la legislación existente y la falta de educación ambiental. En el Capítulo V del presente trabajo se discutirán los problemas asociados con la disposición final en botaderos a cielo abierto.

A. Procedimientos de recolección.

1. Rutas de recolección. El diseño de la ruta de recolección se puede hacer por el método de esquina o de parada fija, por acera, intradomiciliar y por contenedores. Los factores a tomar en consideración son: la frecuencia, el horario, selección de la flotilla (potencia del motor, combustible, chasis, capacidad muelles, carrocería, carga lateral ó trasera) y cálculo del tamaño óptimo de la flotilla.

Existen tres etapas en el diseño de las rutas de

recolección. La primera es elegir un número óptimo de camiones dependiendo de la cantidad y composición de los residuos generados. En la segunda etapa, se efectúa el diseño de macro-rutas en las que se asignan los vehículos recolectores a cada área de recolección de la ciudad para efectuar adecuadamente la recolección de la basura, minimizando el costo horario de los vehículos. La última etapa es el diseño de micro-rutas, en las que en base a un estudio del área que servirá cada camión, se calcula el camino mínimo que deberá observarse en esas áreas por parte de cada camión.

a. Método de recolección de parada fija. Este método consiste en hacer llegar el camión recolector hasta una esquina donde anuncia su llegada generalmente por medio de una campana, los usuarios acuden y entregan sus residuos a la cuadrilla de recolección, quienes los depositan en el camión recolector. Una vez terminada la recolección en una parada, el vehículo transita a la siguiente parada o esquina.

Este método tiene la ventaja de tener costos bajos de operación, mayor cobertura y eficiencia del servicio y no hace necesario el tránsito por todas las calles de la zona de recolección. La desventaja es que requiere la participación activa del usuario para entregar los residuos al servicio de recolección, quien se ve obligado a

permanecer en su casa en el momento de la recolección y muchas veces debido a que todos los miembros de la familia trabajan o tienen otros oficios, razón por la cual se dificulta encontrar el horario más adecuado de recolección que pueda adaptarse a todas las familias en un área.

b. Método de recolección por acera. El vehículo

circula a un velocidad muy baja por ambos lados de la calle donde los usuarios han depositado sus residuos sobre la acera en recipientes apropiados; los operarios los recogen, vacían y regresan al mismo sitio, de donde los usuarios los introducen ya vacíos a sus casas.

Se recomienda que se emplee un vehículo recolector de carga trasera debido a su baja altura de carga. Se requiere además que la población haya participado en alguna campaña de educación sanitaria y contar con los medios económicos suficientes que les permita colocar los residuos en recipientes adecuados para facilitar este tipo de recolección y evitar molestias (olores, derrame de lixiviados en la acera, animales callejeros que voltean o rompen los recipientes, etc).

c. Método de recolección intradomiciliario. Este

método es similar al anterior, con la variante que el operario entra hasta los predios (i.e. al jardín o patio trasero) a recoger los residuos sólidos y después de

transferirlos al camión recolector, regresa el recipiente a su origen. Este método presenta la obvia desventaja que debido a la inseguridad que se vive en nuestros países, los usuarios no están dispuestos a consentir la presencia de "extraños" en sus patios o jardines. Además de esto, el servicio prestado es de nivel superior y los costos de operación y el tiempo de recolección son muy altos.

d. Método de recolección con contenedores. Cuando

las áreas generadoras tienen zonas de difícil acceso para los vehículos recolectores y cuando se trata de centros de alta generación de residuos sólidos como mercados, hoteles, centros comerciales u hospitales, se recomienda el uso de contenedores.

Estos contenedores deben ubicarse en un lugar de fácil acceso para que el vehículo realice las maniobras sin problemas. El vehículo debe ser de preferencia de carga frontal, ya que las maniobras de descarga se dificultan por el peso de los contenedores cuando están llenos. La desventaja que se aprecia en este método es que si llega a fallar el servicio, se crea un foco de contaminación al sobrecargarse el contenedor y derramarse los residuos sobre el suelo.

e. Combinación de métodos de recolección. Según

las necesidades y los recursos de la población,

se puede emplear más de un método de recolección mencionados anteriormente.

2. Frecuencia de recolección. La frecuencia de recolección se refiere a la periodicidad con la que se presta el servicio. Este período puede variar desde un número de veces al día, semana o mes en que un vehículo recolector sirve un sector.

La frecuencia más común es el número de veces por semana. Esta frecuencia de recolección dependerá del tiempo en que los residuos sólidos inician su descomposición, condiciones climáticas, disponibilidad del equipo y cantidades de residuos sólidos generados por la población. Para residuos sólidos urbanos se recomienda una frecuencia de recolección de dos o tres veces por semana. En general, la frecuencia de recolección dependerá de la fuente generadora de residuos, como en el caso de los mercados donde se requerirá de una frecuencia diaria de servicio.

La mayoría de las ciudades de América Latina adoptan una frecuencia de recolección diaria, que no es necesariamente la más económica pues conlleva a elevar los costos del servicio en desgaste de equipos, salarios del personal y combustible.

En las zonas marginales, los servicios de recolección son prestados esporádicamente, debido a que los habitantes no tienen la capacidad de pago. Sin embargo, las zonas de

alto y mediano ingreso están bien atendidas.

3. Horario de Recolección. El horario de recolección dependerá del tamaño de la ciudad, condiciones de tránsito en la zona a recolectar, condiciones climáticas y diversos factores que pueden determinar la necesidad de llevar a cabo una recolección nocturna, diurna o a primeras horas de la mañana.

Se adoptará una recolección nocturna en las zonas donde el tránsito de vehículos sea muy intenso, con el objeto que los equipos de recolección no provoquen un mayor desquiciamiento del tránsito en el sector. También será recomendado en lugares donde es deseable que los residuos sólidos no estén a la vista del público. Se adoptará una recolección a primeras horas de la mañana en zonas de clima cálido, en las cuales las actividades se inician a muy temprana hora. El horario diurno es el más económico y el más comúnmente empleado en América Latina.

4. Equipo de recolección. El éxito de cualquier sistema de recolección dependerá en gran parte de la selección del equipo apropiado. Los factores a tomar en cuenta para seleccionar el equipo de recolección que se adapte al diseño son: la potencia del motor que está en función de la clase de pavimento (adoquín, asfalto, piedra, etc), peso bruto del vehículo, velocidad promedio y área

frontal de carrocería; el chasis que debe considerar distancia entre ejes y cargas sobre las llantas; la carrocería que depende del tipo de recolección que se empleará (es decir, lateral para el método de esquina; frontal para el método de contenedores, y trasera para el método de acera); las llantas, el combustible, el ancho y tamaño de intersección de las calles, densidad habitacional, etc.

5. Personal. Para el desarrollo de los sistemas de barrido y recolección de calles es esencial contar con una cuadrilla de número apropiado de trabajadores y que puedan proporcionar un rendimiento óptimo.

En América Latina el rendimiento para barrido y recolección de calles es de 1.0 a 2.5 km de calle/día; para la recolección de residuos domiciliarios es de 0.4 a 0.8 kg de basura/ km y en general se requiere de 4 a 8 barrenderos por cada 10 000 habitantes. Cada trabajador recolecta un promedio de 2 a 5 toneladas por jornada con un equipo de camión compactador de 10 a 15 metros cúbicos que realiza en su mayoría dos viajes de 4 a 5 toneladas por turno (OPS, 1991).

El rendimiento dependerá del apoyo que tenga el personal mediante un barrido mecánico en zonas muy transitadas, de la proporción de las calles pavimentadas, del grado de dificultad del barrido y de la educación y cooperación de la

comunidad. Algunos de los métodos de recolección y barridos de calles requerirán de cierto grado de capacitación del personal, quienes tendrán que aprender a dar un mantenimiento y uso adecuado al equipo de limpieza empleado.

6. Estación de transferencia. El tiempo de acarreo es importante debido a que el tiempo en ruta de recolección es reducido por el tiempo que transcurre hasta llegar al lugar de descarga. Este tiempo de acarreo puede reducirse a través de un mayor número de viajes (varios turnos), mayor capacidad de los vehículos (elevando costos) o fijando un lugar de descarga cercano al área de recolección en una estación de transferencia.

En los casos donde el relleno sanitario o la planta de tratamiento se encuentra a poca distancia, el vehículo recolector viaja directamente al lugar de disposición, descarga y regresa a su ruta o a su lugar de almacenamiento. Sin embargo, debido al desarrollo de las áreas metropolitanas y a la ubicación cada vez más lejana de sitios adecuados de disposición final, se ha requerido etapas intermedias para que los viajes no sean muy largos, pues de esta forma se pueden acarrear la basura en unidades de 40 a 60 m³ con costos unitarios de transporte más bajos.

Las estaciones de transferencia son instalaciones centrales en donde los residuos son descargados de varios vehículos recolectores "pequeños" y cargados en un vehículo

de mayor capacidad de transporte que lo llevará hasta el sitio de disposición final. Es por eso que estas estaciones se colocan dentro del área de recolección para incrementar la eficiencia del sistema de recolección y ahorrar los costos de transporte. Las estaciones de transferencia se emplean en América Latina en países como Brasil, Argentina, Colombia, México, Perú y Venezuela. Su utilización deberá ser cada vez más frecuente conforme se agoten las ubicaciones de disposición final en las cercanías de las ciudades.

a. Tipos de estación de transferencia.

Las estaciones de transferencia puede ser de tipo de carga directo e indirecto. En una estación de transferencia de tipo de carga directo, se tiene una descarga en tolva con trailer, tren o barcaza abiertos en donde se hace un vertido sin compactación. En el tipo indirecto se puede descargar en el piso, en una fosa de almacenamiento o en una tolva con sistema de compactación o procesamiento y se descarga en una banda transportadora.

El efecto de la compactación en este segundo método no es tan ventajoso, debido que la densidad inicial de la basura de los países en desarrollo es bastante grande. Además los mecanismos de compactación tienen un costo elevado y mantenimiento difícil. La Figura 3.1 ilustra algunos métodos de transferencia.

b. Ubicación de estaciones de transferencia.

Dentro de las consideraciones para seleccionar un sitio de ubicación de una estación de transferencia se tienen: la viabilidad, cercanía de las áreas habitacionales, topografía, climatología, superficie disponible, cercanía de las zonas de recolección y disponibilidad de servicios (infraestructura urbana). Debido a la cantidad de residuos que se maneja en una estación de transferencia y concentración de vehículos recolectores, que se encuentra en un área urbana o suburbana, la ubicación encuentra casi siempre una gran oposición pública.

c. Justificación de una estación de transferencia.

La presencia de una o más estaciones de transferencia dentro de un sistema de manejo de residuos sólidos se justificará siempre que el costo total de la recolección, transferencia y disposición final sea menor que el costo total de recolección y acarreo directo con disposición final. De modo que es necesario un análisis de costos detallado en el estudio de prefactibilidad de la construcción de una estación de transferencia. La Figura 3.2 ilustra este aspecto.

La tendencia actual de las estaciones de transferencia es de un incremento en su empleo, tomando en cuenta que los sitios de disposición final estarán cada vez más alejados en

la periferie de la ciudad. Las estaciones deberán ser techadas con un sistema de control ambiental, integrándose a su entorno natural mediante arquitectura del paisaje.

7. Limpieza de vías y áreas públicas. Debido a que el tránsito de vehículos produce vientos que levantan y transportan la basura de la calzada hacia las cunetas y aceras, el servicio de aseo y limpieza pública tiene dos componentes: aceras y cunetas.

La basura recogida en las vías públicas incluyen papeles de diversos tipos, plásticos, residuos de alimentos, tierra, arenas, grasa y carbón que provienen de los vehículos, residuos de vegetación y misceláneos que dependen del lugar de procedencia. Sin embargo, en las cunetas casi siempre sólo se encuentra polvo denso debido a la acción del viento, el cual propaga los residuos hacia las aceras, como se dijo anteriormente.

Los sistemas de barrido de calles pueden ser manuales o mecánicos. El sistema que se adapte dependerá de la cantidad, composición y ubicación de residuos a ser removidos de las vías públicas. Es opinión de la autora que el factor más importante será la educación ambiental que se le dé a la población para evitar que los residuos se expulsen a la vía pública.

a. Barrido manual. El sistema de barrido manual requiere una baja inversión inicial, siendo que únicamente se requiere la adquisición de uniformes, herramientas y carritos de basura. El carrito puede ser un cilindro montado en dos ruedas, cuya capacidad oscile entre 80 y 100 litros. Se recomienda que el cilindro no exceda una capacidad de 100 litros, para evitar que la transferencia de la basura al camión recolector se haga más dificultosa. Se recomienda que se uniformen sacos plásticos con algún color y emblema especial para contar con una supervisión del trabajo.

Por lo general el trabajo del barrendero consistirá en barrer la basura de la acera hacia las cunetas en tramos de 20 á 50 metros. Luego se deberá reunir la basura de las cunetas en dirección contraria al tránsito vehicular e ir acumulando montículos. Un carrito que ha sido previamente forrado con un saco plástico se mueve sobre las aceras hasta el punto donde se encuentra el montículo. Se recoge el montículo y nuevamente se sigue el mismo procedimiento. Los sacos plásticos llenos serán posteriormente recolectados por un camión. Se recomienda que este barrido manual se realice en las primeras horas de la mañana. La frecuencia del barrido dependerá de la zona a tratarse. El centro y sectores comerciales requerirán hasta de 5 veces al día; en las vías menores solamente requerirán una vez al día;

mientras que en los sectores residenciales de alto ingreso se requerirá una frecuencia de una vez a la semana. Al igual que en los sistemas de rutas de recolección, el barrido de calles requerirá un estudio de tiempos para determinar la longitud de las rutas y el tamaño de la cuadrilla.

El barrido manual presenta las ventajas de poder barrer cualquier tipo de pavimentación y facilidad de recoger cualquier tipo de material, principalmente objetos que dañan las barredoras mecánicas como son trozos de madera y objetos punzantes; sobretodo tiene la ventaja de poder barrer sobre las aceras salvando cualquier obstáculo. Entre las desventajas se puede incluir la dificultad de remover lodos y arena adheridos a los sumideros, tiene un costo operacional mayor y se debe contar con una cantidad de mano de obra operacional eficiente, la cual representará un costo mayor en sueldos y prestaciones.

b. Barrido mecánico. Se puede efectuar mediante barredoras mecánicas y neumáticas. La diferencia entre ambas es que las barredoras neumáticas están provistas de aspiradores con los que pueden absorber agua y desperdicios en las depresiones existentes, como en las cunetas, produciendo menos polvareda que las barredoras mecánicas. Sin embargo, su costo inicial, de operación y mantenimiento es mucho más elevado que el de una barredora

mecánica. Tanto la barredora mecánica como la neumática, están provistas de escobillones laterales que rotan sobre ejes verticales, desprenden e impelen los residuos sólidos desde el borde de las cunetas hacia el centro del equipo, en donde los recoge un escobillón rotatorio que gira alrededor de un eje horizontal que los hecha hacia un recipiente con capacidad variable de 1.5 a 2.5 m³.

Debido a que el problema esencial del barrido mecánico son los vehículos abandonados o mal estacionados en las vías públicas, se requiere de la cooperación de la Dirección General de Tránsito para que el barrido mecánico no encuentre obstáculos. Por este motivo, se recomienda que el barrido se efectúe en hora nocturna, cuando hay menos posibilidad de encontrar vehículos estacionados.

El equipo de barrido mecánico requiere de un mantenimiento adecuado, debido a la naturaleza del trabajo que expone todas las uniones al polvo y la mugre. Si no se tiene cuidado en la limpieza y engrase de las piezas, se ocasionará el desgaste prematuro del equipo. Por ejemplo, las escobillas deben pasar por una limpieza meticulosa y deben operarse a una presión adecuada, ya que el empleo de una presión excesiva no sólo desgasta las escobillas, sino que sobrecarga la transmisión y el motor.

La ventaja que puede presentar el uso de este barrido es la eficiencia total en la remoción de la basura acumulada con una rapidez y mayor cobertura de operación

(especialmente cuando se producen grandes cantidades de basura como en ferias, plazas públicas, etc.). A la vez, se requiere de una alta inversión inicial en equipos, darles un mantenimiento adecuado y este equipo sólo opera en vías que estén asfaltadas y niveladas a una pequeña inclinación.

8. Agencias de recolección. Se pueden contar con varias opciones para la prestación del servicio de recolección de residuos sólidos municipales.

a. Servicio público. El servicio público cuenta con todo el equipo que es propiedad del municipio, que opera y maneja su propio personal; también determina las tarifas de cobro al usuario y las fuentes de financiamiento. En Guatemala, por mandato legal, el servicio de limpieza pública le corresponde a la municipalidad (Departamento de Limpieza Pública Municipal) que maneja la recolección, transporte, limpieza y disposición final de los desechos sólidos provenientes de las áreas públicas.

b. Servicio por contrato. El municipio establece las tarifas de cobro al usuario y las fuentes de financiamiento. Puede ser que el municipio proporcione el equipo, y el contratista solamente lo opera o bien el contratista proporciona tanto el equipo como el personal. Sin embargo, el contratista no maneja el dinero del usuario.

c. Servicio paraestatal. Una ONG con participación tanto pública como privada posee y opera los equipos, maneja el personal, determina tarifas de cobro al usuario y fuentes de financiamiento. La ONG estará a cargo de dar la planificación, comercialización y mantenimiento al sistema con la supervisión de la Municipalidad.

d. Servicio privado. Una empresa privada posee y opera los equipos, maneja al personal, determina las tarifas de cobro al usuario y las fuentes de financiamiento, dentro de un control del Estado.

En América Latina se tiene la tendencia hacia la formación de empresas autónomas, brindando la concesión a empresas privadas para la prestación del servicio de recolección.

En Guatemala, la recolección de los desechos sólidos domiciliarios lo realizan estas empresas privadas, quienes cobran una tarifa por servicio prestado, el cual es efectuado en forma similar al método de recolección por acera en el que los operarios llaman a la puerta de cada hogar para recolectar los desechos de cada casa. Sin embargo, la ausencia de un departamento con el apoyo suficiente para supervisar y controlar este sistema, crea la

tendencia a tirar la basura en áreas públicas.

B. Aspectos a considerar en un proyecto de aseo urbano.

1. Aspectos institucionales. Muchas de las razones por las que la población toma como único responsable del servicio de aseo urbano a la municipalidad ó el gobierno central, esperando que la misma subvencione los costos del servicio, es debido a que en el pasado los operadores del servicio de aseo eran las municipalidades. Este servicio se llevaba a cabo dentro de una administración centralizada, que manejaba también el alumbrado, pavimentación y otros. Sin embargo, con el paso de los años, debido al aumento acelerado en la demanda del servicio, los gobiernos municipales se vieron obligados a terminar las subvenciones. De este modo, aunque la limpieza de áreas y vías públicas aún se subvenciona, los servicios de recolección tienen una tarifa para el usuario.

