

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**



**PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL MANEJO DE DESECHOS  
SÓLIDOS DE NATURALEZA NO PELIGROSA PARA EL  
MUNICIPIO DE CHAPELTIQUE**

**PRESENTADO POR:**

**JOVEL CASTILLO, ERNESTO ALFREDO  
SOTO REYES, HERBERTH OVIDIO**

**PARA OPTAR AL TITULO DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**AGOSTO DE 2,003**

**SAN MIGUEL, EL SALVADOR CENTRO AMERICA**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OPCION AL GRADO DE:

**INGENIERO CIVIL**

TITULO:

**PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL MANEJO DE DESECHOS  
SÓLIDOS DE NATURALEZA NO PELIGROSA PARA EL  
MUNICIPIO DE CHAPELTIQUE**

PRESENTADO POR:

**JOVEL CASTILLO, ERNESTO ALFREDO  
SOTO REYES, HERBERTH OVIDIO**

TRABAJO DE GRADUACION APROBADO POR:

COORDINADOR DE PROCESOS DE GRADO:

**ING. DAVID ARNOLDO CHÁVEZ SARAVIA**

DOCENTE DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN:

**ING. GUILLERMO MOYA TURCIOS**

**SAN MIGUEL, EL SALVADOR CENTRO AMERICA**

# **UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

RECTOR:

**DRA. MARIA ISABEL RODRÍGUEZ**

SECRETARIO GENERAL:

**LIC. LIDIA MARGARITA MUÑOZ VELA**

## **FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**

DECANO:

**ING. JOAQUIN ORLANDO MACHUCA GÓMEZ**

SECRETARIA:

**LICENCIADA LOURDES ELIZABETH PRUDENCIO COREAS.**

### **DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

JEFE DEL DEPARTAMENTO:

**ING. DAVID ARNOLDO CHAVEZ SARAVIA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:**

**COORDINADOR DE PROCESOS DE GRADO:**

**Ing. David Arnoldo Chávez Saravia**

**DOCENTE DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN:**

**Ing. Guillermo Moya Turcios**

## **AGRADECIMIENTOS GENERALES**

### **Al Ingeniero Guillermo Moya Turcios**

Por la valiosa aportación que nos dio al brindarnos desinteresadamente cada uno de sus conocimientos, guiándonos paso a paso para obtener un trabajo mejor logrado.

### **Al Ingeniero David Arnoldo Chávez Saravia**

Por su apoyo y comprensión, motivándonos con su ejemplo a seguir adelante.

### **Al Ingeniero Luis Claytón Martínez**

Por su desinteresada colaboración

### **A la Alcaldía Municipal de Chapeltique**

Por facilitarnos las herramientas necesarias para la realización de este trabajo, proporcionando la información, recurso humano e instalaciones físicas que pudieran ser de utilidad en el desarrollo de nuestra Tesis.

### **A los Docentes de la Facultad Multidisciplinaria Oriental**

Por su enseñanza a lo largo de toda nuestra carrera

## DEDICATORIAS

**“A mis Padres”** por tanto Amor, Ejemplo y Dedicación.

**“A mi hija María Fernanda”** por el amor que me da y me inspira a seguir adelante en la vida

Ernesto Jovel.

### **A Dios Todopoderoso**

Por Iluminarme al elegir mi carrera, por darme la sabiduría y conocimiento para ser aplicada y por permitirme concluirla con éxito.

### **A mis Padres, José Benito y Dora Alicia**

Por estar siempre pendientes de mi, por su Amor, apoyo y perseverancia para ver concluida mi carrera.

### **A mis Abuelos**

Por su admiración, respeto que me permitió mantener la firmeza y confianza.

### **A mi querida Esposa, Yolanda Lorena**

Por su Amor y fe, como pilar fuerte el cual me mantuvo firme ante cualquier adversidad, por su dedicación al cumplimiento de mi labor y su confianza depositada siempre en mi.

### **A mi Bello Hijo Regalo de Dios, Herberth Josué**

Por su linda sonrisa que lo caracteriza e ilumina su rostro, quien me motiva a seguir siempre adelante.

### **A mis Hermanas, Mirian Armida y Thelma Elizabeth**

Por su apoyo moral, Amor y perseverancia brindada para el logro de mi carrera.

### **A mis Tíos**

Por su aprecio, su reconocimiento y confianza depositada en mi

### **A mis Amigos**

Por su reconocimiento respeto y Amistad brindada incondicionalmente

Herberth Ovidio Soto Reyes

## INTRODUCCIÓN GENERAL

El presente trabajo, propone una solución al manejo de los desechos sólidos de la Zona Urbana del Municipio de Chapeltique, específicamente a las etapas de tratamiento y disposición final.

La propuesta surge tomando como base el diagnóstico realizado a las diferentes etapas, conociendo así la generación y composición de los desechos sólidos del área urbana, obteniendo datos propios del Municipio a través de encuestas, los que resultaron básicos para nuestro diseño, entre los que se mencionan: Sistema de recolección actual, Producción Per cápita (PPC), Peso Volumétrico(  $\rho$ ), y clasificación física de los desechos. Tomando en cuenta los parámetros anteriores se propone una ruta de recolección mas eficiente, una clasificación en casa de los desechos sólidos en orgánicos e inorgánicos, Tratamiento de la fracción orgánica y disposición final de la fracción inorgánica

El Tratamiento de los desechos orgánicos será por medio del método de compostaje, y para los desechos inorgánicos se presenta un Relleno Sanitario Manual tipo trinchera debido a las condiciones topográficas del terreno con el que cuenta la Municipalidad para la construcción de dicho sistema.

Ya que toda obra de ingeniería involucra costos de implementación, operación y mantenimiento, para ello se hizo necesario rediseñar las rutas de recolección actual para optimizar recursos y evaluar los costos de implementación, operación y mantenimiento de la planta. Posteriormente se evaluaron los costos actuales que enfrenta la municipalidad con el actual sistema y se compararon con el propuesto, para determinar la factibilidad del proyecto.



## **CAPITULO I “GENERALIDADES”**

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAG.</b>
1.1 GENERALIDADES.....	2
1.2 OBJETIVOS.....	3
1.3 NTECEDENTES.....	4
1.4 ALCANCES Y LIMITES.....	5
1.5PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	6
1.6 JUSTIFICACIÓN DEL TEMA.....	7

## **CAPITULO II “MARCO REFERENCIAL”**

2.1GENERALIDADES .....	10
2.2 MARCO HISTÓRICO .....	11
2.3 MARCO NORMANTIVO .....	12
2.4 MARCO CONCEPTUAL .....	15
2.5 MANEJO INTEGRAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS .....	17
2.5.1 Generación .....	18
2.5.2 Almacenamiento.....	18
2.5.3 Recolección.....	18
2.5.4Transporte.....	19

2.5.5 Tratamiento.....	19
2.5.6 Disposición final.....	20
2.6 METODOS DE TRATAMIENTO PARA LOS DESECHOS SÓLIDOS Y DISPOSICIÓN FINAL.....	20
2.6.1 Incineración.....	20
2.6.2 Relleno sanitario .....	21
2.6.3 Fosas composteras.....	21
2.7 TRATAMIENTO POR MEDIO DEL COMPOSTAJE .....	22
2.7.1 La producción de abonos orgánicos a través de la descomposición de materia orgánica .....	22
2.7.2 Métodos de Tratamiento por Medio del Compostaje.....	23
2.7.2.1 Compost en Fosas.....	23
2.7.2.2 Compost rectangular.....	24
2.7.2.3 Compostaje en casa.....	24
2.7.2.4 Compostaje en Cajones.....	26
2.7.2.5 Compostaje Centralizado.....	26
2.7.3 Actividades operativas de producción de compost.....	27
2.8 FACTORES DE CONTROL TÉCNICO EN EL COMPOSTAJE .....	29
2.8.1 Selección y ubicación del terreno.....	29
2.8.2 Recuperación de la materia orgánica.....	30
2.8.3 Factores de control .....	31
2.8.4 Factores Climáticos .....	32
2.8.5 El proceso de descomposición .....	32
2.8.6 Composición físico - química del producto .....	35

2.8.7 Aspectos higiénicos del compostaje.....	37
2.9 PRODUCTO FINAL.....	38
2.9.1 Importancia de la elaboración y utilización del compost.....	39

### **CAPITULO III**

#### **“DIAGNOSTICO Y ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE CHAPELTIQUE”.**

3.1 GENERALIDADES.....	45
3.2 DATOS GENERALES .....	45
3.2.1 Historia del Municipio de Chapeltique.....	45
3.2.2 Posición geográfica .....	45
3.2.3 Extensión territorial .....	46
3.2.4 Actividades Socioeconómicas .....	46
3.2.5 Desarrollo Urbano .....	47
3.2.6 Servicios Municipales y Privados .....	47
3.3 DIAGNOSTICO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO.....	48
3.3.1 Formulación de la encuesta.....	48
3.3.2 Tamaño de la Muestra.....	49
3.3.3 Análisis de resultados... ..	50
3.3.4. Frecuencia de recolección .....	57
3.3.5 Clasificación de la Basura .....	61
3.4 MANEJO DE LA BASURA.....	62
3.4.1 Almacenamiento.....	62

3.4.2 Servicio de recolección .....	63
3.4.2.1 Ruta de recolección .....	63
3.4.2.2 Personal asignado.....	64
3.4.3 Disposición final de los desechos sólidos .....	64
3.4.4 Costos de personal asignado.....	64
3.4.5 Costos del equipo de recolección .....	65
3.4.6 Costo total.....	69

## **CAPITULO IV**

### **“PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL TRATAMIENTO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DE LA CIUDAD DE CHAPELTIQUE”.**

4.1 GENERALIDADES.....	71
4.2 REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO.....	71
4.2.1 Evaluaciones Legales .....	71
4.2.2 Lineamientos Para Trámites Ambientales .....	72
4.2.3 Requisitos Mínimos .....	72
4.2.4 Métodos de manejo .....	72
4.3 MÉTODO DE MANEJO PROPUESTO .....	73
4.3.1 Almacenamiento .....	73
4.3.2 Recolección .....	73
4.3.3 Procesamiento .....	76
4.3.4 Disposición final .....	77

4.4	PROPUESTA DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS.....	78
4.4.1	Diseño de ruta de recolección .....	78
4.5	DISEÑO DE PILAS COMPOSTERAS.....	83
4.5.1	Volumen generado para el año 2,012 .....	85
4.5.2	Área del patio de compostaje para el año 2012 .....	86
4.5.3	Área de almacenamiento .....	87
4.5.4	Cálculo de área de almacenamiento .....	87

## **CAPITULO V**

### **“DISEÑO DE RELLENO SANITARIO MANUAL “**

5.1	GENERALIDADES.....	89
5.2	PARAMETROS A EVALUAR .....	89
5.2.1	Topografía .....	89
5.2.2	Suelos .....	89
5.2.3	Nivel freático .....	90
5.3	DISEÑO DE RELLENO SANITARIO MANUAL .....	90
5.3.1	Selección del Método .....	90
5.3.2	Cantidad y Característica de los Desechos Sólidos .....	94
5.3.3	Cobertura de celdas .....	95
5.3.4	Dimensiones de la Trinchera .....	96
5.3.5	Sistema de captación de escorrentía superficial .....	97
5.3.6	Manejo de líquidos lixiviados generados .....	98
5.3.7	Sistema de drenajes y captación de lixiviados.....	99

5.3.8	Manejo de Gases Generados .....	103
5.3.9	Obras complementarias.....	104
5.4	OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO MANUAL .....	105
5.4.1	Control de Operaciones .....	106
5.4.2	Mano de Obra .....	107
5.4.3	Herramientas .....	108
5.4.4	Construcción del Relleno Sanitario Manual .....	109
5.4.5	Operación del Relleno Sanitario tipo Trinchera .....	109
5.5	MANTENIMIENTO .....	114
5.6	PLAN DE CIERRE .....	116
5.6.1	Plan de Abandono .....	117
5.6.2	Diseño de la Cobertura Final .....	117
5.6.3	Plan de Monitoreo Ambiental .....	117
5.6.4	Plan de Recuperación .....	117

## **CAPITULO VI**

### **“COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN DEL TRATAMIENTO Y**

### **DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS“**

6.1.	GENERALIDADES .....	120
6.2	COSTOS SALARIALES PARA LA RECOLECCIÓN, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS.....	120
6.2.1	Costos salariales para la recolección.....	120

6.2.2	Costos salariales necesario para el Manejo del planta de compostaje.....	121
6.2.3	Costos salariales para la disposición final de los desechos sólidos.....	123
6.3	EQUIPO UTILIZADO PARA EL SISTEMA DE RECOLECCION, TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE LOS DESECHOS.....	126
6.3.1	Equipo necesario para la recolección.....	126
6.3.2	Equipo necesario para el Manejo de los desechos sólidos.....	127
6.3.3	Equipo necesario para la disposición final de los desechos sólidos.....	128
6.4	TARIFA MENSUAL PARA CADA ETAPA.....	129
	COSTOS FIJOS.....	131
6.5.1	Equipo especial necesario.....	134

# **CAPITULO I**

## **GENERALIDADES**



## **CAPITULO I**

### **1.1 GENERALIDADES**

En nuestro país son pocos los estudios que se han realizado sobre el manejo de desechos sólidos. El ritmo cambiante en los hábitos de consumo de la sociedad ha puesto en evidencia la deficiencia existente para la disposición final de la basura, que provocan un grave impacto en el medio físico-biótico a causa de los botaderos a cielo abierto.

Chapeltique es uno de tantos municipios del país, que realiza el saneamiento de la ciudad de forma indebida, ya que únicamente se recolectan los desechos de la zona urbana y se depositan en un botadero a cielo abierto, en donde los estos son quemados, generando con esto fuentes de contaminación y perjuicios a la salud de los habitantes como al medio ambiente.

El propósito del presente estudio es recomendar alternativas de solución para el problema de los desechos sólidos en la zona urbana de la ciudad de Chapeltique, contemplando desde el almacenamiento y la clasificación en los hogares de la basura hasta la disposición final en un lugar apropiado para tal fin.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 General:**

- Diseñar un sistema adecuado para mejorar las condiciones de Recolección, tratamiento y disposición final de los Desechos sólidos en la ciudad de Chapeltique.

### **1.2.2 Específicos:**

- Analizar técnicamente el sitio escogido por la Municipalidad para la disposición final de los desechos sólidos.
- Proponer las rutas de recolección y el equipo necesario para tal fin, así como la frecuencia con la que se ha de llevar a cabo la recolección.
- Diseñar la planta de tratamiento de desechos sólidos orgánicos utilizando el método de pilas composteras.
- Diseñar un Relleno Sanitario para los Desechos Sólidos inorgánicos.
- Evaluar los costos del proyecto y conocer así la factibilidad del mismo.

### **1.3 ANTECEDENTES.**

Los pocos estudios realizados con el tratamiento y disposición final de los desechos sólidos ha sido motivo de preocupación de la mayoría de las municipalidades de El Salvador y de América Latina, ya que esta es depositada en lugares no destinados para tal fin, donde el impacto a la salud pública se da en grandes magnitudes.

Las Alcaldías para solventar este problema, únicamente la depositan en un lugar fuera de la vista pública en el cual la basura se descompone inadecuadamente, mediante procesos dañinos para la salud de las personas que viven en las cercanías, ya que se da la proliferación de agentes patógenos tales como: moscas, zancudos, ratones y bacterias causantes de muchas enfermedades en la población.

En nuestro país son pocos los esfuerzos de las Municipalidades en cuanto al tratamiento de la basura, en algunos casos por falta de un presupuesto adecuado y en otros debido a que no existe conciencia ambiental, unos de los esfuerzos aislados es el relleno sanitario ubicado en el Municipio de Nejapa que recibe casi la mayoría de los desechos provenientes del gran San Salvador, la planta de compostaje en el Municipio de Suchitoto, Departamento de Cuscatlan un intento realizado en el Municipio de Comacarán el cual no tuvo el éxito deseado, últimamente el relleno Sanitario en el Departamento de Usulután que es un esfuerzo en conjunto con las municipalidades de Concepción Bártres, Usulután, Puerto el Triunfo, Ereguayquin, y Jiquilisco.

## **1.4 ALCANCES Y LIMITES**

### **1.4.1 Alcances**

- Adecuar el sitio con el que cuenta la Municipalidad, para la construcción de la planta de tratamiento y disposición final de los desechos sólidos de naturaleza no peligrosa.
- La planta de tratamiento se diseñará para procesar desechos de naturaleza orgánica procedentes de la zona urbana.
- Se diseñara un Relleno Sanitario Manual para la disposición final de los desechos que no serán tratados en las composteras.

### **1.4.2 Limites**

- Se diseñará la planta para procesar únicamente la basura proveniente de la zona urbana de la ciudad de Chapeltique.
- Las pilas composteras únicamente procesaran basura de naturaleza orgánica, el resto se depositara en una pequeño relleno sanitario manual que propondremos en nuestro trabajo.
- No se realizará el estudio de selección del sitio de la planta, ya que la municipalidad cuenta con el sitio destinado para tal fin.
- La planta no dará tratamiento a los desechos de naturaleza peligrosa.

## 1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La ciudad de Chapeltique se encuentra ubicada a 138.00 Km de San Salvador y en el departamento de San Miguel, posee una extensión territorial de 104.00 km<sup>2</sup> y cuenta con 10,445 habitantes de los cuales el 73.00 % es población rural y el 27.00 % restante es de la zona urbana<sup>1</sup>.

Será este 27 % de la población la que se tomará en cuenta para el presente estudio, esto obedece a que el problema se presenta en mayor escala en la zona urbana, donde las disposiciones municipales no son suficientes para controlar la contaminación generada por la mala disposición de la basura.

En la ciudad se genera un número aproximado de 2.20 ton diarias<sup>2</sup> de basura, las cuales no reciben un tratamiento adecuado ya que desde el proceso de almacenamiento hasta la disposición final de la basura, no recibe el tratamiento adecuado, sino que la disposición final de esta es en un terreno localizado en la calle que de Chapeltique conduce a Sesorí, situado aproximadamente a 2.5 Km. Lo cual perjudica en gran medida a la población ya que esta sufre de enfermedades gastrointestinales, respiratorias, etc.

---

<sup>1</sup> Consultar [www.fisdI.gob.sv](http://www.fisdI.gob.sv)

<sup>2</sup> Dato recolectado en muestreo de campo.

## 1.6 JUSTIFICACIÓN DEL TEMA.

El problema es de gran trascendencia ya que un número representativo de habitantes sufre de perjuicios generados por la mala disposición de la basura; tales como: problemas de salud, contaminación ambiental, criaderos de moscas, zancudos, ratones, etc. y que significa un alto costo económico en la población.



Fig. 1.1 Botadero de basura actual del municipio de Chapeltique.

Si a esto le agregamos que la buena disposición de los desechos sólidos propuesto, transformará los desperdicios orgánicos caseros en un compuesto rico en minerales, con propiedades mejoradoras de suelos, lo que puede utilizarse ampliamente en la zona debido a su naturaleza ganadera, además el reducir los riesgos de enfermedades debido a microorganismos patógenos que crecen, se desarrollan y reproducen en botaderos a cielo abierto, que es la disposición final que se le da a la basura en la ciudad, nos permite concluir que es necesidad primordial para la municipalidad contar con un tratamiento de disposición final para los desechos sólidos generados por esta población.

Con lo antes expuesto proponemos un procedimiento tecnificado de tratamiento de la basura con un costo económico no muy alto, como lo son las pilas composteras. Asimismo el producto (Compost) que de estas se obtenga servirá para mejorar las condiciones de los suelos de la zona, que en su mayoría se dedican a las actividades agrícolas.

# **CAPITULO II**

## **MARCO REFERENCIAL**



## CAPITULO II

### 2.1 GENERALIDADES.

El manejo de desechos sólidos, se entiende como un sistema que incluye la limpieza, recolección, transporte, disposición final y aprovechamiento de los residuos de una comunidad.

Dentro de los procesos que abarcan el adecuado manejo y tratamiento de los desechos sólidos, se encuentra la práctica de compostaje, convirtiéndose en un método de recuperación y reciclaje.

En el desarrollo de este capítulo se plantea tres componentes del Marco Referencial principales, los cuales permitirán al lector tener un escenario más amplio del tema en estudio. Estas fases pueden enunciarse como sigue:

- Marco Histórico
- Marco Normativo
- Marco Teórico

El Marco Histórico enmarca los antecedentes de estudios realizados en nuestro país referentes al tratamiento de los desechos sólidos.

El Marco Normativo estudia y analiza las leyes, reglamentos. Tratados y ordenanzas Municipales elaboradas en el país para el buen manejo de los desechos sólidos.

El Marco Teórico el cual enuncia y define los diferentes conceptos técnicos a utilizar en el desarrollo del trabajo.

## 2.2 MARCO HISTÓRICO

En base a las investigaciones y experiencias realizados en El Salvador acerca del manejo de los desechos sólidos podemos mencionar los principales esfuerzos más recientes que abarcan investigaciones, proyectos pilotos, anteproyectos y otros:

- **NOMBRE DEL PROYECTO: “Plan director de Manejo de desechos sólidos para el casco Municipal de Suchitoto “**
  - LOCALIZACIÓN : Barrio la Cruz, suchitoto, Cuzcatlan.
  - ORGANISMO EJECUTOR: Centro de Tecnología Apropiada CESTA
  - INICIO DE OPERACIÓN: ENERO DE 1997
  - CONDICIÓN ACTUAL: En Operación.
  
- **NOMBRE DEL PROYECTO: “Implementación de un sistema básico de manejo de desechos sólidos en el municipio de Ciudad Barrios, San Miguel”.**
  - LOCALIZACIÓN: Ciudad Barrios
  - ORGANISMO EJECUTOR: Instituto para un nuevo El Salvador (INELSA)
  - INICIO DE OPERACIÓN: A nivel de Anteproyecto.
  
- **NOMBRE DEL PROYECTO: “Implementación de plantas de tratamiento por medio del compostaje”.**
  - LOCALIZACIÓN: Tecoluca; San Vicente
  - ORGANISMO EJECUTOR: (CENTA)
  - INICIO DE OPERACIÓN: A nivel de Anteproyecto.
  
- **NOMBRE DEL PROYECTO: “Relleno Sanitario de SOCIMUS( Sociedad intermunicipal Usuluteca)”**
  - LOCALIZACIÓN: Municipio de Usulután

- ORGANISMO EJECUTOR: SOCIMUS
  - INICIO DE OPERACIÓN : JULIO DE 2002
  - CONDICIÓN ACTUAL: En Operación.
- **NOMBRE DEL PROYECTO: “Relleno Sanitario Manual”.**
    - LOCALIZACIÓN: Municipio de Sensuntepeque
    - ORGANISMO EJECUTOR: Alcaldía Municipal.
    - INICIO DE OPERACIÓN : 1993
    - CONDICIÓN ACTUAL: En Operación.
- **NOMBRE DEL PROYECTO: “Proyecto de Mejoramiento del Manejo de Desechos Sólidos de la Región Metropolitana”.**
    - LOCALIZACIÓN: Municipio de Nejapa
    - ORGANISMO EJECUTOR: MIDES
    - INICIO DE OPERACIÓN : 1995
    - CONDICIÓN ACTUAL: En Operación.

En el marco histórico se puede observar que los esfuerzos de las municipalidades son recientes, esto debido a la poca concientización que ha existido. Sin embargo es alentador el ritmo creciente de las propuestas para el manejo de los desechos, así como las experiencias satisfactorias que han experimentando las municipalidades donde se ha implementado un método de manejo integral de desechos sólidos.

## **2.3 MARCO NORMATIVO**

### **2.3.1 A nivel nacional**

La legislación Salvadoreña cuenta con herramientas legales para proteger el Medio Ambiente entre las que se pueden mencionar : la Constitución Nacional, la Ley del Medio Ambiente, Reglamento especial de desechos sólidos.

- **Constitución de El Salvador.**

La constitución de la Republica de El Salvador en los artículos 65 y 117, regula el buen Manejo de los desechos sólidos desde la recolección hasta la disposición final.

- **Ley del Medio Ambiente:**

En cumplimiento al Art. 52 de la Ley del Medio Ambiente promoverá la coordinación con las instituciones competentes y otros sectores involucrados en la elaboración del Reglamento para el Manejo Integral de Desechos Sólidos.

- **Reglamento Especial de los desechos sólidos de El Salvador:**

En el Título I Capítulo Único Art. 1.(Ver Anexo 2)- El presente Reglamento tiene por objeto regular el manejo de los desechos sólidos. El alcance del mismo será el manejo de desechos sólidos de origen domiciliario, comercial, de servicios o institucional; sean procedentes de la limpieza de áreas públicas, o industriales similares a domiciliarios, y de los sólidos sanitarios que no sean peligrosos.

### **2.3.2 A nivel local**

- **Código Municipal:**

El Código Municipal fue emitido mediante Decreto Legislativo No 274 publicado en el diario Oficial No 23 Tomo 290, de fecha 5 de febrero de 1986.

En el título 3, Capítulo Único, Art.4, Numeral 19, se establece la competencia de las Municipalidades la responsabilidad en la presentación del servicio de aseo, barrido de calles, recolección y disposición final de basuras.

- **Ordenanza Municipal**

La ordenanza municipal<sup>3</sup> de conservación del medio ambiente fue emitida en el Salón de Sesiones de la Alcaldía Municipal de la ciudad de Chapeltique, el día primero de Septiembre del año 2000. la presente entro en vigencia ocho días después de su publicación en el diario oficial.

En base a lo anterior se observa que en El Salvador existen la reglamentación que exige a las municipalidades el buen manejo de los desechos sólidos.