Los principales problemas en la planeación de un sistema de aseo es que no existe una visión clara de los objetivos. La política es un factor dominante en las decisiones y casi siempre los recursos financieros son inferiores a los necesarios.

La crisis económica por la cual los países

Latinoamericanos están pasando da como resultado un servicio que para poder continuar prestándose, requiere bajar su calidad excediendo la vida útil del equipo y seguir empleando métodos convencionales de recolección.

Por otro lado, cuando no se tiene un cobro específico ó se supone incluido en los impuestos prediales, no se puede contar con un control de ingresos y costos, ya que se maneja el presupuesto en forma central y global, no siendo posible conocer la eficiencia del servicio. El cobro del servicio se practica en algunos países mediante la facturación de algún otro servicio prestado como la electricidad y el agua.

Es evidente que estos problemas requieren un manejo a nivel nacional, de modo que se centralice la toma de decisiones y se establezcan políticas que permita avances técnicos, administrativos, gerenciales y financieros del servicio. Se debe buscar que exista una integración de esfuerzos entre los Ministerios de Salud e instituciones responsables del ambiente, educación, del interior y una bancada especializada en financiamiento de obras y servicios. El Programa de Salud Ambiental de la OPS, Washington, D.C. propone que esta integración se puede lograr mediante un "Sistema Nacional de Aseo Urbano", que es un conjunto de instituciones con normas, planificación y recursos económicos para evaluar la situación del sector de aseo urbano, de modo que se puedan conocer las necesidades de este servicio y establecer políticas que lleven a

ejecutar planes y programas que cubran estas necesidades.

2. Aspectos legales. La legislación de cada país se encuentra sufriendo cambios radicales a nivel mundial en sus requerimientos para el manejo de los residuos sólidos (Wilson, 1981).

El trabajo que ha venido realizando la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), ha servido a algunos países como México para establecer no solamente leyes federales y orgánicas sino que también su reglamentación respectiva. De ahí que México cuenta al momento con normas oficiales en materia de residuos sólidos municipales y peligrosos.

Es importante tomar en cuenta que para desarrollar un Sistema Nacional de Aseo Urbano se requiere la existencia de normas que complementen los reglamentos o por lo menos que la legislación existente permita el desarrollo de dicho plan. Estas normas deben ser elaboradas junto con un plan orgánico que establezca una entidad que funcione como "procuraduría" para que al desarrollarse las mismas, se hagan cumplir.

En México, la responsabilidad de proporcionar los lineamientos técnicos y legales para el control de la contaminación ambiental recae en la "Secretaría de Desarrollo Social", entidad que en algunos casos también proporciona el apoyo operativo a las localidades que los

requieran.

En Guatemala se han establecido leyes, reglamentos orgánicos y acuerdos que permiten el desarrollo de un marco legal donde se pueda llegar a establecer normas para el manejo de los desechos sólidos en el país.

La Constitución de la República otorga al Estado el deber de velar por la salud de los habitantes. El Código de Salud asigna al Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social la tarea de agilizar la disposición de normas para los procesos del manejo de los residuos sólidos.

El Código Municipal asigna, a la vez, la responsabilidad de las municipalidades, en su artículo 30:

" La Municipalidad tiene como fin primordial la prestación y administración de los servicios públicos de las poblaciones bajo su jurisdicción territorial, básicamente sin perseguir fines lucrativos, y por lo tanto, tiene competencia para establecerlos, mantenerlos, mejorarlos y regularlos, garantizando su funcionamiento eficiente, seguro, continuo, cómodo e higiénico a los habitantes y a los beneficiarios de dichas poblaciones, y en su caso, la determinación y cobro de tasas y contribuciones equitativas y justas."

Es opinión de la autora que la responsabilidad de la Municipalidad queda inscrita en forma implícita en este artículo. Aunque la municipalidad no efectúe la prestación de un servicio de aseo urbano (servicio público), sino que los mismos sean rendidos por una empresa particular u otra agencia de recolección, la Municipalidad es quien estará a cargo de dirigir la prestación de dicho servicio al

contratar y decidir acerca de la agencia de recolección que se emplee.

Dentro de la legislación guatemalteca incluso se tiene asignada la responsabilidad que tiene el sector público, de modo que tanto la Constitución de la República como el Código Civil dan conocimiento a cada ciudadano del derecho y el deber de participar activamente en la planificación, ejecución y evaluación de los programas de salud.

La ley vigente contempla además sanciones de tipo administrativo y jurídico. En el aspecto administrativo, la imposición de las sanciones se aplica con dificultad debido a la dispersión de la legislación y a la duplicidad de entidades competentes.

El código penal es claro en señalar sanciones como el que determina el artículo 494:

"Será sancionado con arresto de diez a sesenta días:
14.- Quien arrojar animal muerto, basura o escombro en las calles ó en sitios públicos o donde esté prohibido hacerlo, o ensuciar las fuentes ó abrevaderos.
15.- Quien infringiere disposiciones legales sobre la elaboración de substancias fétidas, insalubres o peligrosas o las arrojar a las calles."

Para que la legislación guatemalteca pueda ser eficaz (que se llegue a aplicar) y eficiente (que sirva al ser aplicada), se requiere que exista una reglamentación específica de las leyes existentes y que se genere un mecanismo legal para la aplicación de las normas. Debe existir un compromiso entre el Estado (tanto en su organismo

Legislativo como en el Ejecutivo), las municipalidades, grupos ecológicos y todos los generadores de las basuras.

IV. TRATAMIENTO

El proceso de tratamiento de residuos sólidos se presenta como una alternativa frente al uso exclusivo de la disposición final, debido a:

1. El incremento de los costos de disposición final, ocasionada por la poca disponibilidad de sitios adecuados, elevando los costos de adquisición y transporte.
2. La degradación y escasez de los recursos naturales, así como el incremento de los costos de ciertas materias primas y energéticas necesarias para la fabricación de diversos productos.
3. El interés económico (valor de recuperación) en los materiales factibles de recuperar.

El tratamiento de los residuos es un conjunto de técnicas y métodos de procesos físicos, químicos y biológicos, que se aplican a los residuos con la finalidad de modificar sus características.

En este sentido, se procura mejorar la eficiencia de los sistemas de aseo urbano mediante un acondicionamiento de los residuos sólidos a través de una estabilización química, una compactación, embalaje o cualquier procedimiento que

facilite el almacenamiento, transporte y disposición final de los residuos.

El tratamiento permite la recuperación de materiales utilizables, tales como papel, cartón, plástico, etc. Debido al valor de recuperación de estos materiales, se han desarrollado una variedad de técnicas para el aprovechamiento de cada componente.

Los residuos orgánicos combustibles pueden convertirse en productos intermedios y, finalmente, en energía mediante una incineración, digestión anaerobia o pirólisis. Sin embargo, existen ciertos condicionantes para que estos procesos se lleven a cabo. El tratamiento que sea aplicable a los residuos sólidos dependerá de ciertas características en la composición de los mismos. Por ejemplo, para llevar a cabo la incineración es necesario conocer el poder calorífico, el contenido de materias combustibles y el porcentaje de humedad. Del mismo modo, para la obtención de composta se requiere los datos acerca del contenido de materias fermentables, minerales y contenido de agua (El "CHON" de la basura).

El tratamiento logra un control de la contaminación ambiental mediante una reducción de residuos sólidos y del potencial contaminante.

Cuando se analiza la posibilidad de introducir algún proceso de tratamiento en el sistema de aseo urbano, es necesario considerar las características de los residuos, la

cantidad generada, el destino de los productos resultantes (disponibilidad en el mercado y comercialización), costos de inversión, controles ambientales, disponibilidad de personal calificado en operación, mantenimiento y accesibilidad de repuestos.

A. Procesos de reducción de residuos.

Existen dos tipos de reducción : la primera se refiere a la reducción en cantidad de residuos generada y la segunda se refiere a la reducción en volumen producido.

1. Reducción de residuos en la fuente de producción y punto de generación. La Agencia de Protección Ambiental (EPA,1989), define la reducción en la producción de residuos como:

"El diseño, manufactura y uso de productos con el fin de reducir la cantidad y toxicidad de los desechos producidos cuando los productos han alcanzado el final de su vida útil."

Si bien es cierto que la reducción en sí no se puede considerar como un manejo de residuos sólidos, la misma tiene un impacto de consideración en todos los procesos y particularmente en la disposición final de los desechos. Es una herramienta que se puede usar para efectuar las decisiones que sean necesarias acerca de cómo deben ser

fabricados ciertos productos y qué materia prima están utilizando para fabricarlos.

Un programa de residuos sólidos debe intervenir directamente en el ciclo de la manufactura de un producto, como se muestra en la Figura 4.1, para lograr como objetivo un diseño del producto con el mínimo contenido de materiales tóxicos, menor volumen y una mejora en calidad para lograr una mayor vida útil.

El concepto de reducir los desechos sólidos tiene beneficios evidentes dentro de un sistema de aseo urbano, logrando una menor cantidad de residuos a ser manejados y/o tratados. Sin embargo, es muy difícil evidenciar estos beneficios en cifras debido a que al momento del presente trabajo, no se han efectuado estudios a fondo que puedan comprobar las ventajas de este método. A simple vista, el solo hecho de tener menos residuos que manejar y/o tratar implica una reducción en desechos que llegan a la disposición final (relleno sanitario), disminuyendo los costos de manejo y prolongando la vida útil del sitio de relleno.

Una política de reducción implica una integración de esfuerzos de parte de los distintos establecimientos comerciales, industrias, y sobretodo, del gobierno.

La reducción se puede lograr mediante los siguientes pasos:

a. Reutilización del producto. Se refiere a

emplear productos reutilizables, en vez de su equivalente descartable o desechable. El empleo de bolsas de supermercado que se puedan utilizar varias veces es un ejemplo. Esto se puede lograr mediante el cobro de la bolsa de plástico, de modo que la persona tenga un incentivo económico para reutilizar el producto.

b. Reducción del volumen de material. Se puede

lograr una reducción en el volumen de empaques mediante el empleo de envases grandes de comida (siempre que no se desperdicie la comida), usando envases retornables de vidrio, disminuir los envases superfluos (como la caja de cartón en las pastas dentales), emplear envases tetrapack, fomentar el uso de productos concentrados (como el uso de detergentes y líquidos de limpieza en el hogar).

En países como Finlandia, Suecia, Noruega y sobretodo Dinamarca hace ya varios años existe una reglamentación para disminuir el envase superfluo (un envase que recubre otro envase sin ningún beneficio adicional) y a la vez fomentar el uso del envase retornable. Esto se ha logrado mediante la imposición de fuertes impuestos para los productos con envases no retornables.

c. Reducción en la toxicidad del producto y

fabricación de productos de fácil degradación o recuperación. Se puede lograr la obtención de productos sustitutos a los que son difíciles de tratar, debido a que a veces se emplean materiales tóxicos como el Plomo y Cadmio (en las pinturas), compuestos de difícil manejo. En Alemania, donde ya se tiene avanzada la gestión racional de residuos sólidos, existe desde 1991, una ley conocida como "Decreto Töpfer", llevando el apellido del ministro que la desarrolló. Esta ley regula la recolección y reciclaje de residuos. La fundamentación de la ley es de que los fabricantes están obligados a recoger y reciclar los residuos de aquellos productos que han suministrado previamente, ya sea en forma directa o por medio de una compañía particular. De esta manera, se puede llegar a una racionalización del uso del envase utilizándolo sólo cuando sea necesario con materiales fácilmente reciclables. Sin embargo, se requiere de muchos recursos económicos para establecer este tipo de medidas.

d. Prolongación de la vida útil del producto. La

industria está en la capacidad de implementar técnicas que puedan llevar a que un producto tenga una mayor durabilidad o que permita un mantenimiento y reparación para que el producto no sea descartado. Un ejemplo puede ser el de las llantas, cuyo material es difícil tratar. El

reencauche permite añadir algún tiempo de vida útil a los neumáticos y, además, existen técnicas para producir llantas que tengan una mayor duración.

e. Reducción del grado de consumismo existente. Los consumidores deben tomar conciencia del tipo de productos que están adquiriendo y en la cantidad de desechos que generan; los efectos adversos que pueden producir ciertos productos en el medio ambiente.

Los valores sociales y culturales que los pueblos de los países en vías de desarrollo están heredando de los países industrializados, lleva a la tendencia de buscar siempre lo más rápido, conveniente y nuevo en cualquier producto que se consuma.

El mejor incentivo para disminuir la cantidad de residuos generados, lo constituye el cobro por volumen de desechos recolectados a los usuarios. Si se tiene que pagar "extra" en el servicio de recolección por una mayor cantidad de residuos generados, el consumidor tendrá la tendencia de reducir el volumen de residuos producidos.

2. Reducción de los residuos durante el manejo. La reducción de los residuos durante el manejo tiene como objetivo facilitar el transporte o la disposición final, minimizando el volumen de la basura a ser manejada mediante procesos de compactación, extracción de lixiviados

y trituración de la basura. Sin embargo, ninguno de estos procesos puede lograr la reducción en cantidad de la basura, sólo se puede alcanzar un cambio en la densidad para ocupar un volumen menor.

En Europa existe maquinaria capaz de triturar con facilidad bidones, artefactos eléctricos, neumáticos de cualquier dimensión, colchones, muebles y maderas. Existen además compactadores capaces de llevar la basura a alcanzar una densidad de 1.15 ton / m³ (Bonfiglioli, S.A.).

B. Procesos de separación o segregación de materiales.

La segregación de los materiales se puede hacer en el punto de la generación con fines lucrativos, separando el material para fines de reciclaje o procesos de recuperación del material. También se puede requerir de la separación para los procesos de tratamiento de la basura para obtener un compuesto más estable, de menor tamaño y aumentar su manejabilidad. En cualquier caso, la recomendación es que este proceso de separación se haga en la fuente de generación en forma organizada. Como se dijo anteriormente, el ser humano es el mejor segregador de la basura.

1. Proceso de segregación manual. La segregación de materiales se puede lograr mediante la separación de materiales orgánicos e inorgánicos. Su objetivo es una

separación entre los materiales inorgánicos recuperables haciendo una distinción entre vidrio, papel, plásticos, metales, trapos y telas. La separación se puede hacer en hogares, centros de acopio, camiones recolectores, estaciones de transferencia y previo a ciertos procesos mecánicos; se puede conseguir una segregación hasta en el sitio de la disposición final (como el caso de los guajeros o pepenadores que efectúan este proceso en condiciones insalubres).

El producto de la segregación de estos materiales en los hogares puede facilitar los procesos de recolección, reciclaje, tratamiento y disposición final de los residuos. Por ejemplo, en el Japón existen programas de recolección especiales que asignan un día de la semana para la recolección de plástico, vidrio, etc. Aunque estos programas dependen para su éxito de una participación activa de la población, es opinión de la autora que el mejor método existente para lograr una separación de materiales eficaz y económica es mediante programas de recuperación y reciclaje de materiales por medio de una segregación en los hogares. La tabla 4.1 incluye una lista de varios residuos orgánicos e inorgánicos producidos en el hogar.

En el caso que la recolección directa para los diversos residuos no sea la solución económicamente factible, las comunidades que están involucradas en estos programas pueden acudir a los "centros de acopio" de materiales. Estas

instalaciones sirven para almacenar limpios y clasificados los residuos sólidos inorgánicos que las industrias demandan para utilizarlos como materia prima en la fabricación de nuevos productos. Los centros de acopio pueden servir además de intermediarios entre las industrias y la comunidad en el pago de cierta cantidad de dinero según el peso y la calidad de los residuos obtenidos, a la vez fomentar de esta forma la participación activa de la población a través de un incentivo económico.

2. Procesos de segregación mecánica. La mayoría de los procesos de recuperación física y química de los residuos requieren de una separación de sus componentes. El grado de separación dependerá del objetivo del tratamiento. De ahí, se podrá requerir procesos primarios, secundarios y terciarios de separación.

Se trata, en lo posible, de aprovechar las propiedades de la basura como: el tamaño de las partículas, la densidad o gravedad específica, susceptibilidad magnética, conductividad eléctrica, capacidad abrasiva y color entre otros.

a. Separación primaria. El objetivo de este proceso es separar la fracción orgánica de la inorgánica. Existen tres procesos empleados para lograrlo: trituración húmeda, pulpado aguado y la separación en seco.

Tanto la trituración como el pulpado emplean agua y tambores rotatorios para separar los residuos. Sin embargo, el proceso más empleado es el de la separación seca.

La separación en seco ilustrada en la Figura 4.2, consiste, básicamente, en una reducción de tamaño, cribado, separación por aire y magnética.

La basura ingresa a un rodete que funciona como alimentador de una máquina trituradora, la cual casi siempre consiste en un molino de martillo, donde los residuos son reducidos de tamaño. Una vez triturados, los residuos son conducidos por una cinta transportadora hacia un separador magnético, que puede consistir en un magneto estacionario suspendido, una polea magnética o un tambor magnético. En la Figura 4.3 se ilustran estos separadores típicos de magnetos. El separador magnético logra la obtención de metales ferrosos. El resto de materiales es transportado hacia un separador de aire, donde se puede lograr una separación de una fracción de material pesado, en su mayoría inorgánica. El material liviano pasa a través de un ciclón donde se le extrae todo el polvo, que llega a obtener como residuo la fracción orgánica.

El cribado antes del separador de aire permite la remoción del material fino con un alto contenido de polvillo. El material de mayor tamaño, atrapado en las cribas tiene un alto contenido orgánico. De modo que el material de granulometría intermedia puede pasar a través de

un separador de aire donde se puede obtener una recuperación de papel y plásticos.

La eficiencia de la segregación depende de la aerodinámica del separador de aire. Al presente, no se ha logrado obtener el grado de separación deseada debido a que dentro de la separación de los inorgánicos se obtiene también una cantidad de fragmentos de vidrio mezclados. A su vez la obtención de orgánicos viene acompañada de una fracción de plásticos y papel.

Se ha visto, además, que la trituración de la basura al inicio del proceso provoca la generación de finas partículas de vidrio, adherencia de orgánicos contaminantes dentro de las latas y contaminación del papel por orgánicos putrecibles; además de esto, la trituración es un proceso que consume alta energía. Como consecuencia, se ha visto que la mejor solución es iniciar el proceso con un tamizado de los materiales a través de un tromel o malla rotatoria. El tromel consiste en una malla rotatoria de aberturas de 8 cm, donde al segregar el material se obtiene una fracción combustible y metales atrapada en la malla y una fracción fina, consistente en material orgánico.

b. Separación secundaria y terciaria. El objetivo de los procesos secundarios y terciarios es la recuperación del producto de una separación primaria de inorgánicos.