### **2.3.3 Normativa Internacional.**

Muchos países están concientes de los daños que ocasiona el mal manejo de los desechos sólidos, por lo que han tomado cartas en el asunto, entre los pioneros de esta ardua tarea, en Latinoamérica encontramos a: Chile, México, Argentina, Brasil, Ecuador y Costa Rica en Centro América quienes han implementado normas que regulan la disposición final de la basura. En este trabajo se han retomado las normativas Chilenas y Mexicanas por ser las que mejor se apegan a las condiciones del país y se detallan a continuación:

- **NORMA MEXICANA NOM-083-ECOL-1,996 (Anexo 3)**
  - Establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales.
  - Año de implementación: 1,996
  - País: México.
- **NORMA CHILENA PARA RELLENO SANITARIO (Anexo 4)**
  - Establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los desechos sólidos, así como los procedimientos, parámetros del diseño, operación, monitoreo y control y plan de cierre.

---

<sup>3</sup> Ver Ordenanza Municipal de Conservación del Medio Ambiente Municipio de Chapeltique.

- Año de implementación: 2,003
- País: Chile

En base a lo expuesto en el marco normativo se puede observar que en El Salvador, existe la reglamentación necesaria para la correcta realización del buen manejo de los desechos sólidos, sin embargo, es un esfuerzo reciente que conlleva un proceso largo y lento de transición, de la práctica inadecuada a la adecuada. Es por esto que en la actualidad son pocas las municipios que cuentan con el debido tratamiento de la basura

## 2.4 MARCO CONCEPTUAL

### a) Desechos sólidos

Son aquellos materiales, que son descartados por la actividad del ser humano o generados por la naturaleza, y que no teniendo una utilidad inmediata para su actual poseedor, se transforman en indeseables.

Los desechos sólidos se clasifican de acuerdo a su naturaleza en:

- **Peligrosos**

Son aquellos desechos radiactivos y tóxicos provenientes de las industrias, y los desechos humanos contaminantes generados en los hospitales, así tenemos las vísceras. Jeringas, sondas, esparadrapos, Gasas, etc.

- **No peligrosos**

Son todos los desechos no considerados en la definición anterior.

b) **Compostaje:** Proceso de manejo de desechos sólidos, por medio del cual los desechos orgánicos son biológicamente descompuestos, bajo condiciones controladas, hasta el punto en que el producto final puede ser

manejado, embodegado y aplicado al suelo, sin que afecte negativamente el medio ambiente.

- c) **Contaminación por desechos sólidos:** La degradación de la calidad natural del medio ambiente, como resultado directo o indirecto de la presencia o la gestión y la disposición final inadecuadas de los desechos sólidos.
- d) **Contenedor:** Recipiente en el que se depositan los desechos sólidos para su almacenamiento temporal o para su transporte.
- e) **Disposición Final:** Es la operación final controlada y ambientalmente adecuada de los desechos sólidos, según su naturaleza.
- f) **Generador de desechos sólidos:** Toda persona, natural o jurídica, pública o privada, que como resultado de sus actividades, pueda crear o generar desechos sólidos.
- g) **Lixiviado:** Líquido que se ha filtrado o percolado, a través de los residuos sólidos u otros medios, y que ha extraído, disuelto o suspendido materiales a partir de ellos, pudiendo contener materiales potencialmente dañinos.
- h) **Gestión Integral:** Conjunto de operaciones y procesos encaminados a la reducción de la generación, segregación en la fuente y de todas las etapas de la gestión de los desechos, hasta su disposición final.
- i) **Relleno Sanitario:** Es el sitio que es proyectado, construido y operado mediante la aplicación de técnicas de ingeniería sanitaria y ambiental, en donde se depositan, esparcen, acomodan, compactan y cubren con tierra, diariamente los desechos sólidos, contando con drenaje de gases y líquidos percolados.

- j) **Relleno Sanitario Manual:** Es aquél en el que sólo se requiere equipo pesado para la adecuación del sitio y la construcción de vías internas, así como para la excavación de zanjas, la extracción y el acarreo y distribución del material de cobertura. Todos los demás trabajos, tales como construcción de drenajes para lixiviados y chimeneas para gases, así como el proceso de acomodo, cobertura, compactación y otras obras conexas, pueden realizarse manualmente.
  
- k) **Relleno Sanitario Mecanizado:** Es aquél en que se requiere de equipo pesado que labore permanentemente en el sitio y de esta forma realizar todas las actividades señaladas en el relleno sanitario manual, así como de estrictos mecanismos de control y vigilancia de su funcionamiento.
  
- l) **Tratamiento o Procesamiento:** Es la modificación de las características físicas, químicas o biológicas de los desechos sólidos, con el objeto de reducir su nocividad, controlar su agresividad ambiental y facilitar su gestión.

## 2.5 MANEJO INTEGRAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS

Para el manejo de los desechos sólidos se consideran las siguientes fases:

- 1- Generación
- 2- Almacenamiento
- 3- Recolección
- 4- Transporte
- 5- Tratamiento
- 6- Disposición final.



### **2.5.1 Generación**

Es la fase inicial del proceso, la cual se debe a los hábitos de consumo del ser humano; es aquí donde diversos materiales son identificados como inservibles o sin ningún valor adicional y depositados en contenedores para la disposición final.

En nuestro país debido a la alta densidad poblacional y modernización industrial, ha provocado una generación exagerada de basura que se ha transformado en un problema de difícil solución para los organismos ambientalistas.

Es por ello que resulta de gran importancia crear conciencia de reciclaje en la población, estrategias y políticas que reduzcan la cantidad de artículos desechables.

### **2.5.2 Almacenamiento**

Se refiere a la colocación de los desechos sólidos en lugares ubicados estratégicamente de manera tal que no genere molestias de olores, salubridad y ambientales hasta que sean entregados al servicio de recolección.

### **2.5.3 Recolección.**

Es la acción de retirar los desechos generados diariamente, con la frecuencia que establece la municipalidad ya sea, casa por casa, en los contenedores ubicados en lugares públicos o en los basureros colocados en áreas de esparcimiento o en las empresas.

Esta fase resulta en cierta manera compleja debido a factores influyentes tales como: contacto directo con la ciudadanía, cantidades de basura, frecuencia y horario de recolección, diseño de rutas, tipo de servicio.

Las ciudades del interior de país en su mayoría carecen de planificación para la recolección, se define mas bien por distribución de trabajo y la ruta se deja a criterio del conductor.

La frecuencia de recolección en las zonas que atiende la municipalidad en el área urbana tiende a realizarse dos días por semana o una sola vez a la semana.

#### **2.5.4 Transporte.**

Es el acarreo de los desechos recolectados ya sea en un camión de descarga rápida, vehículo de cama, una carreta, o bien cualquier método que utilice el recolector, para transportar los desechos Hacia el sitio donde se depositan permanentemente, siendo este normalmente un botadero a cielo abierto, en una quebrada o un sitio de disposición final de carácter municipal.

En general los tipos de camiones mas utilizados son los camiones de volteo, de caja fija en donde la baranda alcanza de 1.5 a 1.8 m, a excepción del AMSS y las ciudades principales que se utiliza camión compactador. El sistema de carga es bolsa por bolsa por el personal auxiliar del camión y en algunos casos la basura se transporta a granel y en camiones abiertos, dicho procedimiento empeora tal situación pues hay derrames por donde circula el vehículo y al momento de la disposición final en donde se tiene que utilizar palas, llevándose de 20 a 30 minutos la actividad de descarga.

#### **2.5.5 Tratamiento.**

Es el proceso que consiste en la reducción de los volúmenes y peso de los desechos que han de disponerse, o bien para disminuir la peligrosidad de algunos, entre los tratamientos podemos mencionar el compostaje, el reciclaje, la incineración.

Para el tratamiento de los desechos sólidos se deberá escoger el método que más se adapte a las condiciones ambientales y económicas de la municipalidad.

### **2.5.6 Disposición final**

Consiste en la disposición de los desechos sólidos en lugares idóneos para que reciban un tratamiento adecuado. La única técnica conocida de disposición final y que resulta ambientalmente adecuada es el relleno sanitario.

## **2.6 METODOS DE TRATAMIENTO PARA LOS DESECHOS SÓLIDOS Y DISPOSICIÓN FINAL.**

Existen diversas formas de tratamiento de la basura dentro de las alternativas más importantes se puede visualizar tres que son:

- 1- Incineración
- 2- Relleno sanitario
- 3- fosas composteras

### **2.6.1 Incineración.**

Es un proceso muy común en las ciudades de gran desarrollo, ya se practica a través de hornos de incineración a temperaturas muy altas a fin de lograr una total combustión de la basura, el calor producido por la combustión se utiliza en calderas de vapor para la generación de energía.

Los componentes son: El diseño y construcción de la planta incineradora, retiro de los subproductos de combustión; disposición final de las cenizas tóxicas de la incineración. Para este proceso es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

- Un área cerca de la ciudad para el aprovechamiento de la energía
- Mano de obra calificada permanente
- Mano de obra no calificada no permanente
- Combustible para la incineración de la basura

### **2.6.2 Relleno sanitario**

El relleno sanitario es un método que básicamente consiste en enterrar la basura para que naturalmente se descomponga y se reintegre al suelo. Una vez que los desechos son compactados se produce una reacción de fermentación que genera altas temperaturas y elimina naturalmente larvas y bacterias peligrosas.

Este sistema consiste en depositar la basura en cápsulas o celdas, en dichas celdas se promueve la descomposición de la materia orgánica produciendo gas metano ( $\text{NH}_4$ ) y bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el resto de los componentes inorgánicos peligrosos son aislados del medio que los rodea, para que no contaminen el ambiente y mantos de agua subterránea que a través de pozos proveen de agua a los habitantes.

Entre los recursos que utiliza esta alternativa se tienen:

- Mano de obra calificada continua
- Retroexcavadora
- Tractor de banda
- Celdas de polietileno

### **2.6.3 Fosas composteras.**

El sistema de fosas composteras consiste en combinar o mezclar los distintos materiales biodegradables y ponerlos en condiciones apropiadas para una descomposición rápida, este sistema consiste en la construcción de una fosa, bajo el nivel del suelo, dicha fosa se construye en un lugar seco, cercano al lugar de acopio para un mejor funcionamiento.

Los procesos que involucra dicho sistema son:

- Recolección de la basura
- Clasificación

- Mano de obra calificada
- Mano de obra no calificada
- Camión recolector
- Insumos
- Galera
- Terreno semiplano

## **VENTAJAS DE ESTE SISTEMA**

- Es sostenible y auto sostenible
- Disminuye la contaminación del medio ambiente
- Mejora la calidad y el nivel de vida de las personas
- Contribuye al mejoramiento de la salud humana
- Es un generador de empleo
- Mejora las condiciones del paisaje.

## **2.7 TRATAMIENTO POR MEDIO DEL COMPOSTAJE**

### **2.7.1 Producción de abonos orgánicos a través de la descomposición de materia orgánica.**

Los métodos técnicos utilizados para la elaboración de compost bajo esta categoría, están clasificados en función del tipo de descomposición de la materia orgánica que realizan y se dividen fundamentalmente en descomposición aeróbica o anaeróbica.

- **Aeróbicos.**

Son aquellos sistemas en los cuales el proceso de descomposición es realizado mediante aireaciones periódicas, que aceleran el trabajo de bacterias y microorganismos aeróbicos que descomponen la materia orgánica por oxidación.

Los residuos generados en la descomposición aeróbica de materia orgánica son Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), agua, y grandes cantidades de biomasa.

- **Anaeróbicos.**

Se diferencia de los métodos aeróbicos debido a que el proceso de descomposición se lo realiza totalmente cubierto y no utiliza ningún proceso de oxigenación puesto que utilizan el trabajo de microorganismos anaeróbicos que descomponen la materia orgánica por reducción.

Los residuos producidos por la descomposición anaeróbica son Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), una pequeña cantidad de biomasa y un volumen considerable de gas metano (CH<sub>4</sub>).

Cada uno de estos métodos tienen sus propias metodologías particulares y varias posibilidades de realización que no se detallarán en este trabajo.

## **2.7.2 Metodos De Tratamiento Por Medio De Compostaje.**

Existen varias técnicas para fabricar abonos o compuestos, depende de la calidad y cantidad de las materias disponibles, de las circunstancias y del ambiente de cada localidad. Estas técnicas han ido mejorando durante muchos años con base a las practicas tradicionales y la experiencia.

A Continuación se presentan algunos métodos de fabricación de compost

- 1- Compost en fosas
- 2- Compost rectangular
- 3- Compostaje en casa
- 4- Compostaje en cajones
- 5- Compostaje centralizados
- 6- Compostaje con gusanos

### **2.7.2.1 Compost en fosas.**

Los subproductos animales, las deyecciones animales, los residuos de cosechas, las hiervas acuáticas son los que más se emplean para hacer compost,

colocándolos en capas alternas en fases circulares o rectangulares, situados en las esquinas del compost. La fosa se llena capa por capa, cada una de 15 cm de espesor, la capa superior se hace de lodo y una columna de agua de 3 a 4 cm de profundidad se mantiene en la superficie para crear condiciones anaeróbicas, la que contribuye a lo mas mínimo la perdida de nitrógeno.

El contenido de las fosas se voltea tres veces, la primera un mes después de llenado, añadiéndole fertilizantes químicos o no ( cuando se le agrega fertilizante aumenta el contenido nutricional. Y a continuación se asigna agua para crear una humedad optima. El segundo volteo se hace al mes y el tercero, 2 semanas mas tarde. El abono estará listo de aplicarlo en tres meses.

### **2.7.2.2 Compost rectangular**

El tamaño de las pilas para compost no establece reglas fijas pero generalmente se usan las siguientes medidas: Ancho 1.5 mt, Largo 8 mt, altura 1.5-1.75 mt.

Se coloca en el suelo una capa de material verde cubriendo la superficie que va a destinar a la pila. Luego otra de estiércol (5 cm), utilizando deyecciones de ganado porcino, vacuno, aves; seguidamente se le agrega 2 cm de cal agrícola o ceniza de madera, después agrega una capa de tierra de 2 cm preferiblemente tierra blanca.

Luego se procede a repetir el proceso de capas hasta la altura de 1.75 m. A medida que se va formando la pila se va agregando agua pero no en exceso.

### **2.7.2.3 Compostaje en casa**

Consiste en la construcción de pilas que se utilizaran para el deposito y reducción de los desechos orgánicos provenientes del hogar. Se intercalaran capas de restos de comida con restos de jardín, hasta obtener una altura máxima

de 1.5 mt y un ancho de 1 mt. Estas dimensiones se recomiendan para facilitar el proceso de volteo de la pila.

A estas pilas se les coloca una capa de hojas, gramas o recortes de jardín, luego la capa de basura de comida ( no se debe incluir las carnes, lácteos, aceites o grasas ya que pueden atraer plagas o roedores). También se recomienda terminar la pila con una capa de rastrojo o recortes de jardín con el fin de mantener humedad dentro de estas y para evitar proliferación de insectos, el zacate seco puede ser una buena alternativa, es necesario efectuar los volteos al menos dos veces por semana para garantizar la aireación y se harán los riegos necesarios para mantener la humedad adecuada.

No se debe apisonar las capas a medida que se van agregando, porque la pila debe quedar liviana y suelta, para que el aire pueda penetrar hasta el centro de la misma. Caminar por la pila después de completar una capa de 23 cm, pero teniendo cuidado de hacerlo con moderación.

Si el tiempo es húmedo, no se necesita agregar agua a la pila, pero es esencial hacerlo en periodo seco. Se obtendrán buenos resultados cubriendo la parte superior y los costados de la pila con una capa de paja de unos 15 cm de espesor, para evitar que se reseque cuando hace calor y tiempo seco. Además contribuye a que el agua agregada llegue a la pila con mas uniformidad.

Una vez terminada la pila se deben hacer tres o cuatro agujeros a distancias regulares en la parte superior, para que el aire pueda penetrar a todas partes. Hay que tener 15 cm de diámetro y llegar hasta el fondo de la pila, conservando su equidistancia de los costados. En los agujeros se puede colocar varas de bambú con agujeros, que lleguen hasta el fondo.

Tres semanas después de formadas las pilas, se dan vuelta de modo que lo que esta afuera, pase al interior. Así cada partícula de materia tiene oportunidad de sufrir la acción del calor, la fermentación y la descomposición que desarrollan bacterias, sobre todo en el centro de la pila; cinco semanas después se da vuelta nuevamente; cuatro semanas as tarde o sea exactamente a tres



meses de construida, la pila esta lista. Se tendrá cuidado de instalarla en lugares sombreados.

#### 2.7.2.4 Compostaje en cajones

Los materiales orgánicos, tarde a temprano se compostan, la acción del ser humano es para optimizar dicho proceso, muchos cajones se han diseñado para controlar la aireación y temperatura.

Los cajones no son innecesarios para el compostaje pero sirven para hacer la pila más manejable y controlada, pueden hacerse de tela de gallinero, madera, ladrillos y barriles con chimenea para el aire( Ver figura 2.1) .

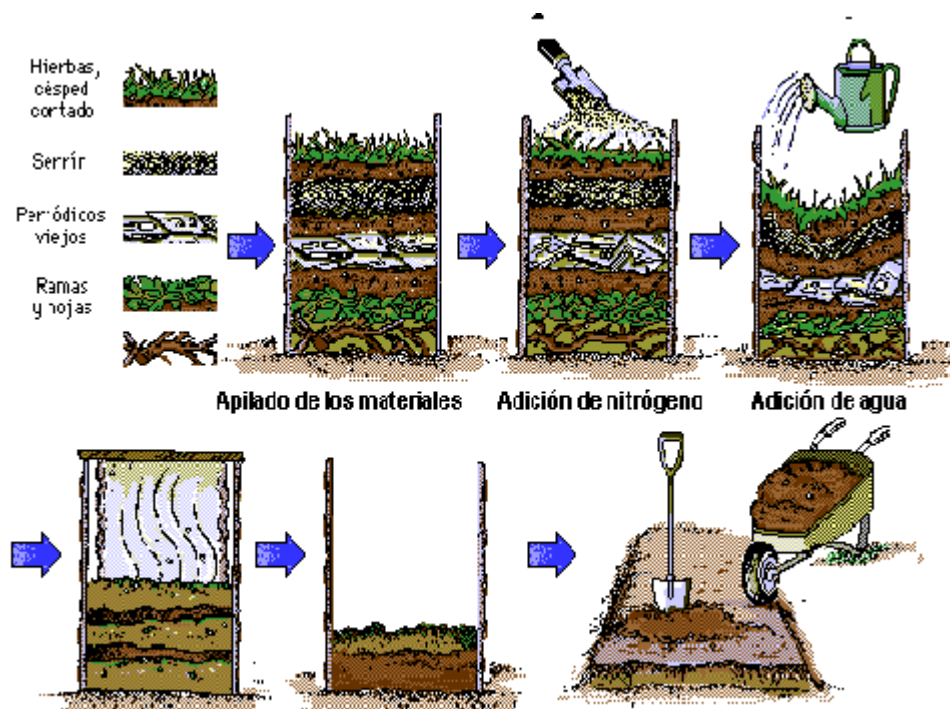


Fig. 2.1 Compostaje en Cajones

#### 2.7.2.5 Compostaje centralizado

Composta grandes cantidades de desechos por ejemplo: de una comunidad, un barrio e incluso una ciudad, los metodos son los siguientes:

- Pila estática: una gran pila de material orgánico.
- Filas: el compostaje se hace en largas filas las cuales deben ser aireadas dándole vueltas.
- Contenedores centralizados: son grandes máquinas donde se controlan temperatura y oxígeno para procesar grandes cantidades de material orgánicos.

#### **2.7.2.6 Compostaje con gusanos**

El uso de gusanos para el compostaje requiere menos esfuerzo que el compostaje donde solo se utilizan bacterias, este método consiste en permitir el nacimiento de gusanos los más recomendados son los gusanos rojos conocidos como gusanos de tierra, los gusanos compostadores se alimentan de desechos de cocina, ellos no compostan desechos de jardín ya que el amoníaco y nitrato formado por estos desechos es tóxico y el calor los mataría entre los desechos de cocina están: las frutas, cáscaras de huevos, pan, desechos de café etc.

Entre los que no son aceptables están los desechos de mascota, carne, huesos, productos lácteos y alimentos grasosos.

#### **2.7.3 Actividades operativas de producción de compost.**

Aunque el principio básico de elaboración del compost es el mismo, operativamente el tipo de materiales utilizados así como la tecnología, cambian de acuerdo a las condiciones sociales, económicas y ambientales del proceso de compostaje.

Los métodos de compostaje aeróbico y anaeróbico pueden realizarse bajo sistemas operativos diferentes y es por ello que la siguiente categorización del método está basada en el "sistema" empleado para la elaboración del compost, así tenemos:

- **Sistemas de compostaje artesanal**

Son aquellos proyectos en los cuales la elaboración del proceso no cuenta con ninguna tecnología, herramienta mecánica o eléctrica en ninguno de las actividades del compostaje y la capacidad de producción generalmente es a baja o mediana escala.

- **Sistemas de compostaje semi industrial**

Son aquellos en los cuales el sistema de descomposición cuenta con algunos equipos mecánicos o eléctricos para una o varias actividades del proceso.

- **Sistemas de compostaje industrial**

Son aquellos procesos para la elaboración de compost completamente mecanizados en los cuales la tecnología cuenta un papel muy importante para la realización del proceso.



Fig. 2.2 sistema de compostaje industrial

## **2.8 FACTORES DE CONTROL TÉCNICO EN EL COMPOSTAJE**

### **2.8.1 Selección y ubicación del terreno.**

La ubicación adecuada de un proyecto de compostaje es importante para la óptima ejecución de las operaciones de recolección, transporte y tratamiento de los desechos orgánicos.

Existen varios criterios de ubicación que deben tomarse en cuenta para un proyecto de compostaje. Así tenemos:

- Distancia del proyecto a la fuente de recuperación de materia orgánica.- La distancia del terreno donde se ubicará el compostaje no debe ser muy lejana al sitio de origen de la materia orgánica con el objetivo de reducir los costos del transporte.
- Acceso a una carretera o camino fácilmente accesible.- Una carretera que brinde buen acceso al proyecto, determinan las condiciones del sistema de recuperación de los materiales pues cuando el terreno donde va a realizarse el compostaje no es lo suficientemente accesible, existen problemas en el transporte de la materia orgánica hacia el proyecto.
- Terreno sin riesgos de inundación.- Los terrenos que presentan riesgos de inundación no permiten llevar a cabo el proceso de descomposición puesto que el material compostable puede ser dispersado o destruido por el agua o aumentar sus niveles de humedad requeridos.
- Acceso a fuentes fijas de agua.- Técnicamente el compostaje debe asegurar una humedad adecuada por lo cual la cercanía a fuentes fijas de agua es muy importante para la descomposición de materiales.

- Tamaño y capacidad del terreno.- El terreno debe ser lo suficientemente amplio para la recepción de una cantidad dada de materia orgánica y el tratamiento de la misma. Los terrenos demasiado pequeños causan problemas en el manejo mismo de los desechos.
- Condiciones climáticas favorables.- Los terrenos para el compostaje de preferencia no deben ser demasiado secos, excesivamente húmedos o con una actividad eólica muy fuerte. La ubicación de proyectos de compostaje en áreas con éstas características requieren de la implementación de una mejor infraestructura para contrarrestar los efectos del clima sobre el proceso
- Debe ser ubicado lejos de zonas con alta densidad poblacional o zonas exclusivamente residenciales.- Cuando los terrenos se hallan ubicados dentro o cerca de este tipo de zonas, causan malestares a las poblaciones aledañas más aún cuando no existe un control total sobre los desechos que son depositados allí.

### **2.8.2 Recuperación de la materia orgánica.-**

Se entiende como recuperación la obtención de materia orgánica para el proceso de compostaje. La materia orgánica puede ser obtenida de:

Fuentes generales.- Como los desechos producidos en toda una ciudad o un pueblo, un barrio.

Fuentes específicas.- Rica en desechos sólidos como un mercado municipal, un camal, una agro-industria o varias granjas agrícolas.

Para un proyecto de compostaje, la recuperación óptima se realizaría con una separación de materia orgánica e inorgánica en la fuente de producción de desechos, ya sea de un general o de una determinada, puesto que la separación

de los materiales en el terreno donde se realiza el compostaje, requiere de mayor control, tiempo y mano de obra.

La actividad de recuperación de materia orgánica para el compostaje es una labor que puede ser asumida por la municipalidad, de esta manera los costos de la actividad son absorbidos dentro del sistema de recolección ya establecido; sin embargo en algunas ocasiones el proyecto puede tener la capacidad económica y técnica de realizarlo.

### **2.8.3 Factores de control técnico en el compostaje**

De acuerdo con una investigación reciente realizada para el análisis del compostaje en algunas ciudades africanas el proceso mismo de compostaje debe ser adecuadamente controlado dentro del proceso sobre todos aquellos factores que inciden directamente en la calidad del producto final. De esta manera se menciona el control sobre los siguientes factores:

#### **Materiales utilizados**

Técnicamente se requiere de un control minucioso de los desechos orgánicos que van a ser utilizados. Los desechos orgánicos en general pueden clasificarse en:

- Desechos orgánicos rápidamente putrescibles.- Como desechos orgánicos frescos provenientes de alimentos, hierbas, cáscaras de frutas, etc.
- Desechos orgánicos lentamente putrescibles.- Como hojas de ramas y árboles, paja, aserrín, etc.
- Desechos orgánicos difícilmente putrescibles.- Como piezas de madera, ropas elaboradas con fibras naturales, cuero, cuernos, huesos, etc.
- Desechos orgánicos peligrosos.- Básicamente desechos provenientes de hospitales

- Los desechos orgánicos utilizados en proyectos de compostaje, deben tener ciertas características específicas para garantizar la obtención de un buen compost:
- Los desechos deben ser rápidamente putrescibles. Si pertenecen a la categoría de los lenta o difícilmente putrescibles deben ser triturados antes del proceso de compostación.
- No deben contener desechos peligrosos provenientes de industrias (con excepción de las alimenticias) o centros hospitalarios.