La separación secundaria en la obtención de una fracción orgánica con alto contenido de vidrio, se puede lograr mediante la implementación de separadores de cribado y metal, junto con separadores de minerales por vibración y lavado (empleando la gravedad específica).

La separación terciaria tiene como objetivo la obtención de los metales no ferrosos o de los fragmentos de vidrio para fines de reciclaje. Esto se puede lograr mediante procesos especiales de separación electroestática, electrodinámica o método de "hidrociclón".

La tecnología necesaria para aplicar los procesos secundarios y terciarios de separación es reciente y aún se encuentra en una fase experimental, razón por la cual el presente trabajo no cuenta con la obtención de mayor información al respecto.

C. Proceso de composteo u obtención de compost.

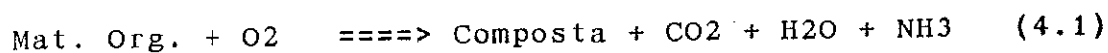
El composteo es un proceso de degradación aerobio por medio del cual las plantas y otros desechos orgánicos se descomponen bajo condiciones controladas. Como resultado de este proceso de composteo, el volumen de los desechos se reduce de un 50 a un 85%. El producto final obtenido es una sustancia de color café oscuro o negro denominada compost o humus.

1. Descripción del proceso. La composta se puede elaborar a partir de residuos de jardinería, agricultura, compuestos orgánicos de los residuos sólidos municipales, lodos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales y a partir de una mezcla de todos los componentes mencionados anteriormente.

Para cualquier caso, los procesos de elaboración de composta requieren de la separación de estos compuestos orgánicos libres de contaminantes para que se puedan utilizar como materia prima.

Seguida una separación de orgánicos, los residuos sólidos municipales pasan una trituración para reducir el tamaño de las partículas, de modo que se facilite el proceso de fermentación. Así que pasan por un cribado primario, se llevan al lugar de fermentación.

La fermentación se puede lograr a través de la construcción de pilas o camellones y el uso de biodigestores (silos). En el primer caso, la fermentación será lenta con la necesidad de ir proporcionando la aereación. Los biodigestores permiten una digestión acelerada mediante la adición constante de agua y aire. Los mecanismos de biodegradación aerobia son:



La materia orgánica consiste en una expresión sintética

de la composición química de los residuos (CHON). La misma obtenida en base al porcentaje de carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), azufre (S) y otros compuestos puede dar un índice de la calidad del compost que se obtendrá a partir de la materia prima. Los niveles de nutrientes definidos en términos de C/N pueden acelerar el proceso a medida que exista más nitrógeno, fosfato ó potasio presente.

Los procesos de composteo se ven afectados por el contenido de humedad de los residuos, haciendo que la descomposición sea más lenta o rápida.

Siendo un proceso aerobio, la aereación que se proporcione durante el proceso será importante para evitar una fermentación anaeróbica, poco calorífica con emanación de olores ofensivos.

Dependiendo del grado de tecnología del cual se disponga, la fermentación requerirá de volteos de los camellones. La frecuencia de volteo para la aereación, se fijará según el volumen del camellón o pila de material que se tenga y tipo de materia prima disponible para la fermentación. Por lo general, la fermentación en camellones de 2 metros de altura y 4 metros de ancho requerirán de un volteado cada 10 días, durante el primer mes, cuando existe una "explosión" de actividad microbiana. Después de cada volteo se observará una brusca elevación de temperatura, provocada por la aceleración de la fermentación de las

bacterias aeróbicas termófilas. Durante el segundo y tercer mes, el volteado podrá efectuarse una vez al mes, mientras dure la fase activa de la fermentación. La fermentación se puede acelerar mediante el uso de un gusano californiano que participa en el proceso como un digestor aerobio. En todo caso, la duración de la fase activa de la fermentación puede variar desde 6 a 12 semanas. Después de finalizada esta fase, se requiere de un proceso de curado que puede variar de 2 a 4 semanas.

La fermentación acelerada también se puede lograr mediante el uso de silos, torres o biodigestores. Estos sistemas proporcionan una aereación y agua mediante mecanismos de volteo que se activan en una forma controlada. Con este sistema se puede reducir la fase de fermentación de 2 días a 4 semanas, dependiendo del tipo de digestor. Este sistema no solamente favorece la oxidación de los compuestos orgánicos, sino que permite controlar mejor la fermentación al evitar contactos exteriores con insectos, faunas nocivas y roedores. Sin embargo, el tiempo de curado permanecerá invariable. En la Figura 4.4 se ilustran las fases y la diferencia entre los dos procesos de compostaje.

Finalmente, la composta pasa a través de cribas para obtener material más fino y homogéneo, eliminando grumos. Los residuos del cribado son llevados a un relleno sanitario o a una planta incineradora. El producto final de composta se coloca en un embalaje para su venta o bien se vende por

camionada.

2. Análisis crítico de la situación. En América Latina el uso de composteo, incineración o cualquier tratamiento sofisticado puede representar un costo de hasta 20 veces más que el de un relleno sanitario (OPS,1991). En México se tiene la experiencia de tener una capacidad instalada para tratamiento de 500 ton/día. Sin embargo, la calidad de la composta obtenida es mala, con una eficiencia en la operación de 40%, un porcentaje de reciclaje de 10% y todos los costos subvencionados (Incremi S.A.,1994).

De modo que se debe contar con un minucioso estudio de mercado antes de decidir elaborar composta, ya que el costo de ésta es a veces mayor al de un fertilizante químico. Muchas veces no se toman en cuenta los costos de comercialización y transporte del producto. Como resultado, el uso de composteo para países en vías de desarrollo se ha ido abandonando al presentar costos elevados y poca utilidad.

Según Las Guías para el Desarrollo del Sector de Aseo Urbano en Latinoamérica y el Caribe (OPS,1991):

"Se estima que en los últimos veinte años se han comprado en América Latina no menos de 30 plantas de composteo, de las cuales se conoce de algunos casos que ni siquiera se llegaron a instalar quedando la maquinaria abandonada, y que cuando menos otras 15 han cerrado a los pocos años por la negativa de las municipalidades de seguirlas subvencionando."

En Guatemala la composta se ha venido obteniendo en el área rural (fincas) como una práctica de eliminación de desechos orgánicos. La experiencia de la planta de tratamiento de Alameda Norte ha llevado a la producción de la composta mediante un proceso de apilado, en una escala pequeña. Tanto la calidad como la eficiencia de la operación de composteo no son conocidas por la autora al momento del presente trabajo.

El problema más común que presentan las plantas de composteo es la emanación de malos olores debido a la dificultad de mantener una aereación adecuada.

Los patógenos que se puedan encontrar en la mezcla son eliminados por las altas temperaturas que se generan en la fase activa de la fermentación. Sin embargo, se requiere de un estricto control de calidad para evaluar la presencia de patógenos.

La captación y tratamiento de los lixiviados producidos en la composta requiere control para no contaminar las fuentes de agua ni el suelo.

La composta, como producto final, no es aplicable a cualquier tipo de suelo o a cualquier cosecha.

D. Reciclaje de materiales.

El reciclaje es el proceso por el cual se utiliza nuevamente un material de desecho, ya sea en el mismo ciclo

de producción o en otro ciclo que permita dar al residuo un valor económico positivo.

Anteriormente se habló acerca de la separación de los materiales in situ, fabricación de productos de fácil recuperación, procesos de separación mecánica y manual, todos con fines de reciclaje. La segregación de materiales y la obtención de productos después que han sido descartados por el consumidor es solamente la primera fase del proceso de reciclaje, estos materiales deben ser reprocesados o remanufacturados. Sólo hasta el momento en que estos materiales reprocesados sean reutilizados o se encuentre un uso para los mismos, el ciclo de reciclaje estará completo.

1. Proyectos de reciclaje. Los proyectos de reciclaje que empiezan a una escala de "proyecto piloto" han tenido éxito en la recuperación de materiales debido a que permiten una evaluación del tipo de programa de reciclaje más adaptable a la comunidad, teniendo la posibilidad de ser más flexibles.

Al iniciar el estudio de un proyecto de reciclaje, se debe efectuar un estudio de mercado, que permita un reconocimiento de las industrias que puedan servir de compradores de los productos recuperados. Una vez establecida la factibilidad económica mediante la demanda de las industrias, se puede involucrar a la población en educación ambiental y en campañas de reciclaje. En algunos

lugares, es posible que algunas entidades privadas ya se dediquen al reciclaje de ciertos materiales como el vidrio, papel o aluminio, entre otros. Los programas de reciclaje que se implementen, deberán tomar en cuenta estas empresas y funcionar en una forma integrada. De hecho, las empresas privadas, a lo largo de años de experiencia, han tenido bastante éxito en sus programas; los proyectos se pueden beneficiar de la experiencia de estas empresas.

Sin embargo, para las empresas privadas, el reciclaje sólo es tomado como una actividad que puede generar utilidad. De modo que se dedican en forma exclusiva al reciclaje de materiales como vidrio y aluminio, dejando a un lado los materiales que no sean considerablemente rentables.

La cantidad y el tipo de residuos que entrará en un proyecto de reciclaje dependerá de un análisis de la composición de la basura generada en la comunidad. Además, no se debe esperar la obtención de una recuperación total del material reciclable. En Estados Unidos, la cifra en porcentaje de recuperación de materiales es 10% para la mayoría de los programas de reciclaje (EPA, 1989).

Al proyectar un programa de reciclaje, se debe buscar una meta a largo plazo hasta que se logren los objetivos a través del tiempo, debido a que el éxito de los objetivos es la participación de la población, la cual requiere de tiempo para integrarse a los programas.

Las plantas de recuperación de materiales (Material

Recovery Facility, MRF) tienen la capacidad de recepción, segregación, procesamiento y mercadeo de los materiales que ingresan a la misma. Son distintas a los centros de acopio debido a que en estas plantas los residuos reciclables reciben cierto procesamiento, pueden llegar sucios y sin mayor clasificación. Por ejemplo, el vidrio que ingresa se limpia, se clasifica por color en blanco, ámbar y verde; se tritura y se empaca para ser vendido como materia prima a las industrias que fabrican vidrio.

Los procesos de segregación mecánica descritos en la separación de basura, tratan de plantas de recuperación total de materiales (Full Stream Processing Materials, FSPM). Estas plantas, que por el momento solo existen a nivel experimental en Europa, tienen la capacidad de recibir el contenido total de los residuos municipales.

Las plantas de recuperación de materiales (MRF) se distinguen de las de recuperación total donde la MRF sólo puede recibir materiales reciclables. La FSPM puede recibir el lote completo de basura municipal, pero no se ha logrado obtener el mismo grado de calidad en la separación que el de una MRF o el proceso de una segregación in situ.

Tanto las plantas de MRF o FSPM, representan un costo bastante elevado. Este costo muchas veces es subsidiado por el gobierno central o las municipalidades. Ante la crisis económica que enfrentan los países latinoamericanos, es opinión de la autora que estas plantas representan una

solución poco factible para los países en vías de desarrollo.

La segregación in situ parece ser la mejor solución. Los procesos de reciclaje serán beneficiosos siempre que se tenga la participación de la población, una concientización masiva de los beneficios que dicha actividad puede representar en el medio ambiente y que exista una valorización de los recursos naturales, que en Guatemala se están perdiendo.

Por ejemplo, en un país como Guatemala, donde sólo en el año de 1980 se deforestaron 3820 km² de bosque (Cabrera, 1991), el papel debe representar un recurso valioso que no amerite estar en un bote de basura. Legislar la recuperación de todo el papel usado de las oficinas públicas, la utilización de papel reciclado en la impresión de todos los diarios del país, etc, son sólo algunos proyectos que técnicamente bien planteados, requieren de factibilidad política.

2. Recuperación de algunos materiales. Algunos

componentes de la basura urbana merecen mención especial dentro de los procesos de recuperación por sus características de recuperación, su uso potencial y también por el peligro potencial que representan.

a. Papel. El papel que se recupera proporciona a los molinos una buena fuente de fibra, reduce los costos de disposición final y constituye una fuente de ingreso dado que en el reciclaje de papel se puede ahorrar dos tercios de la energía que se utiliza para fabricar un papel virgen.

El papel periódico es el más comúnmente reciclado y se puede obtener un gran volumen de este material en la separación de residuos. En Estados Unidos, la legislación en 12 estados ha impuesto el uso obligado de cierto porcentaje de papel reciclado para la impresión de los periódicos; Adicionalmente además 15 estados lo hacen en forma voluntaria (Grove, 1994).

El cartón de empaque, debido al tamaño de su fibra, constituye una fuente abundante de fibra para la fabricación de papel o cartón kraft.

El papel de alta calidad que es el empleado en las oficinas y comercios es de buen aprovechamiento y se encuentra relativamente limpio. Puede ser empleado como un sustituto de la pulpa de la madera.

La industria del papel reciclado ha encontrado lugar hasta en los mercados internacionales. Lugares como Taiwan, se ven obligados a comprar el papel usado de otros países para procesarlos, debido a que no cuentan con árboles para extraer la pulpa.

Sin embargo, se deben tomar ciertas precauciones al

procesar el papel, ya que los procesos de decoloración del papel pueden ser dañinos al medio ambiente. Algunas tintas empleadas en el papel pueden contener metales pesados peligrosos como el plomo y el cadmio. Después de sufrir los procesos de decoloración, se han encontrado altas concentraciones de estos compuestos en los lodos de las aguas residuales de estas plantas. De modo que se requieren de tratamientos especiales para evitar la contaminación a las fuentes de agua por estos compuestos tóxicos (EPA, 1989).

b. Aluminio. En Estados Unidos se recicla el 65% de las latas de Aluminio producidas. Su demanda es tan alta debido a que se estima un ahorro de un 95% de energía al producir una lata de Aluminio a partir de su residuo, en comparación con su extracción del yacimiento mineral (EPA, 1989).

c. Vidrio. Es el material con más posibilidad de comercialización y puede ser reutilizado como en el caso de envases retornables. Si este no es el caso, se requiere de una separación entre vidrio de color ámbar, verde y vidrio transparente. Como se vio anteriormente, esto se debe a que para poder reutilizar estos envases como materia prima, el proceso requiere que se fragmenten los envases limpios a un tamaño muy reducido, llamado calcín, el

cual es la materia prima necesaria para fabricar vidrio. Sin embargo, el calcín tiene la limitación de poder utilizarse según un color definido.

El calcín puede ser vendido a fabricantes de vidrio. Este material se mezcla con arena, cenizas carbonatadas y caliza para formar nuevas piezas de vidrio a través de una fundición y templado (Toro, 1994).

d. Metales ferrosos. A nivel mundial, el hierro y el acero son materiales con gran potencial de recuperación. Solamente en Canadá y Estados Unidos se reciclan aproximadamente 55 millones de toneladas de estos materiales cada año. Los materiales ferrosos (chatarra) pueden encontrarse en electrodomésticos, refrigeradoras, estufas, automóviles, herramientas y cualquier otro objeto férrico usado que forma parte de la basura urbana.

Países como Japón compran esta chatarra en grandes cantidades, la transportan por barco para procesarla en sus fábricas y muchas regresan a nuestros países como automóviles (Grove, 1994).

Sin embargo, los compradores de este material deben tener la precaución de separar bien el material para asegurar que no exista algún contaminante. Los objetos electrodomésticos y electrónicos pueden tener bastante material ferroso recuperable, junto con componentes de biferilos policlorados. Se deben remover dichos componentes

antes de procesar el metal (EPA, 1989).

e. Plásticos. Los plásticos son materiales que para fines de reciclaje aún se encuentran en una fase temprana de tecnología. La recuperación de materiales no ha sido muy lucrativa debido a los costos de procesamiento, transporte y las especificaciones de separación muy estrictas. Las botellas de gaseosas de plástico son de polietileno teraftalato (PET). Este es el material más comúnmente reciclado, se puede emplear la fibra plástica para la fabricación de bolsas para dormir (sleeping bags), contenedores de materiales que no sea comida, entre otros (EPA, 1989). En Estados Unidos, una compañía de alfombras al Noroeste de Atlanta, GA, recicla desde 1976 este material en forma de alfombras (Grove, 1994).

El polietileno de alta densidad (High-Density Polyethylene, HDP) es el material en los frascos de detergentes, envases de jugos y garrafones de agua pura (EPA, 1989). Para ser procesados se requiere que no estén contaminados de compuestos como la gasolina y el kerosene. Se pueden reciclar en forros de plástico, juguetes, frascos de shampoo y contenedores que no sirvan para comida (Grove, 1994).

Los plásticos que se encuentran mezclados o contaminados con papel, vidrio y madera pueden procesarse para contenedores de basura, sillas para parques o luces de freno

de carros. La tecnología disponible aún está en una fase experimental (Grove,1994).

Aún se están experimentando tecnologías de recuperación de algunos plásticos como poliestireno (duropor), cloruro de polivinil (PVC), polipropileno (PP) y polietileno de baja densidad (LDPE) (EPA,1989).

f. Baterías. La recuperación de los componentes de las baterías como plomo, cadmio y mercurio representa un beneficio no sólo para el medio ambiente (pueden contaminar las emisiones de los incineradores, formar parte de los lixiviados de un relleno contaminando el subsuelo, etc), sino que estos compuestos también tienen un valor de recuperación en el mercado.

Debido a sus características nocivas, en Estados Unidos se ha tratado de retirarlas de los desechos municipales y tratarlas como desechos tóxicos y/o peligrosos. Sólo las baterías que contienen plomo, mercurio y plata pueden ser tratadas para recuperación.

Como ejemplo, una batería de carro contiene aproximadamente 8 kg de Plomo y 4 litros de ácido sulfúrico. Para ser procesada, se perfora la batería para extraerle el ácido, el cual se neutraliza. Se desmenuza el contenedor de polipropileno y se funde el plomo y óxidos de plomo para poder ser reutilizados (EPA, 1989).

f. LLantas. Sólo en Estados Unidos se descartan 200 millones de llantas al año, muchas son llevadas a los rellenos sanitarios (Grove,1994). Sin embargo, la llanta no es un tipo de residuo que se pueda llevar a un relleno debido a que consume demasiado espacio en el mismo; causa problemas en la compactación de la capa de cobertura (tiende a levantar la capa de cobertura) y no se conoce aún el tiempo de degradación de este material (ver Tabla 2.9).

Apilar o amontonar llantas produce un hábitat ideal para vectores de enfermedades como los mosquitos. En una planta de incineración, el caucho contamina la emisión de gases en los incineradores.

La recuperación de este material se puede hacer con fines de reencauche de llantas; usarlas en trozos para fabricar piezas de hule como empaques, etc; mezclarla con asfalto para pavimentar calles.