#### **2.8.4 Factores Climáticos**

Los factores climáticos como la temperatura, el viento y la lluvia son factores de control en el proceso de compostaje pues tienen una alta influencia en la rapidez de la descomposición. El proceso de compostaje es más rápido en lugares húmedos y calientes.

El compostaje debe ser protegido de los rayos del sol, pues generalmente éstos reducen la actividad microbiana del proceso, esto quiere decir que matan los microorganismos que convierten las sustancias orgánicas en minerales.

El exceso de lluvia por su parte provoca un exceso de humedad disminuyendo la rapidez de la descomposición.

El control técnico de los factores climáticos mejora las condiciones de elaboración del compost y mejora su calidad.

#### **2.8.5 El proceso de descomposición**

El proceso físico, químico y microbiológico del compostaje consta de 6 fases bien diferenciadas sobre las cuales debe existir un control minucioso para determinar correctamente el control de la estructura físico - química del compost.

- **Fase latente.**

Durante la fase inicial latente, que empieza después de la muerte de los organismos que habitan en la materia orgánica a ser compostada, La fase latente es principalmente influenciada por la naturaleza de la materia orgánica y por las condiciones climáticas.

En los climas tropicales dura entre 1 y 4 días, mientras que en los climas fríos dura más días. Por razones prácticas, los documentos fijan el inicio de esta fase en el momento de la colecta de los desechos sólidos.

Sin embargo, es posible que los desechos hayan sido almacenados durante algunos días o semanas antes de su recolección y que la descomposición haya comenzado, lo que haría difícil el control del proceso de compostaje.

- **Fase de calentamiento.**

En esta fase los microorganismos se multiplican rápidamente e invaden la materia orgánica absorbiéndola desde la parte más fácilmente asimilable como por ejemplo azúcar, almidones, proteínas y ácidos orgánicos, para luego terminar con lo demás. El consumo de Oxígeno y la producción de Oxido de carbono por metabolismo microbiano es muy elevado durante esta fase. La actividad metabólica máxima y los métodos exotérmicos realizados en el lapso de algunos días, provocan un aumento rápido de la temperatura al interior de la masa en descomposición.

- **Fase de la temperatura máxima.**

Las temperaturas de sustrato se elevan a más de 60 grados centígrados. Estos niveles de temperatura tienen un efecto selectivo importante en favor de los microorganismos termo filios, los cuales impiden el crecimiento de un gran número de otros microorganismos y reducen el número de patógenos y parásitos.



Existen pocos microorganismos termo filios que sobreviven a una actividad metabólica sobre los 70 grados centígrados. Cuando los sustratos fácilmente asimilados han sido metabolizados, la tasa de actividad microbiana disminuye y la temperatura comienza a bajar.

- **Fase de enfriamiento.**

Durante esta fase, la temperatura baja a condiciones mesófilas (sobre los 55 grados) y otros grupos de microbios, los mesófilos retoman su importante actividad metabólica.

- **Fase de maduración.**

Al final del proceso a un estado avanzado de maduración y estabilización, la tasa de actividad de hongos, actinomiceto es más elevada mientras que la actividad bacteriana comienza a disminuir.

Algunas especies de microorganismos meso filios y termo filios descomponen de manera activa importantes polímeros, tales como celulosa y lignina.

- **Fase de estabilización:**

La descomposición de la celulosa es prácticamente intensiva durante esta fase final (hongos). La degradación de la lignina está reservada a un grupo limitado de microbios como hongos superiores (basidiomicetos).

Durante esta última fase la temperatura baja y corresponde a la temperatura ambiental. Las fases finales del compostaje conducen a la actividad de los hongos, de actinomiceto y de un gran número de pequeños animales como cucarachas y pequeños insectos. Estas actividades son esenciales para la unificación de materias orgánicas.

Todas las materias descritas anteriormente terminan por degradarse con el tiempo y a menudo más allá de las fases habituales del proceso biológico del compostaje. La lignina se descompone solo de una manera lenta y los materiales queratinosos (carne, cuero, etc) pueden ser recalcinados.

La celulosa es relativamente resistente a la biodegradación si ésta es asociada a la lignina como ligno celulosa, tal como se la encuentra por ejemplo en el aserrín o paja.

La unión de agentes de conservación y de aditivos, por ejemplo aquellos utilizados para la elaboración de papel bond o parafino, puede convertir a estos materiales aún más resistentes a la biodegradación.

#### **2.8.6 Composición físico - química del producto**

La estructura físico química de los materiales utilizados en la elaboración del compost, incide directamente en la asimilación microbiana de los minerales en el proceso. Los factores físico químico que cuentan en este aspecto son:

- **Temperatura.-**

De acuerdo a las fases por las que atraviesa la descomposición de materia orgánica, la temperatura va cambiando gradualmente hasta alcanzar un máximo de 70 grados centígrados para luego descender y estabilizarse. La temperatura al momento de la cosecha debe ser estable y debe alcanzar el grado de la temperatura ambiental o máximo 25 grados centígrados.

- **Humedad.**

Un buen compost no debe estar demasiado seco ni demasiado húmedo. Durante el proceso este factor debe ser controlado. El término medio de la humedad es de un máximo de 45 % durante el proceso.

- **Ventilación.**

Este factor es importante únicamente en el caso de que el método de compostación sea aeróbico y por tanto debe ser controlado según el tipo de método empleado.

- **Relación carbono - nitrógeno.**

La relación carbono - nitrógeno se controla en un inicio por la utilización de materiales ricos en estas sustancias y utilizados para el compostaje. Entre las fuentes de materia carbonada tenemos: ceniza, restos de cosechas, hierba seca, malezas, etc. Entre las fuentes de materia nitrogenada tenemos: desechos animales (estiércol - urea), desperdicios de cocina, hierba tierna, materia orgánica verde fresca, harina de pescado etc. La relación carbono nitrógeno óptima para el compost es 25 / 1.

- **pH.**

La alcalinidad o acidez del compost debe ser controlada durante el proceso. El grado óptimo es un pH neutro.

- **Tiempo de compostación.**

El tiempo de compostación varía según la metodología utilizada en el proceso y el control que se tenga durante el mismo. El tiempo promedio que el compostaje utiliza en atravesar las fases anteriormente mencionadas es de aproximadamente 3 meses, pudiendo variar en función de las condiciones climáticas, la metodología utilizada y el control que tenga sobre el proceso.

Generalmente el compost puede utilizarse cuando el material presenta color oscuro; en este momento ya no se distinguen los materiales inicialmente

utilizados. El compost tiene un olor agradable, suave textura, una humedad aproximada al 40 % y 25 grados Centígrados de temperatura.

### **2.8.7 Aspectos higiénicos del compostaje.**

Por el tipo de proceso que representa el tratamiento de los los desechos orgánicos, es necesario tener un control completo de las condiciones higiénicas dentro de 3 niveles:

- **Los trabajadores del proyecto:**

Los mismos deben contar con un equipo adecuado para la manipulación de los desechos y evitar accidentes como cortaduras y lastimados. Es necesario controlar periódicamente la salud de los trabajadores puesto que existe un riesgo constante de contracción de enfermedades e infecciones virales o bacterianas.

- **El entorno:**

Es importante controlar la higiene y limpieza del entorno en el que se encuentra ubicado el proyecto. La acumulación de desechos orgánicos puede causar problemas de tipo sanitario en el suelo, aire, agua o paisaje del sitio utilizado, afectando a las poblaciones que se pueden encontrar alrededor del proyecto.

El proceso de descomposición genera residuos líquidos o gaseosos que también necesitan ser controlados para no causar estragos ambientales.

- **Los consumidores del producto final:**

Una adecuada elaboración del compost, asegura que los consumidores de éste no tengan problemas de ningún tipo a nivel sanitario, al mismo tiempo que obtengan un buen rendimiento en los usos que se le dé a éste.

## 2.9 PRODUCTO FINAL:

Es un abono orgánico "resultante de la descomposición de desechos orgánicos vegetales y animales, transformados por la micro-fauna y la micro flora del suelo en una sustancia que mejora la estructura y la estabilidad de la tierra".

Figura 2.1 Compost terminado.



El compost no puede ser catalogado como un "fertilizante" puesto que éste se conceptualiza como cualquier sustancia orgánica o inorgánica con que se abona la tierra de cultivo con el objetivo de hacerla más fecunda para obtener una producción agrícola abundante y copiosa a corto plazo.

A diferencia de los fertilizantes, el compost sólo puede ser obtenido de una manera natural y sus efectos sobre una mayor productividad son a largo plazo, aunque ambientalmente más seguros pues no causan los estragos que producen los primeros.

Aunque todas las experiencias obtenidas en la elaboración de compost a nivel agrícola coinciden en que el compost no es un fertilizante, esto no disminuye su importancia, puesto que permite la fijación, incorporación y mantenimiento de los minerales y materias orgánicas necesarias para un adecuado crecimiento de

los vegetales, contribuyendo con el aumento de las cantidades de Carbono y Nitrógeno en el suelo, mejorando su capacidad productiva.

El "compostaje" o proceso de elaboración de compost es definido como el proceso técnico utilizado para la obtención de compost, en el cual existe un control permanente de la descomposición de los residuos.

Hace pocos años el compostaje y la utilización final del compost, eran técnicas relacionadas únicamente con la agricultura orgánica; su uso tenía como objetivos el mejoramiento de los suelos, de la producción y de la calidad de los productos agrícolas.

### **2.9.1 Importancia de la elaboración y utilización del compost**

La importancia de la elaboración del compost radica en que éste se ha convertido en un nexo entre los sistemas espaciales urbanos y rurales, pues el compostaje es una alternativa de tratamiento de desechos orgánicos y al mismo tiempo al mejoramiento de la calidad de los suelos. Dentro de la problemática del manejo de los desechos sólidos la importancia se encuentra en que el compostaje permite:

- Disminuir los niveles de contaminación que producen los residuos orgánicos por el proceso natural de descomposición, el mismo que genera gas metano, proliferación de vectores transmisores de enfermedades y roedores.
- Utilizar de una manera ambientalmente segura los residuos orgánicos.
- Aumentar las posibilidades de producción de viveros y jardines en zonas urbanas o poblaciones en proceso de crecimiento que no cuentan con terrenos fértiles para ello.
- Aumentar el nivel de la oferta de abonos orgánicos existentes para poblaciones rurales.

- Crear una conciencia ambiental en la población en cuanto a los hábitos de separación de desechos en origen y la utilización que éstos pueden tener. La utilización del compost a nivel agrícola, permite en el suelo: aumentar la disponibilidad favorable de nitrógeno para las plantas (pues la materia tiene una mayor relación C/N).
- Disminuir la rapidez del flujo suplementario de sustancias nutritivas del suelo y por lo tanto mejorar la capacidad de crecimiento de las plantas. Contribuir mediante la utilización de abono orgánico, a la formación de humus permanente.
- Aumentar la desintegración de sustancias difícilmente solubles
- Reducir los niveles de utilización de fertilizantes químicos nocivos

Como consecuencia de esta acción directa, el compost puede tener varios usos, por ejemplo:

- El mejoramiento de suelos agrícolas o erosionados
- La implementación de huertos familiares, escolares o comunitarios
- Reforestación
- Viveros y jardines ornamentales para asentamientos poblacionales urbanos, semi urbanos o rurales
- Semilleros
- Afirmación de taludes

### **Líquidos lixiviados**

Uno de los temas fundamentales en que se debe poner hincapié al momento de hablar de un relleno sanitario, es el de los líquidos percolados, los cuales se producen a partir de la descomposición o putrefacción natural de la

basura. Este proceso produce un líquido maloliente de color negro, conocido como lixiviado o percolado, muy parecido a las aguas residuales domésticas (aguas servidas), pero mucho más concentrado. Al respecto, es importante mencionar que las aguas de lluvias que atraviesan las capas de basura, aumentan su volumen en una proporción mucho mayor que la que produce la misma humedad de los desechos; de ahí la importancia de interceptar y desviar las aguas de escorrentía y pequeños hilos de agua antes del inicio de la operación, puesto que si el volumen de este líquido aumenta demasiado, puede causar no sólo problemas en la operación del relleno, sino también contaminar las corrientes de agua, nacimientos y pozos vecinos.

Cuando el área promedio a rellenar no es muy grande, el volumen de líquidos no es muy grande, por lo que se puede optar por su infiltración en el suelo dado que, con el paso del tiempo, la carga contaminante de los lixiviados disminuye una vez terminado el relleno; además, el suelo actúa como filtro natural. No obstante, para proteger las aguas superficiales y subterráneas, se deben tomar las siguientes medidas:

- Verificar que las aguas subterráneas y superficiales cercanas no estén siendo utilizadas para el consumo humano o animal.
- Establecer una altura mínima de 1.0 - 2.0 m (depende de las características del suelo) entre la parte inferior del relleno y el nivel de agua subterránea.
- Tratar de contar con un suelo arcilloso o en su defecto impermeabilizar la parte inferior mediante una capa de arcilla de 0.30 - 0.60 m
- Interceptar, canalizar y desviar el escurrimiento superficial y los pequeños hilos de agua, a fin de reducir el volumen del líquido percolado, y de mantener en buenas condiciones la operación del relleno.
- Construir un sistema de drenaje para posibilitar la recolección del líquido percolado y facilitar su posterior tratamiento en caso necesario.



## **Gases.**

Otro factor importante son los gases, debido a que la descomposición natural o putrefacción de los desechos sólidos, no sólo produce líquidos, sino también gases y otros compuestos. La descomposición natural o putrefacción de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes en el medio, ocurre en dos etapas: aerobia y anaerobia.

La aerobia es la etapa en la que el oxígeno está presente en el aire contenido en los intersticios de la masa de residuos enterrados, siendo rápidamente consumido.

La anaerobia, en cambio, es la que predomina en el relleno sanitario y produce cantidades apreciables de metano ( $\text{CH}_4$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), así como trazas de gases de olor repugnante como ácido sulfhídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), amoníaco ( $\text{NH}_3$ )

El gas metano reviste el mayor interés porque, a pesar de ser inodoro, es inflamable y explosivo si se concentra en el aire en una proporción de 5 a 15% en volumen; los gases tienden a acumularse en los espacios vacíos dentro del relleno; aprovechan cualquier fisura del terreno o permeabilidad de la cubierta para salir, pudiendo originar altas concentraciones de metano con el consiguiente peligro de explosión en las áreas vecinas.

Por lo tanto, es necesario llevar a cabo un adecuado control de la generación y escape de estos gases. Para controlar estos gases, se puede construir un sistema de drenaje vertical en piedra, colocado en diferentes puntos del relleno sanitario, para que éstos sean evacuados a la atmósfera. Como el gas metano es combustible, se puede quemar simplemente encendiendo fuego en la salida del drenaje, una vez concluido el relleno sanitario.

También se puede aprovechar este gas como energía en el empleo de una pequeña cocina para calentar alimentos o como lámpara para iluminar el terreno. Es de anotar que la recuperación y aprovechamiento del gas metano con

propósitos comerciales, sólo se recomienda para rellenos sanitarios que reciban más de 200 ton / día, y siempre que las condiciones locales así lo ameriten.

Una de las diferencias fundamentales entre un relleno sanitario y un Vertedero a cielo abierto es la utilización de material de cobertura para separar adecuadamente las basuras del ambiente exterior y confinarlas al final del día. Esto tiene las siguientes ventajas:

- Previene la presencia de insectos como, por ejemplo, moscas.
- Obstaculiza la entrada y proliferación de roedores.
- Se evitan incendios.
- Se minimizan los malos olores.
- Se disminuye la entrada del agua de lluvias a la basura
- Orienta los gases hacia las chimeneas para evacuarlos del relleno sanitario.
- Dar una apariencia estética aceptable al relleno sanitario.
- Permitir el crecimiento de vegetación

También se debe destacar el uso opcional de las llamadas estaciones de transferencia, las cuales son sitios intermedios donde llegan los residuos y reciben un tratamiento previo que consiste en compactarlos antes de enviarlos a su destino final, estas instalaciones contribuyen fuertemente al objetivo de los rellenos, pues permiten un aprovechamiento óptimo del espacio disponible.

## **CAPITULO III**

**“DIAGNOSTICO Y ANÁLISIS DE LA  
SITUACIÓN ACTUAL DE LOS  
DESECHOS SÓLIDOS EN EL  
MUNICIPIO DE CHAPELTIQUE”.**

### **3.1 GENERALIDADES**

El presente capítulo contiene un análisis de la situación actual del saneamiento Municipal en la zona urbana de Chapeltique, utilizando para ello herramientas tales como encuestas tomando una muestra representativa de la población y visitas de campo determinando así factores importantes como son: frecuencia de recolección, cantidad de la basura producida por el Municipio, disposición final y costos que estas etapas generan a la Municipalidad.

Asimismo se realizó la clasificación de los desechos generados por la población, dividiéndolos en los distintos materiales contenidos con la finalidad de determinar el porcentaje del componente orgánico e inorgánico, datos que serán de mucha importancia para la elaboración de los capítulos precedentes.

### **3.2 DATOS GENERALES**

#### **3.2.1 Historia del Municipio de Chapeltique.**

Chapeltique es pueblo potón o lenca; antes de 1770 obtuvo el título de villa siendo anexado a la parroquia de San Miguel. Guillermo Dawson afirma que el título de villa le fue concedido hasta 1786. El 12 de junio de 1824 pasó a formar parte del municipio y departamento de San Miguel; Por Decreto Legislativo del 14 de diciembre de 1972 obtuvo el título de ciudad.

#### **3.2.2 Posición geográfica**

La población de Chapeltique limita en sus alrededores al oriente con los municipios de Guatajiagua, San Miguel, al norte con Guatajiagua, Ciudad Barrios, al poniente con Sesori y al sur con Lolotique y Moncagua.

Tiene una altitud de 190.00 mts sobre el nivel del mar, está ubicado a una distancia de 138.00 Km de San Salvador y de la cabecera departamental de San Miguel a 24.00 Km. ( Ver Anexo 5).

### 3.2.3 Extensión territorial

El municipio de Chapeltique posee una extensión territorial de 103.55 Km<sup>2</sup> y una densidad poblacional de 97 habitantes por kilómetro cuadrado y está compuesta por 6 cantones y 26 caseríos.

### 3.2.4 Actividades Socioeconómicas

Las actividades socioeconómicas principales del municipio son la Agricultura y ganadería y en menor escala negocios diversos que se mencionan en cuadro 3.1<sup>4</sup>:

**CUADRO 3.1 RESUMEN DE ACTIVIDADES SOCIO ECONÓMICAS EN LA CIUDAD DE CHAPELTIQUE.**<sup>5</sup>

<b>Actividad Económica</b>	<b>Cantidad</b>
Ferretería	2
Farmacias	2
Agro servicios	3
Bazar y Zapatería	1
Expendio de Agua Ardiente	9
Foto estudio	2
Librería	1
Nevaría	1
Comedor	3
Panadería	5
Pupusería	2
Centro Naturista	2
Taller de Bicicleta	1
Sala de Belleza	2
Molinos	5
Clínica dental	1
Clínica Medicina General	2
Laboratorio Clínico	1
Oficina Jurídica	2
Oficina Contable	1
Oficina Mecanográfica	1
Maquinitas	2
Billar	2
Taller Mecánico	1
Ladrillera	1
Puestos de Mercado	20
<b>Total de Negocios</b>	<b>75</b>

<sup>4</sup> Fuente de información departamento de Catastro de la Alcaldía Municipal de Chapeltique.

<sup>5</sup> Departamento de Catastro de la Alcaldía Municipal de Chapeltique

En el cuadro 3.1 se pueden observar, los negocios que existen en la ciudad, lo que permite determinar que la mayoría de estos, exceptuando la Clínica médica, Clínica Dental y Laboratorio Clínico podrán depositar sus desechos en la planta de tratamiento de manejo y disposición final propuesta.

### **3.2.5 Desarrollo Urbano**

El desarrollo urbano en la ciudad de Chapeltique se acrecentó bruscamente debido al conflicto armado ocasionando la inmigración de las ciudades más cercanas hacia el municipio entre ellas: San Gerardo, Nuevo Edén de San Juan, Ciudad Barrios, Sessori, Lolotique, Guatajiagua lo que generó el crecimiento del radio urbano quedando la ciudad repartida de la siguiente manera: cinco barrios los cuales son Santa Ana, San Pedro, El Calvario, Santa Lucía y barrio el Centro; tres colonias las que se mencionan a continuación: La Paz, Guadalupe y La Presita y la Residencial Santa Lucía. Las edificaciones predominantes en la zona urbana han sido construidas con sistema mixto, Bahareque y Adobe, en cuanto a infraestructura vial cuenta con un 85.00 % de sus calles pavimentadas.

### **3.2.6 Servicios Municipales y Privados**

El municipio cuenta con los servicios públicos Básicos entre los que se mencionan: Policía Nacional Civil, Alcaldía Municipal, Juzgado de Paz, Correo, Telecom, Mercado (Proceso de Construcción), Unidad de Salud, Casa Comunal, Servicios de Aguas y Alcantarillado Sanitario, Centros de Escolares desde parvularia hasta Bachillerato, lugares de recreación como: parque municipal, Canchas de Fútbol, Básquetbol, Casas de la Cultura, etc. en cuanto a servicios privados se cuenta con negocios diversos (Ver Cuadro N° 3.1)

### **3.3 DIAGNOSTICO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO**

Para realizar el diagnóstico del sistema de saneamiento actual en el municipio, primeramente se elaboró un cuestionario (Anexo 1) para sondear factores importantes como son: Actividad de cada una de las familias, Enfermedades más comunes en el municipio, Cobertura del servicio de recolección, Tipos y cantidad de desechos generados por la población. Una vez obtenidos los datos que resultaron del procesamiento de la encuesta, se determinó que la zona es agrícola y que la producción de basura orgánica es alta, esto dio la pauta para realizar un estudio más profundo y confiable, por lo que realizamos la experimentación de campo, donde se obtuvieron datos más reales de factores importantes para este trabajo como son: Peso volumétrico de la basura, cantidad de desechos generados diariamente y por habitante, clasificación de la basura, etc.

#### **3.3.1 Formulación de la Encuesta**

Para realizar cualquier tipo de investigación es importante la recolección de información que reúna todos los elementos necesarios para el tema en estudio. Para nuestro caso, esta información será recabada primeramente de forma superficial para determinar aplicabilidad del proyecto y profundizar posteriormente en el análisis, con los respectivos trabajos de campo.

Para la formulación del “cuestionario entrevista” (Ver Anexo 1) se ha elaborado un formato generalizado para toda la población del municipio en estudio, el que se distribuirá en una muestra representativa de la zona urbana, y se subdivide en tres aspectos importantes los cuales son: producción agropecuaria, Salud, y manejo de desechos sólidos.

En el aspecto de la Producción agropecuaria, se pretende recavar información del nivel de producción agrícola y pecuaria de la zona; Además sondear el conocimiento que tienen los productores acerca del compost.

Para el aspecto salud, el objetivo primordial será conocer las diferentes enfermedades más frecuentes padecidas por los habitantes de la zona urbana del municipio.

Por último el aspecto de manejo de desechos sólidos, arrojará información referente a: disposición de la basura producida, clase de basura, cobertura del actual servicio de recolección, disponibilidad de la población para participar en un proyecto de manejo integral de desechos sólidos.

### 3.3.2 Tamaño de la Muestra<sup>1)</sup>

Para realizar este trabajo de investigación se ha considerado un universo de 669.00 casas distribuidas en los diferentes barrios y colonias legalmente registradas en la unidad de catastro de la Alcaldía Municipal de Chapeltique. Para determinar el tamaño de la muestra utilizaremos la fórmula siguiente:

$$n = \frac{Z^2 P \cdot Q \cdot N}{(N-1)E^2 + Z^2 P \cdot Q}$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra

Z: Nivel de confianza

N: Universo

P: probabilidad de éxito (de respuesta)

Q: Probabilidad de éxito fracaso (Q=1-p)

E: Error muestral máximo permitido en la investigación

Z: Valor crítico correspondiente a un determinado grado de confianza

para nuestro estudio necesitamos que el grado de confianza sea del 95%

y el valor de  $Z = \pm 1.96$ <sup>6</sup>

Valor de "N" es el número de casas en el área urbana

---

<sup>6</sup> Véase Gildaberto Bonilla. Métodos Prácticos de Inferencia Estadística. Pág.71



N= 669.00 Casas

P= 0.5

Q= 0.5

E= 10%

Los valores de P= 0.5, Q= 0.5 se asumen cuando se desconoce la proporción poblacional.