Sin embargo, el uso más importante es mediante la recuperación de energía (EPA, 1989) , ya que se usa como carbón bituminoso de alto grado. Existen calderas como el horno Rube Goldberg, al sur de la ciudad de Oklahoma (Grove,1994) que lo puede transformar en petróleo, como combustible para la plantas de energía eléctrica como en Westley, California (Grove,1994), etc.

g. Aceites. El aceite automotriz muchas veces es dispuesto en forma inadecuada en el drenaje, en el suelo, en el contenedor de la basura, se arroja a fuentes superficiales, etc. Consideremos que sólo toma 4 litros de aceite, el promedio de un carro, para contaminar por completo 4 millones de litros de agua o 4 000 m³ (EPA, 1989).

Sólo en Estados Unidos se estima que 681 millones de litros de aceite se disponen al medio ambiente en forma inadecuada. Por esta razón, el gobierno de E.E.U.U. ha respondido a esta problemática dentro de su legislación al definir estos residuos como tóxicos y peligrosos, penar por ley la disposición inadecuada de estos y tener reglamentos muy estrictos respecto a los procesos para su reciclaje.

En el proceso de recuperación de aceite, solo se requiere de 4 litros de aceite usado para fabricar aproximadamente 2 litros de aceite lubricante; en comparación a los 160 litros de aceite crudo necesarios para fabricar el mismo volumen (EPA, 1989).

Debido al considerable ahorro de energía (2/3) y aceite crudo, algunas compañías de petróleo ya se han inclinado a apoyar la labor de reciclaje de aceites. Estas compañías recolectan el aceite que es almacenado en tanques especiales por algunos talleres y empresas que se dedican a efectuar cambio de aceite a los vehículos.

El presente trabajo no tuvo acceso a datos para

Guatemala. Sin embargo, es opinión de la autora que existe un gran número de talleres pequeños que realizan el cambio de aceite y arrojan los desperdicios a la alcantarilla municipal o utilizan un medio inadecuado para disponer de los mismos. Existe también la costumbre de efectuar el cambio de aceite en el domicilio, donde rara vez se dispone el aceite usado en forma adecuada.

E. Incineración o proceso de combustión de residuos.

La incineración es un proceso de degradación térmica de los residuos que presenta limitantes económicos, ya que requiere de una alta inversión inicial, la cual incluye la adquisición de equipo para mantener un control de riesgo ambiental debido a las emisiones de los incineradores. Este proceso representa además un potencial de recuperación de recursos mediante la generación de energía y se traduce a un ahorro por medio de la reducción de la cantidad de residuos para la disposición final.

La energía se recupera principalmente en forma de calor. Este calor es extraído de los gases de combustión, haciendo posible la generación de energía eléctrica o aprovechamiento del vapor para sistemas de calefacción o enfriamiento mediante el uso de turbinas (ver Figura 4.5). Sin embargo, ambos sistemas requieren que la planta pueda garantizar un abastecimiento constante, precios competitivos y capacidad

de detenerse sin interrumpir los procesos. En el caso de la generación de vapor, muchas veces la demanda disminuye por cambios de clima, de modo que la planta deberá contar con una caldera tubular que permita un by pass del vapor para detener el proceso de generación. En el proceso de la generación de electricidad, deberá contar además con una caldera auxiliar que permita continuar dicho proceso sin interrupción. Se calcula que un kilogramo de residuos sólidos puede generar alrededor de 0.0048 KWH de energía eléctrica.

1. Experiencia en plantas de incineración. La

experiencia en América Latina con plantas de incineración ha tenido poco éxito debido a los altos costos iniciales y de operación fuera del alcance del presupuesto de las poblaciones (OPS,1993). De hecho, la incineración ha quedado reducida a pequeños incineradores para hospitales e industrias.

Según un estudio de la OPS para residuos hospitalarios en América Latina (OPS,1992), el resultado de la instalación de incineradores de gran tamaño para incinerar la totalidad de los residuos generados fue el siguiente:

" El resultado de esta práctica ha sido la instalación de equipos sobredimensionados que además de requerir una importante inversión inicial, tienen altos costos de operación y mantenimiento y que en su mayoría funcionan precariamente ó han quedado fuera de uso."

Parte de los problemas de funcionamiento de los incineradores es la emisión de partículas, la cual representa la mayor preocupación de la contaminación del aire. Los incineradores emanan partículas de 5 á 120 micras, consideradas como polvo fino. Dentro de la emisión de gases se tiene Oxido de Azufre, Oxidos de Nitrógeno, Acido Clorhídrico, Acido Fluorhídrico, trazas de metales (son arrastradas por los gases), dioxinas y furanos, principalmente.

Asímismo, en América Latina se tienen residuos con bajo poder calorífico (alto contenido de materia orgánica), para lo cual se requiere utilizar combustible adicional, por lo tanto, elevar costos.

En Japón, donde un 51% de los residuos sólidos municipales son incinerados (Incremi,S.A.), se ha tenido además la experiencia de recurrir a campañas de educación ambiental muy costosas para sobrepasar el obstáculo del fenómeno "NIMBY" al tratar de ubicar plantas de incineración. Un ejemplo de esto sucedió en la ciudad de Mitaka, donde se operaba una planta de incineración para tratar los residuos urbanos de la ciudad de Mitaka y los residuos hospitalarios de la ciudad de Musashino. Dicha planta operaba con problemas de explosiones en las calderas y el escape de partículas contaminadas, además se generaban olores ofensivos emanados de los vehículos que transportaban los desechos hospitalarios a la planta incineradora. Como

resultado de las presiones ejercidas por la población de Mitaka para que no se trasladaran los residuos de la ciudad de Musashino, el distrito de Musashino se vio obligado a proyectar su propia planta de incineración. La experiencia de Mitaka sirvió como obstáculo bien cimentado para impedir la ubicación de la nueva planta en Musashino. No fue hasta después de mucho tiempo y altos costos en campañas que se logró ubicar la nueva planta de incineración en dicha ciudad.

En Estados Unidos, además del problema de ubicación de las plantas, se ha tenido que sobreponer la integración de los programas de incineración a los de reducción, reciclaje y composteo. Esto se debe a que las plantas de incineración requieren grandes volúmenes de desechos para lograr la recuperación de energía y, además, deben mantener dicho volumen de ingreso de desechos a la planta constante. Por tal motivo, la experiencia ha demostrado que es mejor iniciar un proyecto mediante la implementación de programas de reducción, composteo y reciclaje antes de proyectar una planta de incineración, para poder tener un cálculo del flujo y composición de desechos, tomando una decisión acertada acerca del tipo de planta de incineración que deberá construirse.

Se ha comprobado además que el empleo de plantas de incineración junto a los otros procesos de tratamiento como segregación, ha tenido éxito ya que se evita la destrucción

de materiales potencialmente reciclables, el ingreso a las calderas de materiales que contribuyen a las emisiones tóxicas como son artículos soldados con plomo (latas), baterías (contienen Cadmio y Mercurio) y la combustión de ciertos plásticos que contienen cloruros que son los precursores de las dioxinas, entre otros gases tóxicos (EPA, 1989).

En la disposición final, la incineración logra una reducción de 80 a 90% del volumen original ahorrando espacio en los rellenos sanitarios, destruyendo todos los microorganismos y dejando solamente material mineralizado. Sin embargo, se debe tener cuidado en la disposición de cenizas, como se describirá más adelante.

2. Descripción del proceso. Existen dos métodos de incineración: el método de incineración continua (para grandes volúmenes) y el método de incineración intermitente o "batch" (para bajos volúmenes).

Los hornos de baja capacidad soportan una alimentación de carga de 1.5 a 2.0 ton/hora, con una capacidad térmica por hora de hasta 2.5×10^6 kcal/hora; requieren el uso de combustible secundario, tienen dificultades de funcionamiento y problemas de contaminación atmosférica por combustión incompleta.

Los hornos de gran capacidad pueden tener una alimentación de carga de residuos de 50 toneladas/hora, con

una capacidad térmica superior á 2.5×10^6 kcal/hora. Estos hornos permiten una recuperación de energía, siempre que mantenga un funcionamiento estable.

El proceso en una planta incineradora, por lo general consiste en:

1. Abastecimiento de residuos sólidos.
2. Incineración.
3. Enfriamiento de los gases.
4. Tratamiento de los gases.
5. Expulsión de las escorias.
6. Aprovechamiento de energía.
7. Emisión de gases de Combustión.

En general, los hornos se diseñan para trabajo continuo (24 horas) durante tres a cuatro meses, ya que el arranque del horno dura 36 horas, y para pararlo se requiere del mismo tiempo.

El equipo para el tratamiento de gases y partículas nocivas consiste en filtros de bolsa (Baghouses), precipitadores electrostáticos, lavadores (scrubbers), ciclones y multiciclones.

La emisión de partículas finas (flyash) se recoge mediante grandes filtros de bolsa donde quedan atrapadas las partículas.

Los precipitadores electrostáticos aplican un voltaje de carga negativa a las partículas para luego recolectarlas en placas con carga positiva.

Las unidades de control de gases o lavadores (scrubbers), consisten en rocear o aplicar una lechada de cal sobre la pared del lavador por donde pasan todos los gases incluyendo dióxido de sulfuro, ácido clorhídrico, dioxinas y furanos. El agua de la pasta se evapora y enfría estos gases.

3. Producción de Ceniza. Existen dos tipos de ceniza

producida por la combustión: Ceniza residual (Bottom ash) y polvillo volátil (Flyash). La primera está formada por todo el material que no logró la combustión completa, se recoge mediante una franja rotatoria que la lleva hacia un mecanismo de enfriamiento por agua. La ceniza residual constituye de 75 a 90% de la ceniza total producida. El polvillo volátil es un material muy liviano que queda atrapado en los filtros de bolsa. El llamado Flyash puede contener metales y compuestos orgánicos que se adhieren a las partículas, muchas veces está asociado a las dioxinas.

De hecho, la presencia de metales pesados mezclados con la ceniza, como el plomo y cadmio, ha sido motivo de investigación. Estos compuestos se encuentran en materiales de la basura como baterías, equipos electrónicos y algunos plásticos. De acuerdo con la información obtenida, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, expuso el problema debido al peligro potencial que constituye la disposición de estos materiales en los

rellenos sanitarios, con la correspondiente problemática de los lixiviados generados, conteniendo metales en solución que podrían contaminar la napa friática, resolvió lo siguiente (Registro Federal 50 FR 28725-26):

" La ceniza generada por la combustión de desechos no peligrosos que exhibe características de residuos peligrosos deberá ser tratada como peligrosa respectivamente."

En México, las cenizas se están empleando a nivel experimental en la base y sub base de carreteras, en briquetas (para elementos de construcción que no requieren capacidad de carga), en carbón activado (absorción de ciertos contaminantes) para aglomerantes de concreto y en algunos casos para absorber los tóxicos de los lixiviados en los rellenos sanitarios (Incremi,S.A.). La autora supone que para realizar tales aplicaciones, la ceniza empleada se encuentra libre de contaminantes mediante una separación de los materiales antes de ser alimentados a los hornos.

Al manejar las cenizas producidas por la combustión se debe tener una especial cautela desde el momento en que se extrae de los hornos. Inhalar o estar en contacto con la ceniza puede tener efectos nocivos para la salud de los trabajadores. Se debe garantizar que la ceniza no escape durante su transporte hacia un relleno sanitario. Si el análisis de la ceniza no muestra algún componente tóxico, se puede disponer de ésta en un relleno sanitario municipal. Se recomienda que el relleno sanitario cuente con una

geomembrana que impermeabilice el terreno para evitar la contaminación del nivel freático. El relleno debe contar con pozos de monitoreo de la calidad del agua subterránea.

V. DISPOSICION FINAL

El relleno sanitario es el método de ingeniería recomendado para la disposición final de los residuos sólidos municipales. La Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE), define un relleno sanitario como:

" Una técnica para la disposición final de los residuos sólidos en el suelo sin causar perjuicios en el ambiente y sin causar molestias ó peligro para la salud y seguridad pública; Este método utiliza principios de ingeniería para confinar los residuos en el menor área posible, reduciendo su volumen al mínimo factible y cubriendo los residuos así depositados con una capa de tierra al final de cada jornada."

A. De un botadero a cielo abierto a un relleno sanitario.

Aunque exista dentro de un sistema de manejo de residuos una diversidad de tratamientos como reducción, incineración, composteo y reciclaje, la disposición final del material desechado por cualquier tratamiento necesariamente llevará a la implementación de un relleno sanitario. De este modo, el tratamiento únicamente podrá reducir la cantidad de desechos que llegan a un relleno sanitario; todo tratamiento producirá un material residual que hará imprescindible el empleo de un relleno sanitario.

1. Botaderos a cielo abierto. En lugares como Bolivia, Ecuador, Perú y la mayor parte de los países

centroamericanos, exceptuando las ciudades capitales, la situación de las ciudades del interior es crítica debido a que no cuentan con un sistema de disposición final adecuado (relleno sanitario), teniendo que recurrir en su mayoría a botaderos a cielo abierto y tiraderos clandestinos. En Brasil, en las ciudades del interior de la república, 57% de los residuos son llevados a botaderos a cielo abierto (OPS,1991).

En Guatemala aún no se cuenta con la tecnología y recursos suficientes para reducir en forma apreciable la cantidad o volumen de residuos producidos por medio de tratamientos para disminuir la cantidad de residuos (como reducción y separación), haciendo que el relleno sanitario sea la opción más acertada de disposición de residuos. Prevalece, además, una falta de concepción exacta de lo que significa disponer sanitaria y eficientemente los desechos. Como consecuencia, se depositan los desechos en ríos, barrancos, carreteras, basureros al aire libre municipales o clandestinos o se provoca la quema de basura al aire libre.

Como se vio con anterioridad, en Guatemala se estima que existen aproximadamente 500 botaderos clandestinos con la expectativa de doblar la cantidad a 1000 sitios (OPS,1993). La falta de normas, educación sanitaria, sistematización en el sistema de recolección, transporte y vigilancia han llevado a muy poca concientización de la problemática.

La basura contiene materiales putrescibles que se

descomponen por acción de las bacterias. En los botaderos, esta descomposición tiende a ser anaerobia, produciéndose gases altamente tóxicos como metano, amoníaco, y el ácido sulfhídrico, entre otros. La descomposición ocasiona además de olores ofensivos en toda el área periférica del botadero, una elevación en la temperatura que origina incendios espontáneos. Esto provoca la presencia de humo en grandes cantidades con el correspondiente peligro de incendio para el área periférica al botadero.

Las partículas y el polvo que son arrastrados por el viento contaminan la atmósfera. La basura a la intemperie se ve afectada además por las lluvias, ya que el escurrimiento de agua de lluvia contamina el suelo impregnándolo de sustancias tóxicas.

El vertimiento de las basuras a los ríos y quebradas, causan un incremento en la carga orgánica de las aguas superficiales, disminuye el oxígeno disuelto, aumentando los nutrientes y algas que dan lugar a la eutricación, causa malos olores y la muerte de los peces. En muchas ocasiones, se ha llegado a perder este recurso para el abastecimiento de agua de las poblaciones.

El abandono de la basura en las vías públicas (carreteras), trae como consecuencia la obstrucción de los alcantarillados. En época de lluvia, se tiene como consecuencia inundaciones que provocan pérdidas materiales.

La infiltración de lixiviados, que son líquidos emanados

por la basura que contienen tóxicos en suspensión, puede llegar a contaminar el subsuelo hasta llegar al nivel freático. Una vez se ha contaminado el subsuelo, el procedimiento de limpieza es sumamente costoso y difícil.

Los botaderos de basura originan además un habitat ideal para la proliferación de vectores sanitarios tales como moscas, mosquitos, ratas y cucarachas que encuentran en los residuos sólidos su alimento y las condiciones adecuadas para su reproducción. La Tabla 5.1 muestra algunas enfermedades que son transmitidas por estos vectores.

El botadero arruina el paisaje y el entorno ecológico. Este deterioro estético de las ciudades, además de la consiguiente contaminación, vuelve el entorno de un botadero en una zona inhabitable, haciendo que tanto el terreno del sitio como los terrenos aledaños se desvaloricen.

Por estas razones, la autora considera que el botadero a cielo abierto es una práctica que debe ser eliminada en su totalidad, fomentando programas que lleven a la clausura de dichos focos de contaminación y malestar de la población.

2. Clausura de un botadero a cielo abierto. La clausura de los botaderos a cielo abierto es la parte más importante para el éxito de rellenos sanitarios futuros. Sin embargo, esta clausura debe ser un proceso planificado y no meramente un acto de abandonar el sistema. Se debe tomar

en cuenta la existencia y el uso actual de todos los vertederos a cielo abierto, considerando las necesidades y hábitos de los usuarios de los vertederos existentes.

La clausura de un sitio de disposición final de residuos sólidos constituye una obra de ingeniería en la cual los residuos sólidos son conformados, compactados y cubiertos con una capa de tierra, además de incluir actividades tendentes a minimizar los efectos negativos al ambiente y a la salud humana; se debe ofrecer al mismo tiempo una alternativa para la disposición final de la basura en otro lugar.

En la clausura se deben incluir la captación y control de biogás y lixiviados; la estabilización de taludes de residuos sólidos, el desvío y control de los escurrimientos pluviales y la restricción del acceso y/o uso del sitio.

En una fase preliminar se debe tomar en cuenta el gremio de los pepenadores o guajeros, quienes al clausurarse el botadero, se verán afectados en forma directa. Este personal se puede incorporar al sistema de limpia (barrido, recolección, relleno sanitario). El establecimiento de alternativas de solución para el gremio de los guajeros deberá ser un programa social orientado a mejorar la calidad de vida y establecer las bases para lograr la integración de estos grupos a la sociedad.

Se debe notificar a los usuarios del tiradero de la localización del nuevo sitio de disposición final con

suficiente tiempo antes del cierre.

La eliminación de la fauna nociva (roedores, insectos rastreros y voladores) es un paso que requiere de mucho cuidado por el manejo de venenos y plaguicidas.

En una etapa de clausura, se realizará principalmente el movimiento, compactación y sellado de los residuos sólidos de acuerdo con los niveles especificados en el proyecto. Se colocará cercas para la restricción del acceso al público, se recolectará los residuos dispersos en las áreas colindantes al sitio y se colocarán los señalamientos restrictivos (letreros).

En una etapa de postclausura se tendrá como objetivo la construcción de sistemas de control ambiental y se iniciará una vez que los residuos hayan sido cubiertos en su totalidad. Esta etapa incluye no sólo el control de lixiviados y biogás, sino que se estabilizará el sitio mediante la colocación de suelo orgánico, cubierta vegetal (pasto y especies vegetales) y barrera vegetal (árboles de rápido crecimiento).

Una vez clausurado cualquier sitio de disposición final, este sufrirá cambios respecto del espacio y tiempo, debido a la degradación de los residuos sólidos y a la movilidad de los productos de esta degradación (biogás, orgánicos volátiles y lixiviados), efectos climáticos, alteraciones geológicas, asentamientos, etc. De modo que será indispensable vigilar y dar seguimiento a estos sitios

durante un período de 30 años (EPA,1989).