E= 10% El estudio será satisfactorio con un intervalo de confianza de 10%

Sustituyendo en la formula tenemos:

Z: 95% ± 1.96

N= 669.00 Casas

P= 0.5

Q=0.5

E= 10% = 0.1

$$n = \frac{Z^2 P \cdot Q \cdot N}{(N-1)E^2 + Z^2 P \cdot Q}$$

$$n = \frac{(1.96)^2 (0.5)(0.5)(669.00)}{(669.00-1)(0.1)^2 + (1.96)^2 (0.5)(0.5)}$$

$$n = \frac{642.51}{764.00}$$

n = 84.00 Casas

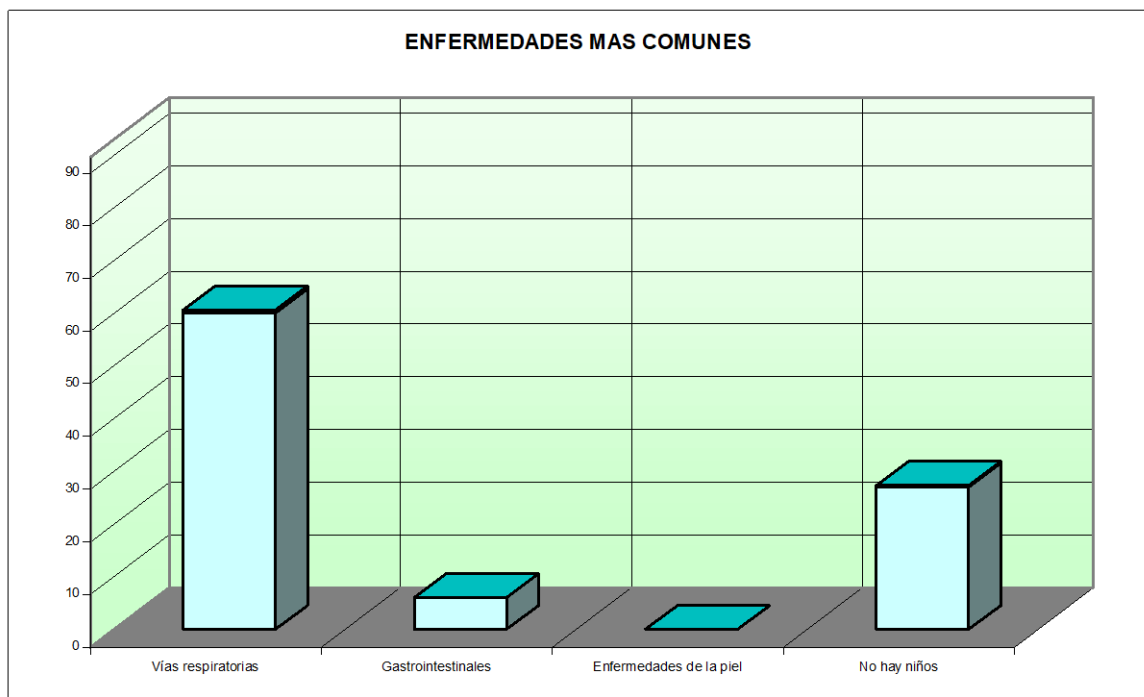
NOTA: El número de encuestas según los resultados obtenidos anteriormente es de n = 84.00; sin embargo para obtener una distribución equivalente por barrio fue necesario incrementar el n a 93.00 casas.

### 3.3.3 Análisis de Resultados

A continuación se presenta la interpretación de los datos obtenidos a través de la encuesta realizada a 93 personas del área urbana del Municipio.

## P1. ENFERMEDADES MAS COMUNES EN EL MUNICIPIO

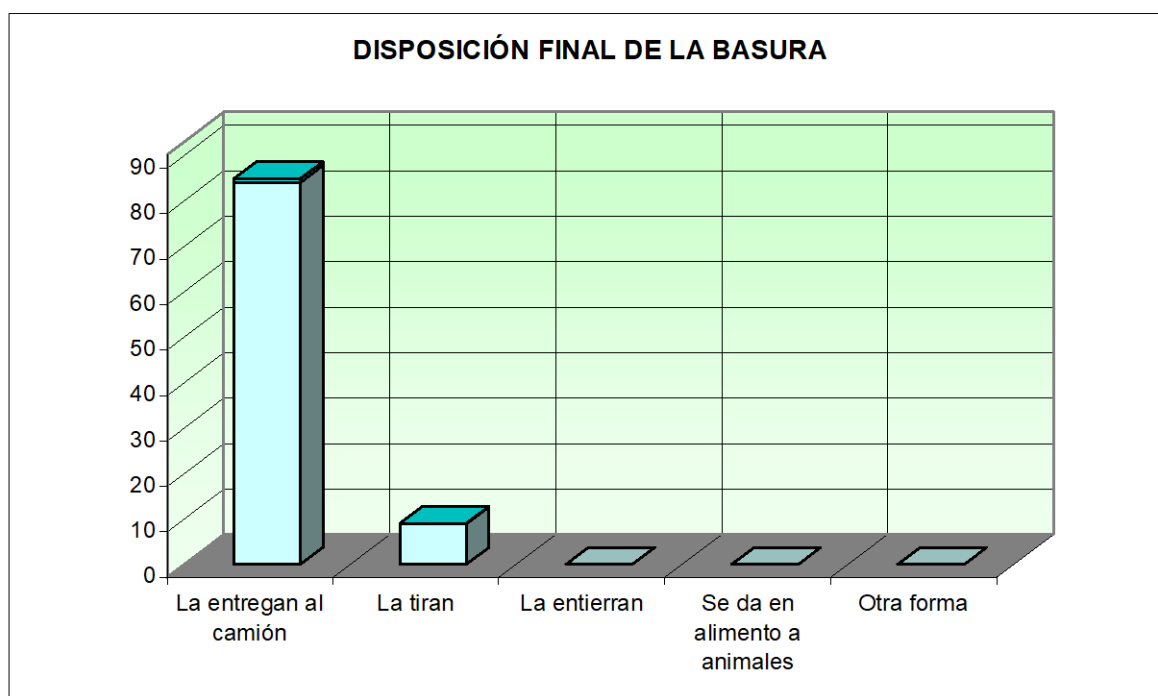
ENFERMEDADES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Vías respiratorias	60	64.52%
Gastrointestinales	6	6.45%
Enfermedades de la piel		0.00%
No hay niños	27	29.03%
Total	93	100.00%



En la Pregunta 1 se observa que las enfermedades más comunes son las respiratorias, siendo 64.62%. Esto podría en gran medida ser producto de las emanaciones de humo provenientes del botadero.

## P2. DISPOSICIÓN FINAL DE LA BASURA

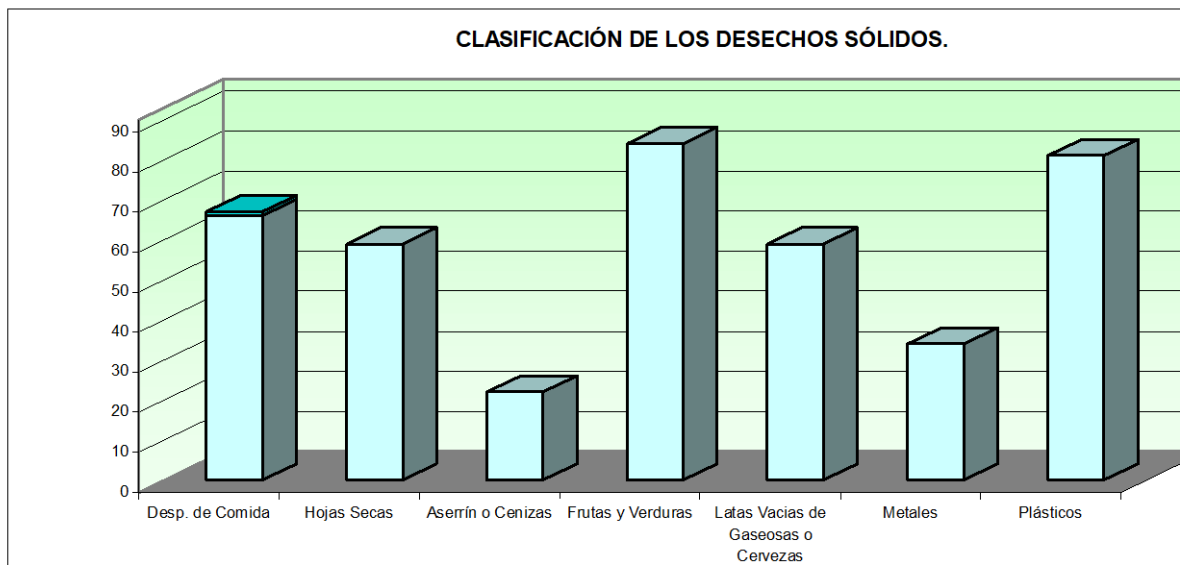
DISPOSICIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE
La entregan al camión	84	90.32%
La tiran	9	9.68%
La entierran	0	0.00%
Se da en alimento a animales	0	0.00%
Otra forma	0	
<b>Total</b>	<b>93</b>	<b>100.00%</b>



Según los datos arrojados por la encuesta se observa que el servicio de recolección de desechos sólidos es aceptable, ya que más del 90.00 % de la población cuenta con el servicio.

### P3. CLASIFICACIÓN DE LA BASURA

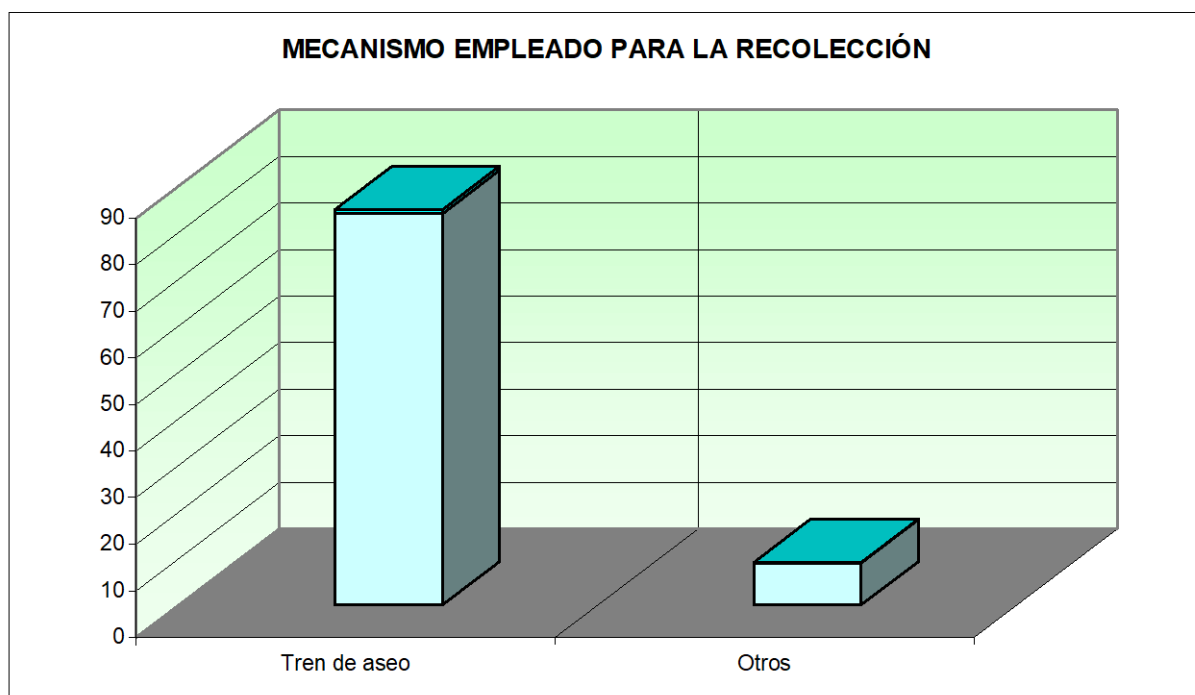
DISPOSICIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Desp. de Comida	66	70.97%
Hojas Secas	59	63.44%
Aserrín o Cenizas	22	23.66%
Frutas y Verduras	84	90.32%
Latas Vacías de Gaseosas o Cervezas	59	63.44%
Metales	34	36.56%
Plásticos	81	87.10%



En el gráfico se observa que los desechos sólidos generados en el municipio, son en su mayoría de naturaleza orgánica, lo que indica que existe factibilidad para implementar el método de manejo propuesto.