3. Relleño sanitario. En Estados Unidos, en 1988, el 80% del total de residuos sólidos producidos era llevado a un relleno sanitario (EPA,1989). Actualmente, todos los esfuerzos están siendo orientados a reducir el volumen de basura que ingresa a los rellenos sanitarios, debido a que en países como Estados Unidos, se está agotando la capacidad de las instalaciones: la posibilidad de ubicar nuevos sitios se hace cada vez más escasa, elevando los costos de construcción y operación de un relleno.

Las 250 000 toneladas de basura urbana que se producen al día en Latinoamérica, implican la necesidad de la existencia de rellenos sanitarios con una capacidad de volumen aproximado de 300 000 m³ por día (OPS,1991). Esto puede brindar una noción de la necesidad de terreno y diseño de estrategias para obtener terrenos urbanos o suburbanos. Una estrategia podría ser intercambiar terrenos urbanos, propiedad de la municipalidad, por lotes en la periferia de la ciudad en zonas que aún no han sido habitadas.

Además de la dificultad en la ubicación de nuevos sitios, se deben sobreponer los obstáculos que a veces representan las reglamentaciones de control ambiental, las cuales es preciso acatar como medida de seguridad al proyectar un relleno sanitario.

La tecnología apropiada para disponer de los desechos en

un relleno sanitario para los países desarrollados, no es del todo aplicable al manejo de la basura de los países latinoamericanos. Esto se debe a que la composición de los residuos en estos países es altamente orgánica y con un gran contenido de humedad. Lo anterior se traduce a un relleno que puede alcanzar una densidad de basura mayor a la que se podría esperar obtener. Como consecuencia, esta humedad y compactación permiten que la etapa metanogénica de la descomposición (producción de biogás), se inicie antes de lo previsto en la teoría.

En países como Brasil, Chile y Uruguay se ha logrado aprovechar esta rapidez en la obtención de biogás para conseguir un aprovechamiento del mismo, empleándolo en las redes de distribución de gas natural y como combustible en los camiones recolectores de basura (OPS,1991).

En Guatemala, el relleno sanitario "El Trébol" recibe cerca de 900 toneladas de desechos por día. Este relleno opera de una forma inadecuada, produciéndose una descomposición anaerobia que trae como consecuencia olores ofensivos que afectan toda el área cercana al sitio. No existe un control de levantamiento de partículas, siendo arrastrada la basura por el viento, además existen problemas con lixiviados, y sobretodo, con los gases y calor producido por la descomposición, los cuales producen incendios espontáneos. Este basurero atrae aves de gran tamaño como los "zopilotes" (buitre, Black Vulture), con el consecuente

peligro para los aviones que deben realizar virajes de procedimiento sobre dicha zona. Aunque la presencia de estas aves constituye en realidad un sistema de saneamiento, ya que se alimentan de todos aquellos productos de origen animal (desechos cárnicos), estos animales no dejan de representar un problema para la salud.

La JICA (Japanese International Cooperation Agency) elaboró un plan maestro para el manejo de los desechos sólidos en el área metropolitana de Guatemala. Dentro de este estudio se propusieron, entre sus objetivos, la disposición final sanitaria de los desechos sólidos a través del mejoramiento inmediato del relleno controlado "El Trébol" y la iniciación, lo antes posible, de un nuevo relleno sanitario.

La experiencia del relleno sanitario "El Trébol" ha servido para asentar de una forma muy sólida el fenómeno NIMBY, que ha llevado al fracaso de la implementación de nuevos proyectos de rellenos sanitarios. Actualmente, la población asocia todos los problemas de un relleno mal controlado como "El Trébol" a los de cualquier relleno sanitario que pudiera ser construido.

B. Relleno sanitario manual como alternativa á un relleno sanitario convencional.

Uno de los problemas mayores en operar rellenos

sanitarios convencionales en ciudades pequeñas (menores de 40 000 habitantes) son los costos elevados de inversión inicial y operación, considerando la baja cantidad de residuos sólidos producida en estas regiones, situación que resulta en una economía de escala desfavorable.

La problemática de la disposición final de los desechos para las ciudades del interior en los países de Latinoamérica se puede solucionar mediante la implementación de la técnica del relleno sanitario manual.

El relleno sanitario manual se presenta como una alternativa técnica y económicamente favorable para las poblaciones urbanas, rurales y áreas marginales de algunas ciudades que generan menos de 20 toneladas diarias de basura.

El sistema consiste en el enterramiento de los residuos con operaciones manuales sencillas y económicas, bajo cumplimiento de normas básicas que garantizan la salud de la población y la protección del medio ambiente. Mediante este sistema, las comunidades organizadas pueden implementar su propia opción para la disposición final de la basura que las mismas producen. De modo que la comunidad puede manejar y administrar el relleno sanitario en coordinación con el gobierno local, siempre que las cantidades de basura que se manejen sean pequeñas.

No se debe olvidar que un relleno sanitario manual, aunque es una pequeña obra, no deja de ser un problema de

ingeniería. Por lo tanto, se requerirá la asesoría de un ingeniero sanitario en la planeación inicial del relleno como en los análisis de la calidad y cantidad de basura generada, la selección de sitio, diseño, construcción, operación y mantenimiento.

Desde la etapa inicial en la planeación de un relleno sanitario manual, se debe tomar en cuenta la participación de la comunidad y la opinión pública en las propuestas a realizarse.

Un relleno manual requerirá de recursos para su financiamiento, tanto para los estudios y diseños, como para su construcción, operación y mantenimiento.

1. Adquisición de equipo y material. La experiencia más reciente ha encontrado favorable la utilización de un tractor agrícola con remolque de volteo hidráulico o con caja compactadora para transportar los residuos hacia el relleno sanitario. Este tractor tiene además la ventaja de ser operado en el relleno para efectuar movimientos de tierras con la adaptación de accesorios tales como cuchilla topadora, cargador frontal, retroexcavadora y rodillo para compactar los desechos sólidos (Jaramillo, 1991).

Se requerirá la adquisición de herramientas para el personal para efectuar el trabajo manual. Entre estas tenemos: pala, azadón, barra, pica, pinzón de mano, horquilla, rastrillo, tablones, rodillo compactador y

carretilla (ver Figura 5.1).

Los materiales a emplear serán tubería (PVC o Hierro), malla de gallinero, alambre con púa, madera, geotextil (opcional), piedrín (de no encontrarse disponible en el lugar), elementos de protección de los trabajadores (guantes, botas, etc).

2. Estudios de campo y diseño. La selección del sitio se debe hacer en consulta con las autoridades locales de planificación, salud y protección de agua. Dentro de un grupo de áreas previamente seleccionadas por un promotor del servicio de aseo de la localidad, el sitio a emplear se elegirá por un ingeniero sanitario que evalúe las condiciones siguientes:

1. Vida útil del sitio: 5 años mínimo
2. Tierra de cobertura: preferible contar con abundante material de cobertura in situ, de no ser posible garantizar su adquisición en forma permanente y suficiente.
3. Topografía del sitio: no debe contener muchas quebradas, preferible plano.
4. Vías de acceso: cerca de vía principal
5. Vientos dominantes: frente de trabajo a favor de un viento que llegue de la ciudad hacia el terreno.
6. Ubicación del sitio: alejado 200 metros mínimo

- del área residencial más cercana.
7. Geología: identificar permeabilidad y capacidad de absorción..
 8. Geohidrología: la napa friática debe encontrarse 2 metros mínimo abajo del nivel de los desechos sólidos.
 9. Hidrología superficial: alejado de las fuentes destinadas al abastecimiento de agua, a una distancia considerable de las corrientes superficiales.
 10. Tenencia de la tierra: el municipio debe tener un documento legal que lo acredite como propietario y autorice la construcción.

Debido a que en muy pocas ocasiones un terreno reunirá las condiciones ideales para la construcción de un relleno sanitario, se debe hacer una clasificación de los terrenos que presenten las características más favorables. La decisión final de la ubicación del sitio estará supeditada a razones administrativas y políticas, teniendo en cuenta la opinión pública. De modo que al presentar el proyecto con una posible ubicación al concejo municipal, será necesaria la aprobación de este último para hacer girar todas las negociaciones y autorizaciones necesarias.

3. Preparación del sitio. Se requerirá seguir los siguientes recomendaciones para la preparación del sitio:

a. Vía de acceso al sitio. Debe contar con un sistema de drenaje pluvial que permita un drenaje apropiado durante la época de lluvia, encontrarse en buenas condiciones, aun cuando estas vías sean adoquinadas, de terracería o de restos de demoliciones. Deberán estar en buen estado para evitar tiempo de retraso de los vehículos recolectores que lleguen a depositar la basura al sitio.

b. Adecuado drenaje pluvial. La implementación de un sistema de drenaje pluvial evita que la escorrentía atraviese el sitio. Las aguas que caen sobre áreas vecinas al relleno sanitario a veces escurren hasta éste, causando serias dificultades de operación. Este drenaje puede consistir en zanjas trapezoidales que permitan evacuar el agua de lluvia hacia afuera del área de trabajo.

c. Limpieza y desmonte del terreno. Se debe hacer por etapas, de acuerdo al avance de la obra, debido a que de esta forma se evita la erosión del terreno. Se recomienda que se almacene la fauna vegetal de las áreas iniciales del terreno, para ser empleada como cubierta final

en la siembra de pasto y grama.

d. Preparación del suelo soporte. La cantidad de material que requiere remoción depende del material de cobertura disponible. La nivelación del suelo y los cortes de los taludes deben hacerse por etapas, para que la lluvia no cause erosión al terreno, la cual podría llevar a la pérdida de tierra de cobertura. La nivelación del suelo soporte y la apertura de zanjas conllevan necesariamente el uso de maquinaria pesada, debido a que en forma manual no se puede alcanzar la eficiencia requerida.

e. Drenaje de líquido percolado. El sistema de drenaje consiste en una red horizontal de zanjas en piedra, interrumpiendo el flujo continuo del percolado por medio de pantallas de madera o incluso del mismo terreno. Para tener una mayor eficiencia, se recomienda interconectar estos drenajes horizontales con los verticales de gases (Ver Figura 5.2). Cuando ocurran lluvias fuertes y la cantidad de lixiviados sea tal que exceda la capacidad de los drenajes en el interior del relleno, se recomienda prolongar el sistema de drenaje llevándolo hacia un campo de infiltración que permita retener el líquido durante esos días de lluvia. Se busca, en lo posible, evitar el tratamiento del percolado de la basura debido a los altos costos que implica el mismo. Aunque se toman ciertas

precauciones, tales como sobredimensionar los drenajes, protección por medio de geotextil y un control completo del drenaje de percolado; es opinión de la autora que no se debe dejar a cargo del suelo un sistema de filtración de percolados, únicamente. Las características de ciertos compuestos que forman parte de la basura urbana, aun en comunidades pequeñas, pueden llevar a la necesidad de manejar el lixiviado como un líquido tóxico y peligroso. De modo que el diseño sanitario manual puede ser implementado con prácticas de segregación que eviten que estos compuestos ingresen al relleno sanitario. De esta forma se puede lograr evadir el tratamiento de lixiviados de una manera económica, brindando protección a la salud y al ambiente.

f. Drenaje de gases. El drenaje de gases está constituido por un sistema de ventilación en piedra o tubería perforada de concreto (revestida en piedra), que funcionará como chimeneas o ventilas, las cuales atraviesan en sentido vertical todo el terreno desde el fondo hasta la superficie.

g. Construcciones auxiliares. Se debe montar una cerca de alambre de púas para darle seguridad y disciplina a la obra. Se puede formar además un cerco vivo de árboles de rápido crecimiento como aislamiento visual, que oculta la vista de los desechos sólidos a las demás

personas.

Se debe construir una caseta que funcione como portería y servicio sanitario. Es muy importante abastecer de agua este lugar debido a la seguridad de los trabajadores y a la necesidad de disponer de agua para regar el terreno en época seca, que evite el levantamiento de polvo y partículas de las basuras y que permita además una mejor compactación.

VI. CONCLUSIONES

No existe un método, procedimiento paso a paso o tecnología aplicable a toda localidad en el desarrollo de un proyecto integral de manejo de residuos sólidos. El éxito de un manejo integral de los residuos sólidos dependerá de proyectar cada programa a nivel local basándose en la experiencia de proyectos piloto o de otros países con tecnología más avanzada, en conocimientos técnicos de expertos actualizados en la materia y en la importancia que se preste a los programas de aseo urbano a nivel gubernamental. Como se dijo con anterioridad, proyectos que son técnicamente bien planteados requieren de una factibilidad política para su implementación.

La responsabilidad de este problema la tiene cada ciudadano, no solamente las entidades involucradas en el manejo de los residuos sólidos. Se necesita fomentar en latinoamérica la creación de mecanismos de coordinación y planificación del sector urbano, en el que intervengan los Ministerios de Salud, Ambiente, Educación, Planificación y organismos gubernamentales y no gubernamentales.

Sob--todo, se requiere promover la investigación y desarrollo tecnológico en aseo urbano con el objetivo de volver más eficientes los servicios, mejorando la situación para las áreas marginadas, ciudades del interior y para todo

el país en general. Lo anterior se puede alcanzar promoviendo las técnicas del reciclaje y de la reducción en la generación con el fin de proteger el medio ambiente para el bienestar de todo el país.

Todavía queda mucha investigación sobre el tema por delante, sobretodo cuando existe la necesidad de fomentar un mayor interés y participación de la población en general.

Se espera que la información presentada en este trabajo en una descripción de los procesos, haya sido de utilidad como una introducción a la tecnología, problemas y avances del complejo manejo de los residuos sólidos municipales.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Cabrera, Claudio. La deforestación en Guatemala.
1991 Memorias del II Congreso Forestal Nacional. 180 pp
- Deffis, Armando. La basura es la solución. México, D.F.,
1989 Editorial Concepto, S.A. 277 pp
- Estados Unidos. Agencia de protección Ambiental (U.S. EPA)
1989 Decision maker's guide to solid waste management.
USA, Imprenta nacional. 153 pp
- Educación ambiental en Guatemala. Asociación de
1988 investigación y estudios sociales. Guatemala,
Editorial Piedra Santa. 72 pp
- Grove, Noel. "Recycling". Official Journal of the National
1994 Geographic Society. (USA); 186 (1): 92-115
- Guatemala. Organización Panamericana de la Salud,
1993 Lineamientos metodológicos para el manejo de
desechos sólidos municipales en Guatemala.
Guatemala, OPS/OMS.
- Henry, Glynn y Heinke, Gary. Enviromental science and
1989 engineering. U.S., Prentice Hall press. 728 pp
- Jaramillo, Jorge. Programa de Salud Ambiental, OPS/OMS
1991 Guía para el diseño, construcción y operación de
rellenos sanitarios manuales. Washington, DC .
OPS/OMS press. 214 pp
- Maxcy-Rosenau. Preventive Medicine and public health. 10th
1973 ed. New York, Prentice Hall press, Inc. 1189 pp
- Morales, José. Tratamiento de residuos sólidos. Memorias
1993 del curso Gestión moderna sobre el manejo de los
residuos sólidos presentado por ingeniería para el
control de residuos municipales e industriales
(Incremi, S.A. de México). AIDIS, Guatemala.
- Sakurai, Kunitoshi. Centro Panamericano de Ingeniería y
1985 Ciencias del Ambiente (CEPIS). Recolección y
estación de transferencia. Perú. Imprenta
Universitaria. 19 pp

- Sakurai, Kunitoshi. Centro Panamericano de Ingeniería y
1985 Ciencias del Ambiente (CEPIS). Limpieza de vías y
áreas públicas. Perú. Imprenta Universitaria.
11 pp
- Toro, Victoria. "Envases: todos reciclables". Revista
1994 Conocer. (México, D.F.); 118 (1): 44-49
- Washington, DC. Programa de Salud Ambiental, OPS/OMS.
1991 Guías para el desarrollo del sector de aseo urbano
en Latinoamérica y el Caribe. Washington, D.C.
OPS/OMS press. 51 pp
- Washington, DC. Programa de Salud Ambiental, OPS/OMS.
1992 Consideraciones sobre el manejo de residuos de
hospitales en América Latina. Washington, D.C.
OPS/OMS press. 50 pp
- Wilson, David. Waste Management. Planning, evaluation and
1981 technologies. Gran Bretaña, Oxford University
Press. 530 pp

APENDICES

A. Tablas.

TABLA 2.1

Tipos de residuos y cantidades generadas por países.
(Cantidades aproximadas en millones de toneladas al año)

	REINO UNIDO	ESTADOS UNIDOS	JAPON	ALEMANIA OCCIDENTAL
RESIDUOS MUNICIPALES (DOMICILIARES Y COMERCIALES)	20	150	35	20
RESIDUOS INDUSTRIALES SIMILAR AL MUNICIPAL	*	*	13	8
DES. DE PRODUCCION	*	*	*	13
LODOS	*	*	*	7
DESECHOS TOXICOS	4-5	57	*	3
TOTAL	50	270	140	31
CENIZA PULVERIZADA	12	*	13	*
DES. DE MINERIA	60	1890	*	80
DESECHOS DE CANTERAS	50	*	*	*
DES. DE CONSTRUCCION Y DEMOLICIONES	3	*	75	96
DES. AGROPECUARIOS	250	660	44	260
LODOS CLOACALES (CON UN 5% DE CONTENIDO DE HUMEDAD)	20	*	44	36
RES. VETERINARIOS	*	*	*	*
RES. HOSPITALARIOS	*	*	*	*
RES. RADIOACTIVOS	*	*	*	*
CHATARRA	*	*	*	1.3
NEUMATICOS	0.2	200	*	0.3

(*) INFORMACIÓN ESPECÍFICA NO SE ENCUENTRA DISPONIBLE

Fuente: Wilson, 1981

TABLA 2.2

CANTIDAD DE RESIDUOS SOLIDOS GENERADA EN EL AREA
METROPOLITANA DE GUATEMALA

TIPO DE RESIDUO SOLIDO	CANTIDAD DE RESIDUO EN TONELADAS POR DIA	PORCENTAJE (%)
Domésticos	428.00	31.96
No domésticos	353.00	26.36
Construcción	558.00	41.67
Total	1339.00	100.00
En áreas de difícil acceso	442.00	33.00 del total anterior

Fuente: OPS, 1993

TABLA 2.3

COMPORTAMIENTO DE LOS DESECHOS SOLIDOS
EN ALGUNAS CIUDADES DEL MUNDO.

CIUDAD	GENERACION TON/DIA	GENERACION PERCAPITA KG/HAB/DIA
Tokio	14 247	1.70
Madrid	2 600	1.30
México, D.F.	11 000	1.00
Londres	9 500	1.20
Roma	3 000	1.00
Sao Paulo	10 000	9.00
Nueva York	24 000	3.00

Fuente: Instituto Nacional de Administración
Pública de la ciudad de México, 1993

TABLA 2.4

Estudio comparativo en composición de desechos sólidos.

COMPOSICION DE RESIDUOS EN PORCENTAJE DE PESO								
PAIS	PAISES DESARROLLADOS				PAISES EN VIAS DE DESARROLLO			
	EUROPIA	USA	JAPON	EUROPA	MEXICO	EL SALVADOR	PERU	INDIA
PNB	54	51	39	40	9	3	5	1
% H ₂ O	*	25	*	30	45	*	50	50
CARTON & PAPEL	44	36	40	30	20	18	10	2
METALES	7	9.2	2.5	5	3.2	0.8	2.1	0.1
VIDRIO	5	9.8	1	7	8.2	0.8	1.3	0.2
TEXTILES	*	2.1	*	3.0	4.2	4.2	1.4	3
PLASTICOS	10	7.2	7	6	3.8	6.1	3.2	1
ORGANICOS	*	26	*	30	50	43	50	75
OTROS	34	9.7	49.5	19	10.6	27.1	32	18.7

Fuente : OPS, 1991.

TABLA 2.5

Porcentaje de la composición de los desechos sólidos a nivel nacional.

DESECHO	PORCENTAJE
PAPEL	29.0%
VIDRIO	10.4%
METALES	9.6%
PLASTICOS	3.5%
GOMA Y CUERO	2.6%
TEXTILES	1.6%
MADERA	3.8%
DESECHOS DE COMIDA	17.8%
HIERBA RECORTADA, HOJAS Y BASURA DE PATIOS	20.2%
VARIOS	1.5%
TOTAL	100.0%

Fuente: JICA, 1991.

Tabla 2.6

Concentraciones Contaminantes para identificar residuos tóxicos y peligrosos.

Contaminante	Posible fuente de contaminación	Mg/L
Arsénico	Residuos de pesticidas, minería de oro	5.0
Bario	Industria de imprenta, pinturas, aceites lubricantes, grasas	100.0
Cromo	Proceso de galvanizado, agua de enfriamiento industrial	5.0
Cadmio	Proceso de galvanizado, aleaciones de metal, lodos cloacales, fertilizantes	1.0
Plomo	Gasolina, pintura, baterías, recojido por la atmósfera	5.0
Mercurio	Plantas cloroalcalinas, preservantes, molinos de papel	0.2
Selenio	Manufactura de vidrio de color, partes electrónicas y desechos fotográficos	1.0
Plata	Joyería, baño de plata (electroplatinaje) desechos fotográficos	1.0
Endrino	Manufactura de pesticidas, acarreado en la escorrentía, medios aéolicos	0.02
Lindano	Manufactura de pesticidas, escorrentía, medios aéolicos.	0.4
Metoxicloro	Manufactura de pesticidas, acarreado en la escorrentía	0.02

Fuente: Henry-Heinke, 1989

TABLA 2.7

Ejemplos de químicos tóxicos encontrados en desechos industriales.

CLASE DE RESIDUO	EJEMPLO	USO INDUSTRIAL O FUENTE	DESTINO MAS PROBABLE
1. Metales e inorgánicos	Cianuros	Baños de Electroplatinaje	Fuentes Superficiales
2. Pesticidas	Clordano	Manufactura de pesticidas	Sedimento, Biota
3. Biferilos Policlorados	Arocloros BPC	Refrigerante de transformadores	Sedimento, Biota
4. Alifáticos Halogenados	Diclorometano	Solvente	Fuentes Superficiales
	Tetra-Clorometano	Solvente y Desengrasante	Fuentes Superficiales
	Cloroeteno	Manufactura de Plásticos	Fuentes Superficiales
5. Eteres	2-Cloroetilos	Desechos Farmacéuticos	Agua, Sedimento
6. Aromáticos Monocíclicos	Benceno Etílico	Solvente	Sedimento
7. Fenoles y Cresoles	Fenol	Residuo de Refinería	Agua
	Pentaclorofenol	Preservantes de Madera	Sedimento, Biota
8. Esteres Ftalatos	Ftalato Dimetilico	Manufactura de acetato de Celulosa	Sedimento, Biota
9. Aromáticos Poliacríticos	Naftaleno	Manufactura de Colorantes y Sintéticos	Sedimento, Biota
	Fenantreno	Brea de Carbón	Sedimento, Biota
10. Nitrosaminas y otros	Acrilonitrilo	Manufactura de plásticos	Agua, Biota

Fuente: Henry & Heinke, 1989

TABLA 2.8

Cantidades de desechos tóxicos producidas en áreas industrializadas.

UBICACION	CANT. RES. PELIGROSO millones TON/AÑO	POBLACION TOTAL (MILLONES)	KG / PER CAPITA	
			CANTIDAD TOTAL	DISPOSICION FUERA SITU
ESTADOS UNIDOS	40.0	220	180	35
CALIFORNIA	4.6	22	210	42
OHIO	5.0	12	420	85
CANADA	4.0	25	160	-
ONTARIO	1.5	8	190	35
ALEMANIA OCCIDENTAL	3.5	62	56	45
BAVARIA	0.5	11	45	35
HOLANDA	1.2	13	90	70
DINAMARCA	-	5	-	20

Fuente: Henry & Heinke, 1989

TABLA 2.9

Tiempo de degradación de diferentes desechos.

TIPO DE RESIDUO	TIEMPO DE DEGRADACION
PAPEL	2-4 SEMANAS
ALGODON	1-5 MESES
ROPA DE LANA	1 AÑO
TABLON DE MADERA PINTADA	13 AÑOS
HOJA DE LATA	100 AÑOS
ALUMINIO	200-500 AÑOS
PLASTICO (POLIETILENO, PVC, ABS)	450 AÑOS
BOTELLA DE VIDRIO	INDETERMINADO
PNEUMATICO	INDETERMINADO

Fuente: Deffis, 1989

TABLA 3.1

Servicio de recolección en el área metropolitana de Guatemala.

Recolección en áreas de fácil acceso	El 23% no tiene servicio.
Recolección en áreas de acceso con dificultad	El 22.2% no tiene el servicio.
Recolección en áreas aisladas ó de difícil acceso	El 100% no tiene el servicio, teniéndose que hacer la disposición final in situ.

Fuente: OPS, 1993.

TABLA 4.1

Componentes orgánicos e inorgánicos
de los residuos domiciliarios.

RESIDUOS ORGANICOS	RESIDUOS DE COMIDA	
	RESIDUOS DE JARDIN COMO PLANTAS, HOJAS, FLORES	
	HUESOS	
	RESTOS DE ANIMALES MUERTOS	
RESIDUOS INORGANICOS	PAPEL	TETRAPAK, CARTON, PERIODICO, ENVOLTURAS
	MADERA	CAJAS, MUEBLES ROTOS, LAPICES
	METALES	CHATARRA, LATAS, PARTES DE FOCOS, TUERCAS
	PLASTICOS	CUBETAS, BOTES, BLANDOS, DUROS
	TEXTILES	ROPA, CORINA, TRAPOS
	VIDRIO	BOTELLAS, ESPEJOS FOCOS
	OTROS	ACEITES, MATERIAL DE CONSTRUCCION

TABLA 5.1

Ejemplos de vectores transmisores de organismos patógenos.

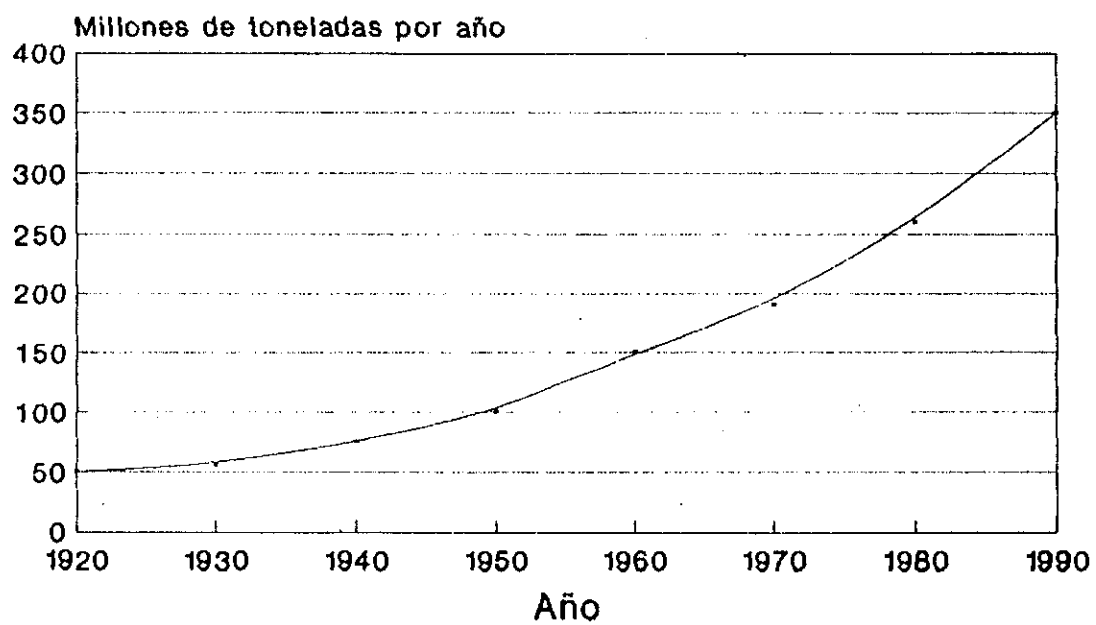
VECTOR	ENFERMEDAD	VECTOR	ENFERMEDAD
MOSCAS	FIEBRE TIFOIDEA	MOSQUITOS	MALARIA
	SALMONELLOSIS		FIEBRE AMARILLA
	DISENTERIAS		DENGUE
	DIARREA INFANTIL		ENCEFALITIS VIRICA
	OTRAS INFECCIONES		
CUCARACHAS	FIEBRE TIFOIDEA	RATAS	PESTE BUBONICA
	GASTROENTERITIS		TIFUS MURINO
	INFECCIONES INTESTINALES		LEPTOSPIROSIS (ENFER. DE WEIL)
	DISENTERIAS		FIEBRE DE HARVERHILL
	DIARREA		RICKETSIOSIS VESICULOSA
	LEPRA		ENFERMEDADES DIARREICAS
	INTOXICACION ALIMENTICIA		DISENTERIAS
		RABIA	

Fuente: OPS, 1991.

B. Figuras.

FIGURA 2.1

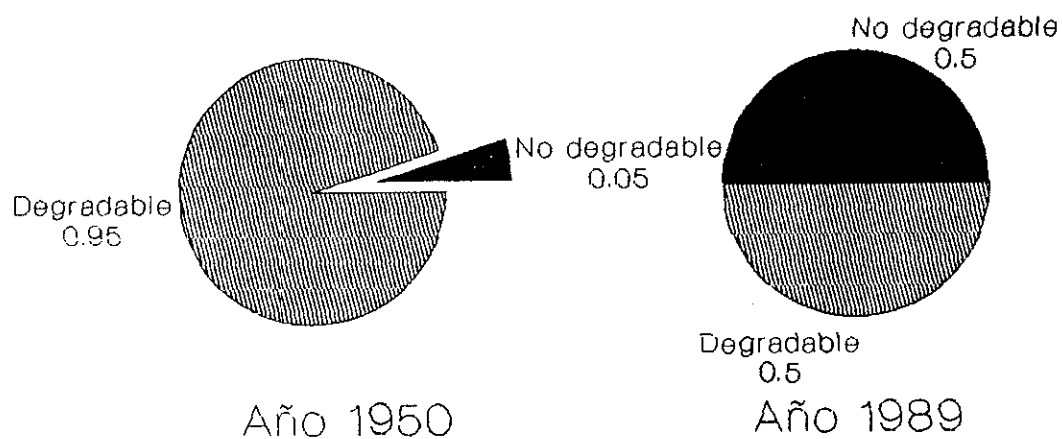
Producción de residuos sólidos en Estados Unidos.



Fuente: Maxcy-Rosenau, 1973

FIGURA 2.2

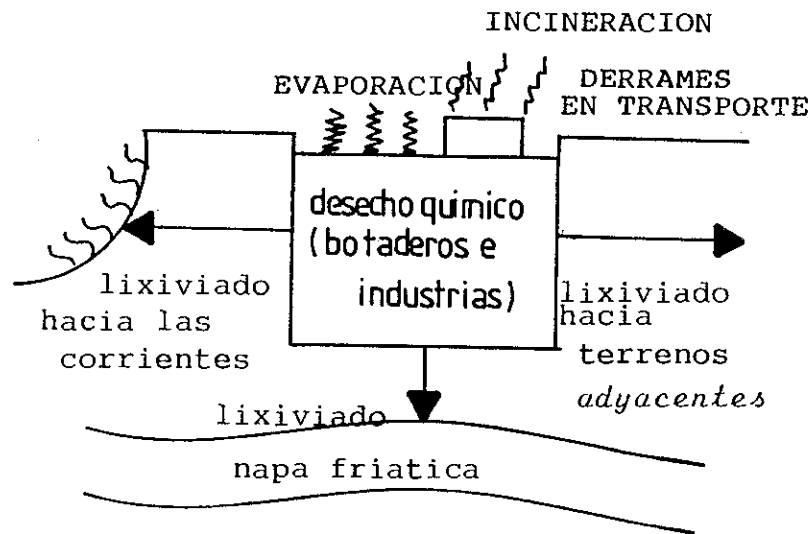
Producción de residuos sólidos en la Ciudad de México.



Fuente: Deffis, 1989.

FIGURA 2.3

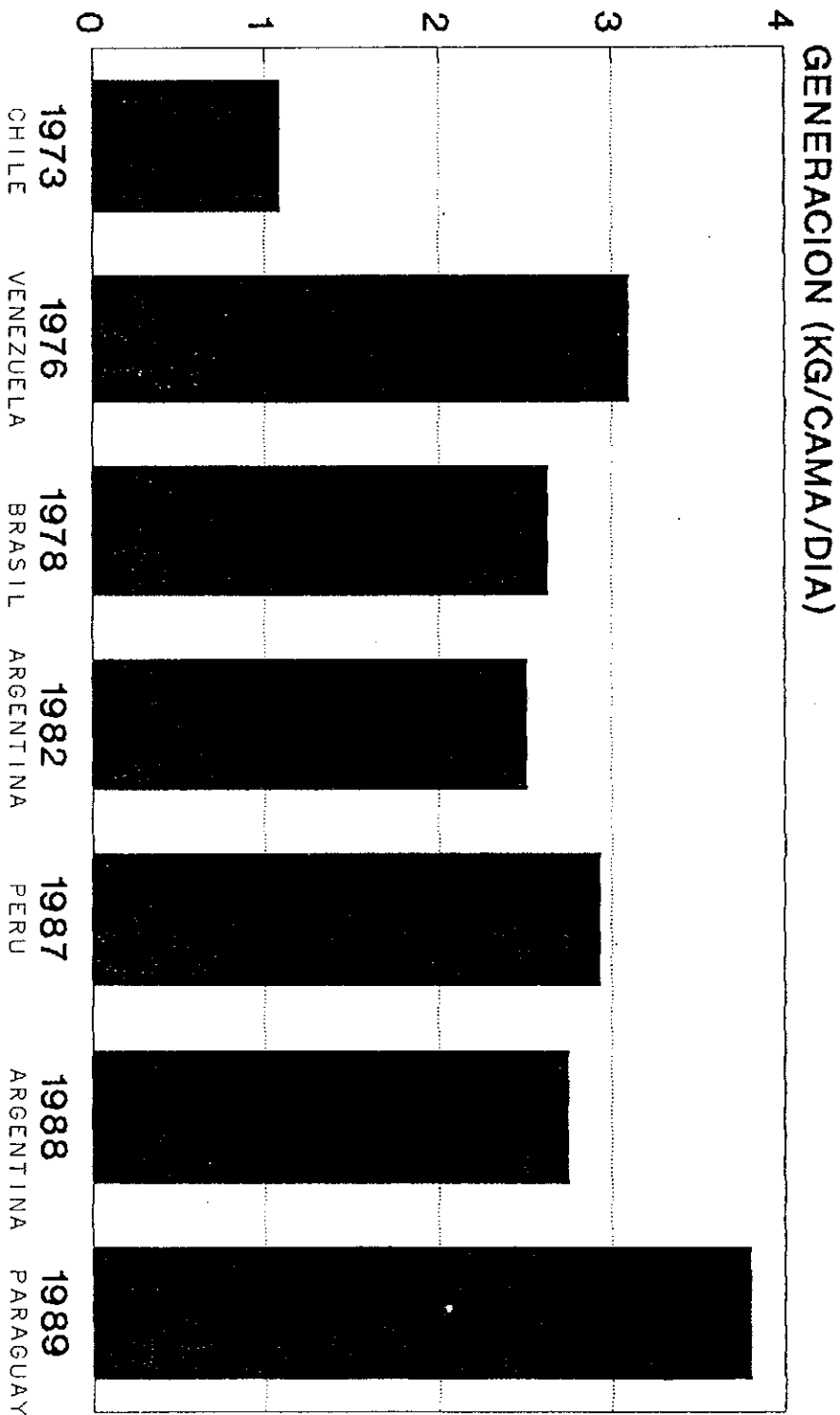
Medios de Contaminación de los desechos industriales.



Fuente: Henry & Heinke, 1989

Tasa de generación de residuos sólidos de Hospitales en diversos países en América Latina.

Figura 2.4



Fuente: OPS, 1991.

FIGURA 2.5

Contenedor para almacenamiento en hospitales.

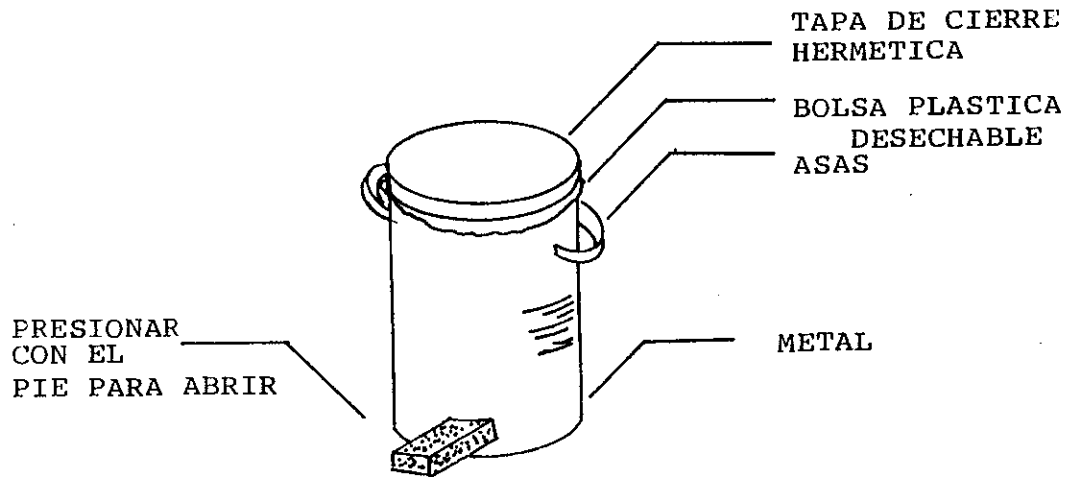


FIGURA 3.1

Sistema y equipo de transferencia

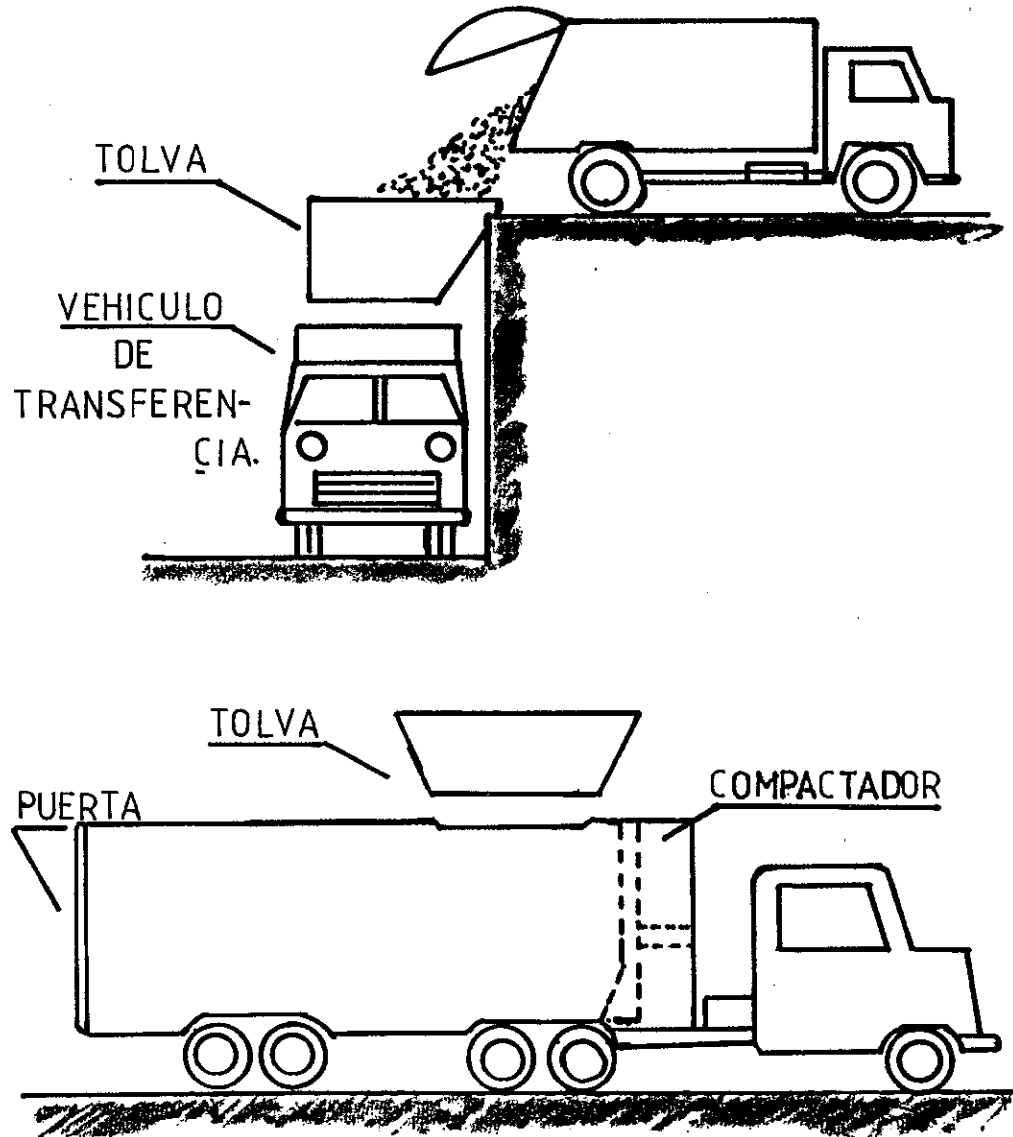
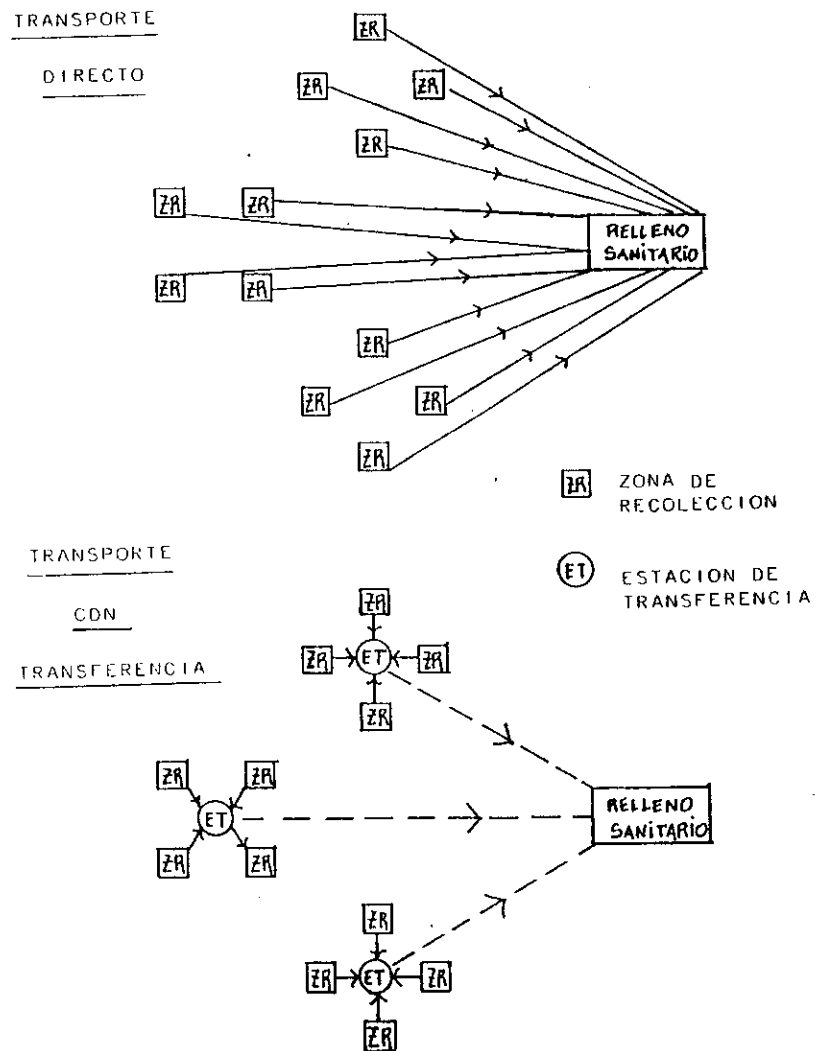


FIGURA 3.2

Rutas de recolección para sistemas con estación de transferencia y sin la misma.



Proceso de reducción dentro de la producción de un artículo

FIGURA 4.1

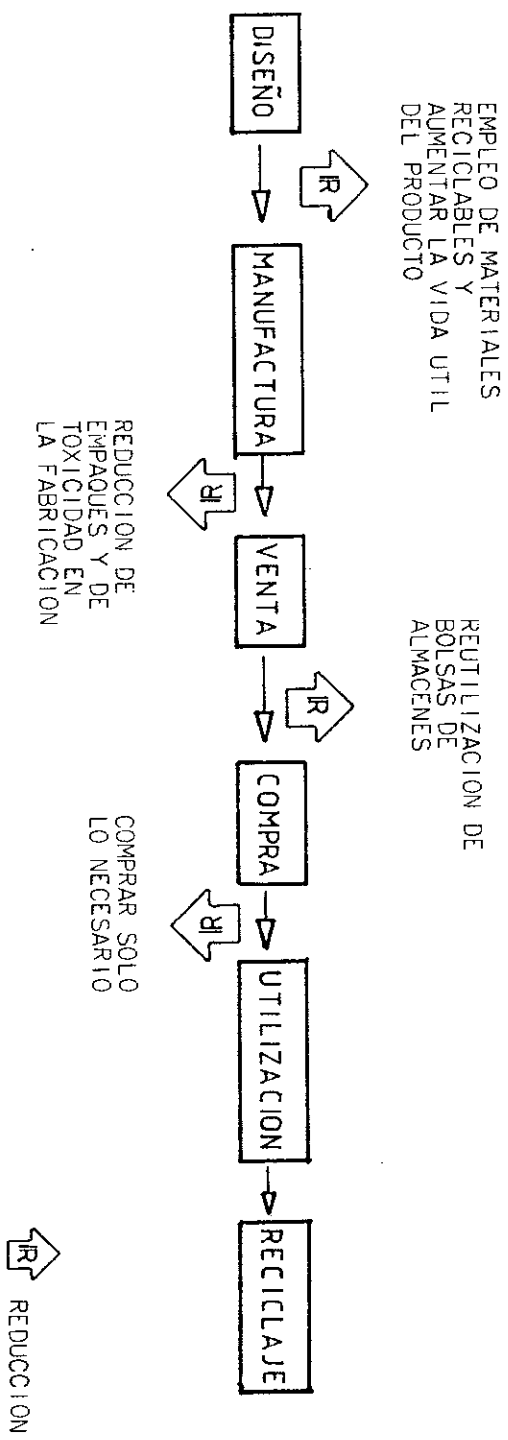


FIGURA 4.2
Proceso mecanizado de recuperación de productos o segregación
de materiales.

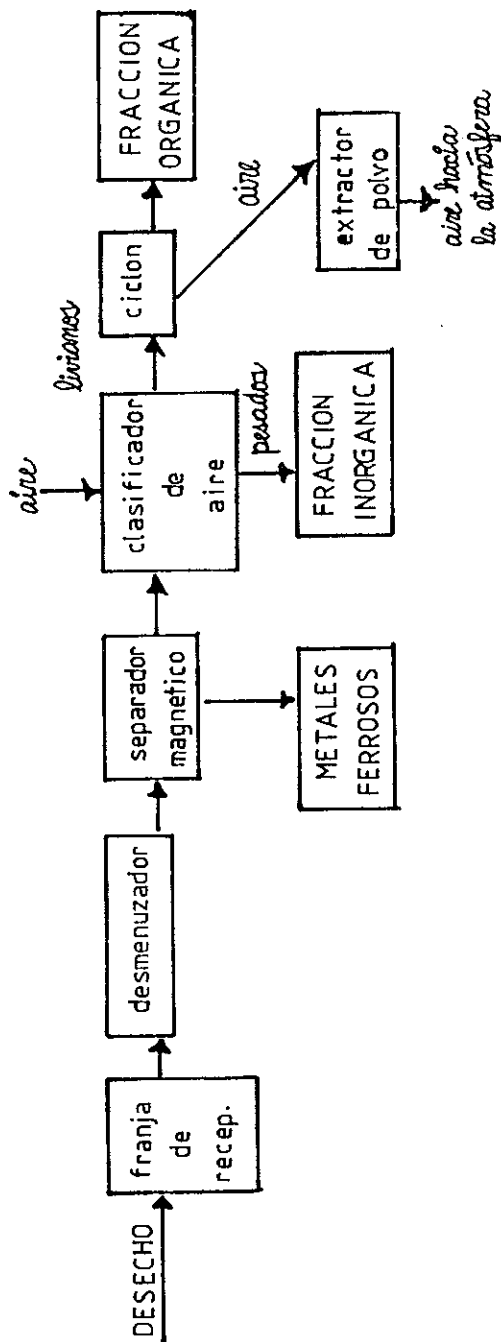
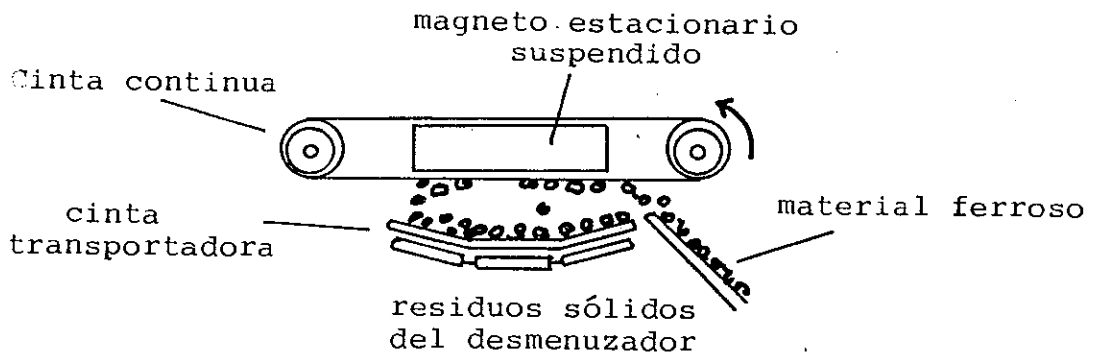


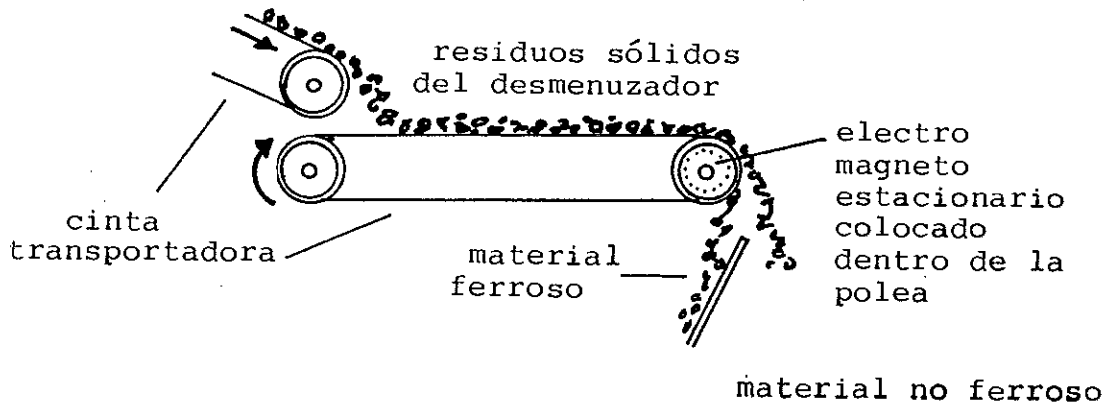
FIGURA 4.3

Separadores típicos de magnetos.

M A G N E T O S U S P E N D I D O



P O L E A M A G N E T I C A



T A M B O R M A G N E T I C O S U S P E N D I D O

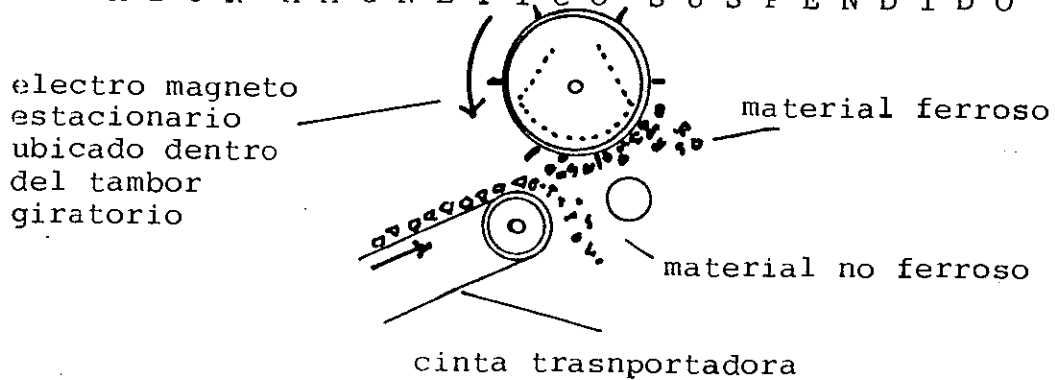


FIGURA 4.4

Etapas en la Fermentación de Compost.



Fuente: Incremi, S.A., 1993.

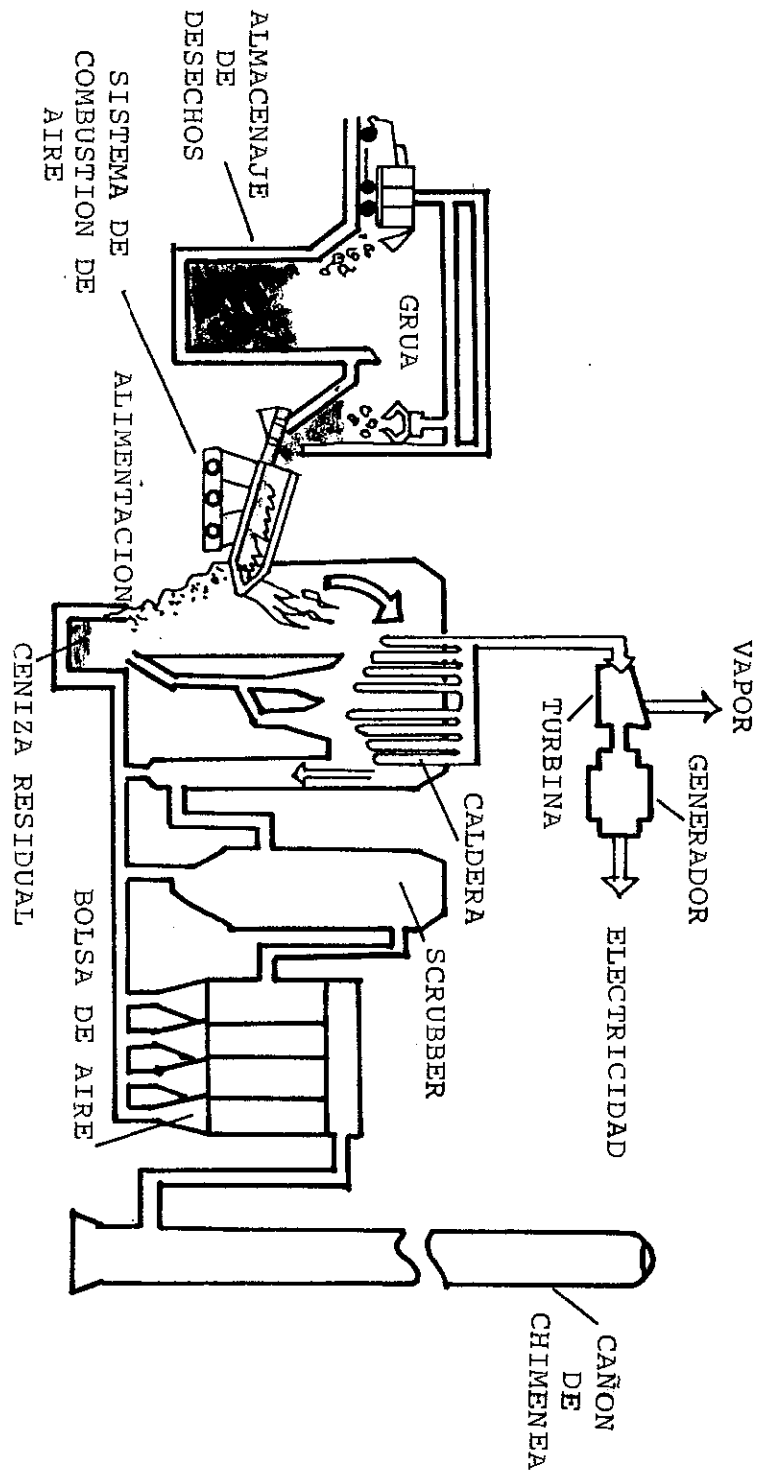
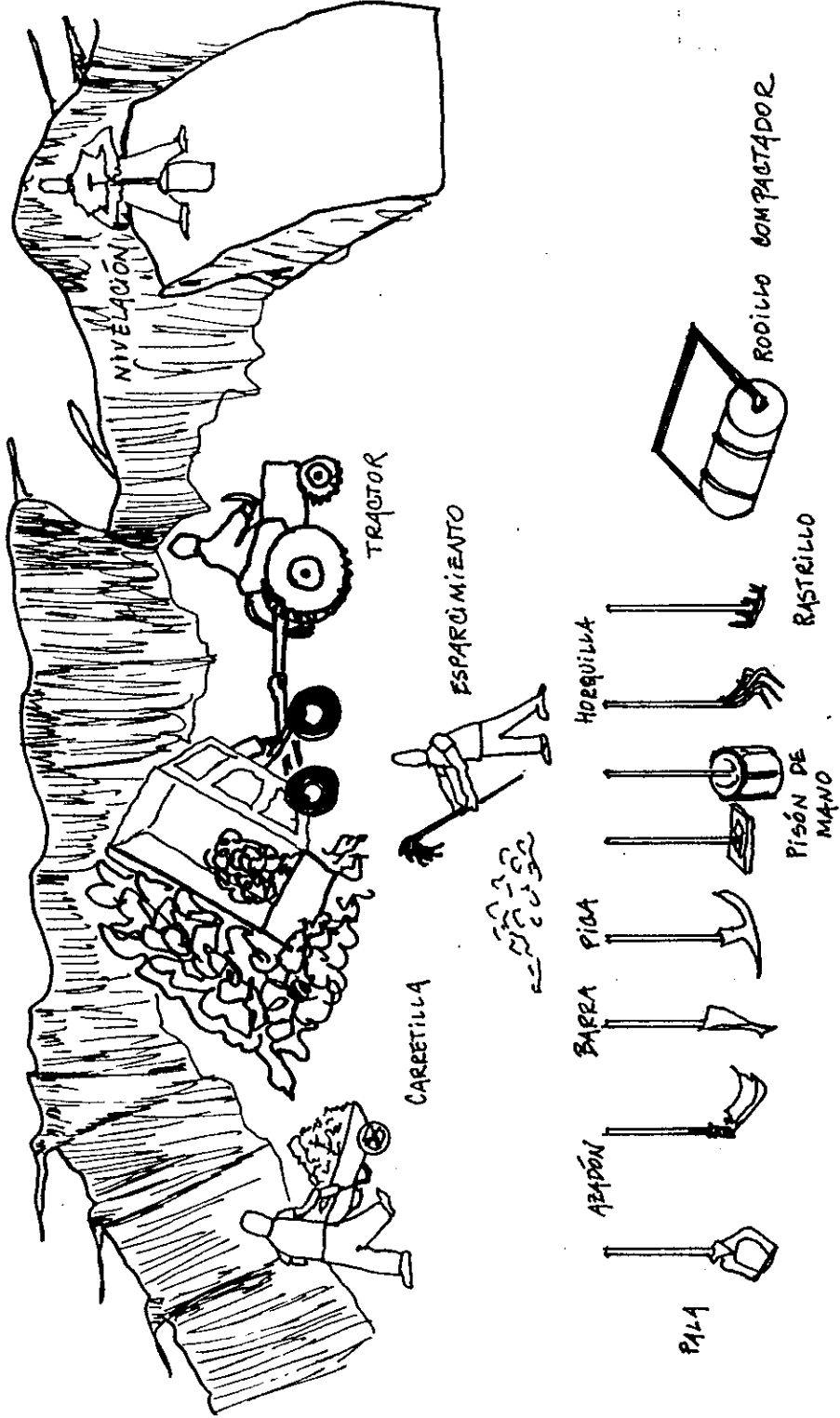


FIGURA 4.5

Diagrama típico de una planta de incineración municipal.

FIGURA 5.1

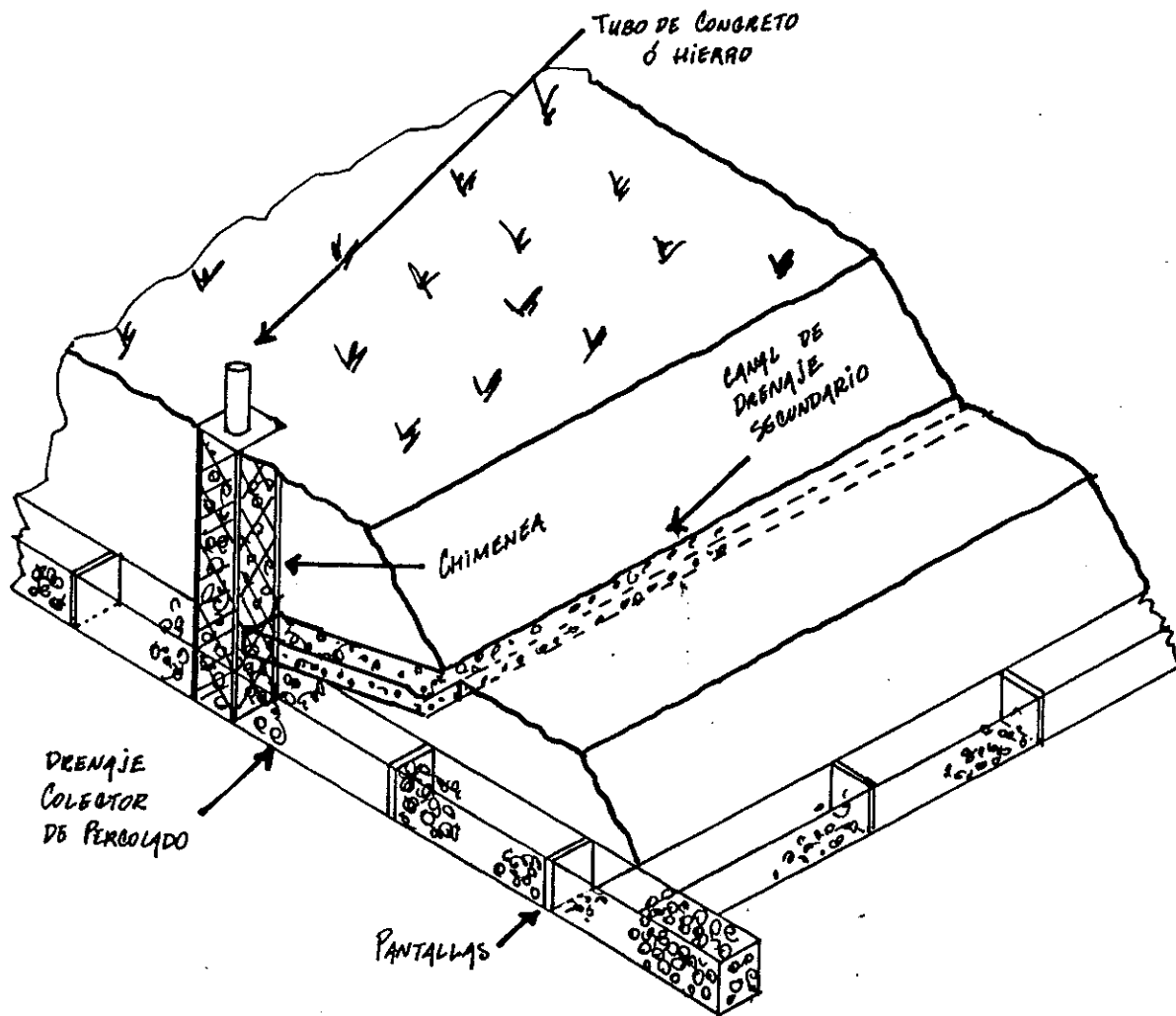
Equipo empleado en un relleno sanitario manual.



Fuente: OPS, 1993.

FIGURA 5.2

Relleno sanitario manual



Fuente: Jaramillo, 1991.

C. Glosario

Aereación - Proceso de exponer cantidades voluminosas de material, como composta, al aire mediante una agitación. Aereación forzada se refiere al uso de ventiladores en las pilas de composteo.

Aerobio, proceso - Proceso bioquímico que sucede en presencia de oxígeno.

Aire, clasificador de - Proceso mediante el cual un flujo de aire es empleado para separar materiales diversos de acuerdo a su tamaño, densidad y propiedades aerodinámicas de las piezas a ser separadas.

Ambiente - El conjunto de elementos naturales ó inducidos por el hombre que interactúan en un espacio y tiempo determinados.

Bacteria - Microorganismo unicelular del grupo de los protistas inferiores, se caracteriza por presentar organización celular procariótica. Suelen reproducirse por división binaria. Se clasifican en 10 órdenes según su motilidad, su forma de reproducción, sus caracteres morfológicos y otros factores.

Basura (Desecho sólido, residuo sólido.) - Todo residuo sólido o semisólido, desperdicio o lodos resultantes de las actividades industriales, comerciales y de la comunidad. Se considera además cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó.

Biodegradable, material - Residuo sólido que tiene la capacidad de descomponerse por medio de microorganismos, transformándose en un compuesto sencillo y estable como bióxido de carbono y agua. La mayoría de los desechos orgánicos, como residuos de comida y papel son biodegradables.

Biogás - Fluído gaseoso de origen biológico. Se produce por la descomposición de la materia orgánica, como el Metano.

Botadero o tiradero a cielo abierto - Un depósito primitivo de basura sin ninguna técnica de enterramiento donde los camiones recolectores y la gente lleva su basura. Los desechos allí permanecen a la intemperie, contaminando el medio ambiente.

Centro de acopio o de compra - Es el lugar donde se juntan limpios y clasificados los residuos inorgánicos como papel, cartón, metales, plásticos, vidrios y otros no biodegradables. Es el eslabón entre las industrias que reutilizan o reciclan estos residuos y la sociedad que los produce.

Ceniza residual (Bottom ash) - compuesta por el material no combustible que pasa a través de una cámara de combustión en los procesos de incineración de residuos sólidos municipales. Se lleva a un enfriamiento por medio de un rodillo hacia un extinguidor de agua.

Compost (Composta) - Material orgánico relativamente estable que ha pasado por el proceso de decomposición de composteo o compostaje bajo condiciones aeróbicas.

Consumismo - Deseo desmedido de poseer bienes materiales con la creencia de que estos permitirán identificarse con determinado nivel de vida; pero debido a los avances tecnológicos, el valor de dichos bienes es tan fugaz, que al poco tiempo surge la necesidad de cambiarlos por otros productos nuevos.

Contaminación - Presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de contaminantes que cause desequilibrio ecológico.

Descomposición anaerobia - Se da en ausencia de oxígeno en dos fases. En la primera fase no metanogénica, no se produce biogás y se preparan los residuos para una degradación posterior. Esta fase se identifica por la generación de ácido (bajos valores de Ph). La fase metanogénica es la que tiene la mayor descomposición anaeróbica, en la cual se produce el biogás. Esta fase requiere de temperaturas y grado de acidez adecuados para lograr la descomposición, aunque de forma muy lenta.

Desperdicio - Todo residuo sólido o semisólido de origen animal o vegetal, sujeto a putrefacción, proveniente de la manipulación, preparación y consumo de alimentos.

Dioxinas - Hidrocarbones heterocíclicos que se presentan como impurezas tóxicas, especialmente en herbicidas.

Disposición Final - Proceso mediante el cual las basuras son dispuestas en forma definitiva siguiendo técnicas sanitarias de enterramiento.

Educación ambiental - La acción educativa permanente por medio de la cual el individuo llega a tomar conciencia de su

realidad global, de las relaciones que se establecen entre sí y con su naturaleza, de sus problemas derivados y sus causas, desarrollando mediante la práctica su vinculación con la comunidad y promoviendo un comportamiento dirigido a la transformación de esa realidad en los aspectos naturales y sociales, manteniendo su salud física y mental.

Ferrosos, metales - Metales que son derivados de hierro que pueden ser removidos por medio de separadores magnéticos en las plantas de recuperación de materiales. Incluyen materiales como latas de aluminio, acero y hierro.

Filtro de Bolsa (Baghouse) - Equipo de protección ambiental empleado en las plantas de incineración de residuos municipales. La emisión de partículas finas (flyash) se recoge mediante grandes filtros de bolsa donde quedan atrapadas las partículas.

Gas Metano - Gas inolor, incolor, flamable y explosivo producido por los residuos sólidos municipales que sufren una descomposición anaerobia. Produce una llama luminosa y calorífica, por ello puede usarse como combustible.

Guajero (Pepenador) - Individuo que trabaja en los basureros al aire libre o en rellenos sanitarios en condiciones insalubres, separando los residuos reutilizables manualmente. Posteriormente, se los venden a intermediarios. Los guajeros son un grupo social organizado, con un trabajo productivo y útil para la sociedad, el cual no es reconocido en su mayoría.

Geomembrana (Geotextil) - geosintéticos entre los que se encuentran geotextil (para filtrar o estabilizar un terreno), geomalla (estabiliza taludes), geocompuestos (permeabilizante que recoge finos) y la geomembrana (impermeabilizante, contención de líquidos y sólidos). Son producidos mediante la extrusión de polietileno fundido.

Hidrogeología - Estudio del agua superficial y del subsuelo.

Hidrólisis - Fenómeno por el cual al disolver una sal neutra en agua, la solución puede adquirir propiedades ácidas ó alcalinas.

Humus - Material orgánico que resulta de la degradación de la materia que forman las plantas o restos de animales. Estos van siendo mineralizados por la acción de los hongos y bacterias, tiene un color negruzco con un alto contenido de carbón.

Inorgánicos, residuos - Compuestos por materiales que no son derivados de las plantas o animales, ie. no contienen carbón.

Lavadores (Scrubber) - También se conoce como reactor de cal; las unidades de control de gases ó lavadores (scrubbers), consisten en rocear ó aplicar una lechada de cal sobre la pared del lavador por donde pasan todos los gases incluyendo dióxido de sulfuro, ácido clorhídrico, dioxinas y furanos. El agua de la pasta se evapora y enfría estos gases.

Lixiviado - Líquido que se percola a través de los residuos sólidos u otro medio, lleva material extraído, disuelto o en suspensión de dichos residuos. La producción de estos líquidos tóxicos en los tiraderos al aire libre y rellenos sanitarios es de preocupación en la recolección y tratamiento de estos percolados.

Mecánica, separación - Separación de los residuos en sus varios componentes mediante el uso de medios mecánicos como son ciclones, tromeles y pantallas.

Metales pesados - Elementos peligrosos que incluyen cadmio, mercurio y plomo, los cuales pueden ser encontrados en la basura como parte de artículos descartados como son baterías, pinturas, colorantes y otros.

NIMBY - Abreviación de la expresión "Not In My Back Yard", la cual se refiere a la oposición de residentes en un área a la ubicación de cualquier planta o infraestructura para el manejo de residuos sólidos.

Orgánico, material - Material en la basura que contiene carbón, incluye papel, madera, residuos alimenticios, algunos plásticos ó residuos de jardinería.

Pirólisis - Separación de una sustancia en otras más sencillas mediante calor. El material es descompuesto en ausencia de aire y se recuperan productos.

Poder calorífico - Propiedad de la basura, medido en unidades de calorías/kilogramo, permite conocer el contenido de energía de un material (energía descargada en forma de calor en el proceso de combustión).

Polvillo volátil (Flyash) - El polvillo volátil es un material muy liviano que queda atrapado en los filtros de bolsa. El llamado Flyash puede contener metales y compuestos orgánicos que se adhieren a las partículas,

muchas veces está asociado a las dioxinas.

Reducción - El diseño, manufactura, adquisición y reutilización de materiales con el fin de minimizar la cantidad y toxicidad de los desechos generados.

D. Indice alfabético de términos empleados.

Aereación 70, 71
 Agencia de protección ambiental 10-13,93,20,52,59
 Agua, Contaminación de 14,16,18,26,80,85,91
 Aire, clasificador de 67,68
 Alameda Norte 36,74
 Almacenamiento 21-26
 Aseo urbano 28,50,51,53,58,60,73
 Biferilos policlorados 15,26,82
 Biodegradable 27,35
 Biogás 99-102
 Botadero a cielo abierto 29,34,95,99
 Botaderos clandestinos 7,34,96,97
 Centro de acopio 64,65,77
 CHON 5,8,10,11
 Cobertura de la recolección 29,33,34,47
 Código Municipal 53
 Código Penal 54
 Contaminación Ambiental 29,52,58
 Deforestación 78
 Desecho sólido industrial 7,13-15,17,21
 Desechos hospitalarios 13,14,18,23,20,21,25
 Desecho sólido municipal 6,4,8,21,22,38
 Desecho sólido tóxico y/o peligroso 7,11-18,26,27,60,61,
 80,83,85,93,94
 El Trébol, relleno 102-103
 Empresas de aseo 15,33,49,54
 Estación de transferencia 29,30,41-45,65
 Fermentación 70-74
 Greenpeace 13
 Gusano Californiano 72
 Humus 69
 INGUAT 23
 JICA 10,34,103
 Legal, aspectos. 52-55
 Lixiviados 22,36,63,74,83,93,98,99,101,102,109,110
 Macro rutas 39
 Micro rutas 39
 Metales ferrosos 67,81

Metano 94,102
NIMBY 29,88,103
Planta de recuperación total de materiales, FSPMF 77
Planta de recuperación de materiales, MRF 77,78
Polietileno de alta densidad, HDP 82
Polietileno Teraftalato, PET 82
Producción de desechos, factores 5
Producto nacional bruto 10
Producto interno bruto 2
Recolección 5,27,30,33-50
Relleno Manual 104-111
Sistema nacional de aseo urbano 51
Segregación in situ 27- 28
Separador magnetico 67-69
Relleno Sanitario 29,41,60,72,73,94-96,101-105
Töpfer, decreto 62
Transferencia o intercambio de desechos 24
Tratamiento, definición 57
Triturador de basura orgánica 10,25