**P4. ¿MECANISMOS EMPLEADOS PARA LA RECOLECCIÓN DE BASURA EN SU BARRIO?**

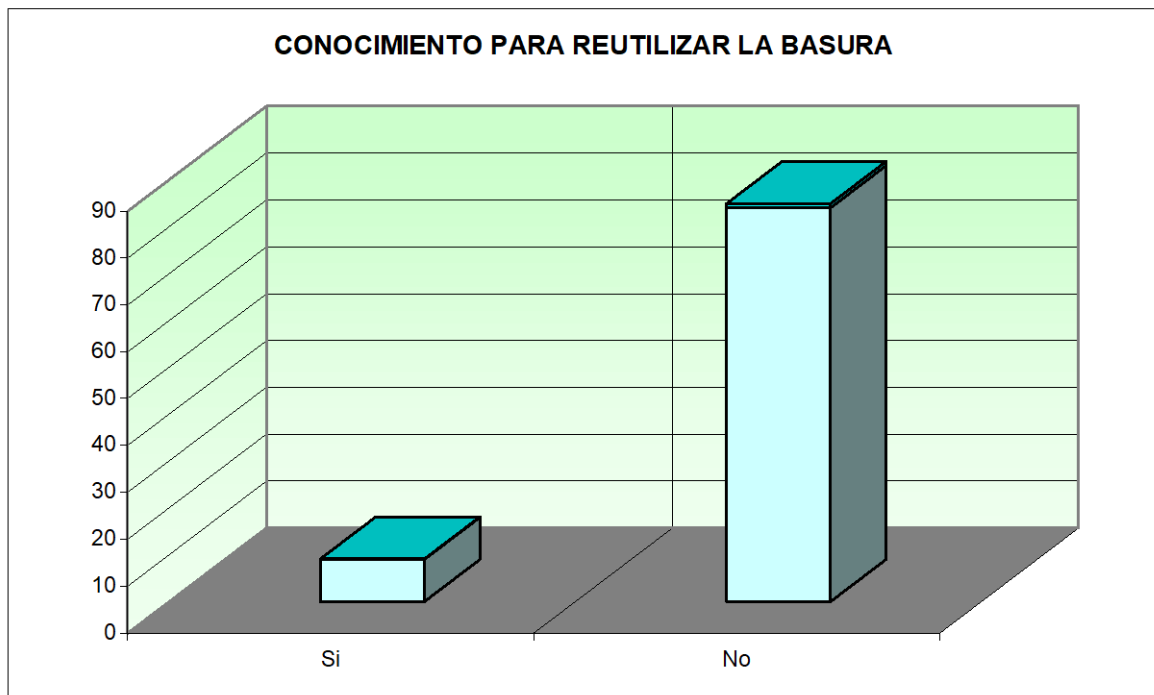
OPCIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Tren de aseo	84	90.32%
Otros	9	9.68%
<b>Total</b>	<b>93</b>	<b>100.00%</b>



Los mecanismos empleados para la recolección de los desechos en el municipio son en su mayoría el tradicional y una minoría los transporta de diferentes formas y los depositan en lugares no destinados para ello.

**P5. ¿CONOCE USTED ALGUNA FORMA PARA REUTILIZAR LOS DESPERDICIOS?**

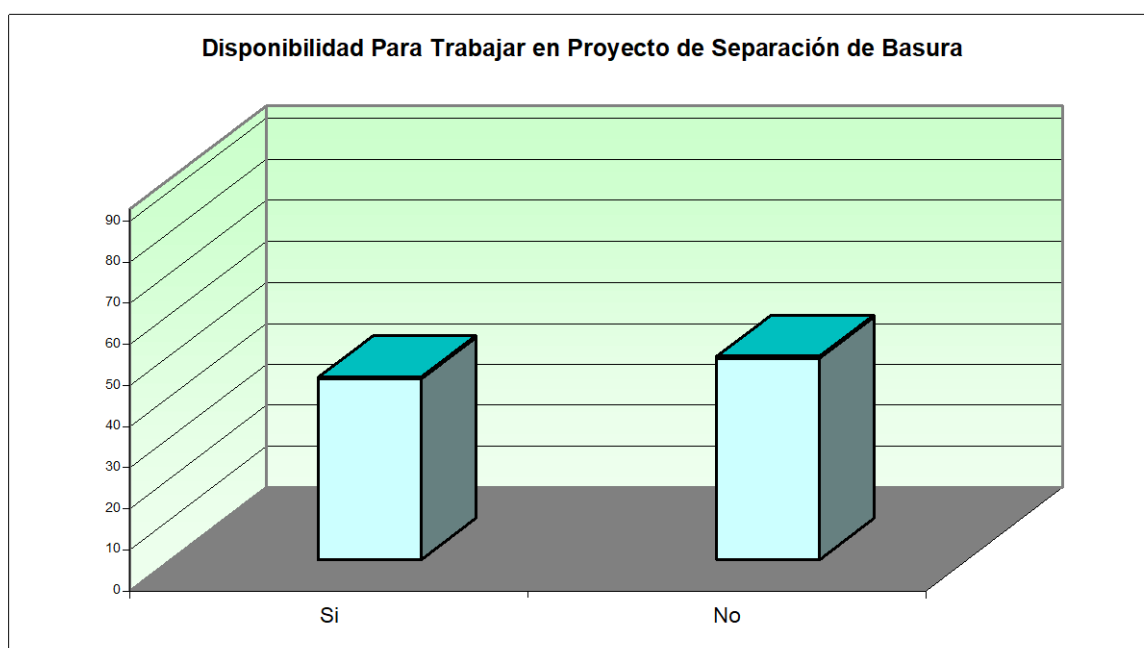
OPCIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	9	9.68%
No	84	90.32%
<b>Total</b>	<b>93</b>	<b>100.00%</b>



En el gráfico se determina el grado de conocimiento que existe en la población de Chapeltique respecto al Compostaje; por lo que las capacitaciones deberán hacer hincapié en ello.

### P6. ¿DISPONIBILIDAD PARA TRABAJAR EN PROYECTO DE SEPARACIÓN Y RECOLECCIÓN DE BASURA

OPCIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	44	47.31%
No	49	52.69%
Total	93	100.00%



Se observa en el Gráfico que existe un alto grado de la población dispuesta a colaborar en el proyecto, tomando en cuenta que la mayoría de ellos desconocen el proceso. Lo que facilitará en gran medida la implementación de la clasificación de los desechos en los hogares.

### 3.3.4 Frecuencia de Recolección y Cantidad de basura

Una vez procesados los datos de la encuesta, se observó que en la zona es factible realizar el método de manejo propuesto en nuestro estudio, por ello se profundizará más en los análisis para obtener datos más confiables, se realizará la experimentación de campo.

- **Peso volumétrico:**

Para el cálculo del peso de la basura por viaje de la unidad recolectora, fue necesario encontrar el peso volumétrico promedio de la basura, el cual se calculó utilizando un barril metálico con una capacidad de 0.22 m<sup>3</sup> limpio y sin abolladuras, una bascula quintalera, 12 yardas de plástico negro, palas y azadones, el recurso humano empleado fueron: 4 auxiliares y miembros del grupo de tesis.

El procedimiento a seguir para el cálculo del peso volumétrico promedio es el descrito a continuación: primeramente se obtuvo el peso del barril y se registro como peso de la tara (T), a continuación se tomaron muestras representativas de la basura de aproximadamente 200.00 lb. en cada descarga de la unidad recolectora, se acopiaron en un sitio plano cubierto con plástico negro para no contaminar los desechos, una vez que se habían tomado muestras del total de descargas a realizar durante el día, se procedió a homogenizar las muestras mezclándolas con azadones y palas, seguidamente se llenó el barril con los desechos sólidos homogenizados y se golpeo suavemente contra el suelo levantándolo y dejando caer a una altura de 10.00 cm, se le agrega nuevamente desechos sólidos y se enraza, teniendo el cuidado de no presionar los desechos; esto con el fin de no alterar el peso volumétrico que se pretende determinar, se pesa el barril con los desechos sólidos anotándolo como desechos sólidos y tara (DST en Kg), seguidamente se calcula el peso volumétrico de los desechos sólidos mediante la fórmula siguiente:



$$PVDS = (PDST - T) / V$$

Donde:

PVDS: Peso Volumétrico de Desechos Sólidos (Kg/m<sup>3</sup>)

PDST: Peso de Desechos Sólidos y Tara (Kg.)

T: Peso del Barril o Tara (Kg.)

V: Volumen del Barril o Tara (m<sup>3</sup>)

Utilizando como tara un barril con las siguientes dimensiones:

CUADRO 3.2 CÁLCULO DEL PESO ESPECÍFICO DE LA BASURA.

DIA/FECHA	PESO BRUTO Kg	PESO TARA Kg	PESO NETO Kg	VOLUMEN MUESTRA M3	PESO VOLUMETRICO (Kg/m <sup>3</sup> )
07/04/2003	77.50	18.10	59.40	0.22	270.00
08/04/2003	61.44	18.10	43.34	0.22	197.00
10/04/2003	67.60	18.10	49.50	0.22	225.00
11/04/2003	65.40	18.10	47.30	0.22	215.00
12/04/2003	58.80	18.10	40.70	0.22	185.00
14/04/2003	68.23	18.10	50.13	0.22	227.86
15/04/2003	62.35	18.10	44.25	0.22	201.14
17/04/2003	62.75	18.10	44.65	0.22	202.95
18/04/2003	65.85	18.10	47.75	0.22	217.05
19/04/2003	71.56	18.10	53.46	0.22	243.00
TOTAL					2184.00
<b>PESO VOLUMETRICO PROMEDIO</b>					<b>218.40</b>

Grupo de tesis

- **Cantidad de Basura Generado**

Una vez obtenido el peso volumétrico se realizó el muestreo de la cantidad de los desechos sólidos generados a diario, contabilizando número de viajes y

volumen real recolectado por la unidad durante una semana, día a día se procedió a calcular los pesos de basura generados diariamente por la población, mediante el siguiente procedimiento:

Se obtuvo el volumen total real de la basura, restando a la capacidad total del camión el volumen no utilizado por los desechos recolectados y se multiplicó este volumen por el peso volumétrico de basura por viaje lo que se muestra en el cuadro siguiente:

CUADRO 3.3 CUADRO RESUMEN DE VIAJES REALIZADOS POR LA UNIDAD RECOLECTORA

Dias Sem.	Viaje #	H. de Salida	Hora de Desc.	Tiemp. Viaje (Min.)	γ Prom. Kg/m <sup>3</sup>	Vol. del Camión m <sup>3</sup>	Vol.real del viaje m <sup>3</sup>	peso de la Basura (KG)
Lunes	1	06:00	07:35	95	218.40	10.00	9.00	1,965.60
	2	07:55	09:56	121	218.40	10.00	8.00	1,747.20
	3	10:05	11:15	70	218.40	10.00	4.10	895.44
Martes	1	06:00	08:22	82	218.40	10.00	8.50	1,856.40
	2	08:25	10:26	121	218.40	10.00	5.00	1,092.00
Jueves	1	06:20	07:55	95	218.40	10.00	8.75	1,911.00
	2	08:00	09:21	81	218.40	10.00	7.00	1,528.80
	3	09:23	10:43	80	218.40	10.00	2.15	469.56
Viernes	1	06:05	07:49	104	218.40	10.00	8.00	1,747.20
	2	08:00	09:28	88	218.40	10.00	4.00	873.60
Sabado	1	06:00	07:52	112	218.40	10.00	6.00	1,310.40
TOTALES -->				1049			70.50	15,397.20

Grupo de Tesis

- **Frecuencia de recolección:**

La frecuencia de recolección con la que es atendida la ciudad de Chapeltique consiste en la cantidad de viajes que realiza por día la unidad recolectora, para esta labor se contabilizó durante una semana el número de viajes diarios y la cantidad de basura contenida por descarga.

Del cuadro 3.3 se puede obtener el tiempo promedio por viaje de la siguiente manera:

$$T = 1049/11 = 95.36 \text{ min} = 95.00 \text{ min}$$

$$T = 1.50 \text{ horas.}$$

De lo anterior podemos deducir el número de horas utilizadas en el mes de la siguiente forma:

$$\text{Horas mes} = (1,049/7 \times 30)/60$$

$$\text{Horas mes} = 74.93 \text{ Horas}$$

- **producción per cápita de la población:**

Para el cálculo de la producción diaria de basura por habitante, es importante considerar la población existente actualmente en el municipio para ello auxiliándonos del censo del 1992 y de la fórmula de progresión geométrica se obtiene la población para el año 2003.

### Cálculo de población para el año 2003 utilizando la fórmula de progresión geométrica.<sup>7</sup>

$$P_f = P_o(1+t)^{n-1}$$

Donde.

P<sub>f</sub>: Población futura

P<sub>o</sub>: Población actual (Urbana) = 2820.00

T: Tasa de crecimiento = 0.19%

n: (t<sub>f</sub>-t<sub>o</sub>) Intervalo de años = 11 años

Sustituyendo

$$P_f = 2,820 (1+0.019)^{10}$$

$$P = 3,404 \text{ habitantes}$$

---

<sup>7</sup> Censos Nacionales V de población y IV de vivienda 1992, Tomo XII, San Miguel, El Salvador

La Producción Per cápita de desechos sólidos para el Municipio de Chapeltique se obtiene por medio de la siguiente formula:

$$PPC = TDS/N/n$$

Donde:

PPC : Producción per cápita ( Ver Cuadro 3.3)

N: Numero de habitantes

n: Número de días de la semana

Sustituyendo:

PPC = 15,397.20/ /3404 Habitantes/7 días

PPC = 0.64 Kg/Hab/dia

### 3.3.5 Clasificación de la basura

La clasificación de los desechos producidos por la población, se realizó la semana comprendida entre el día 07/04/2003 y 12/04/2003, mediante el método conocido como “método del cuarteo” para lo que se tomó una muestra representativa de 500 libras que fue obtenida de mezclar volúmenes de desechos tomados de las descargas realizadas por la unidad recolectora.

Una vez obtenido el volumen de desechos requerido para esta actividad, se mezclaron hasta obtener una composición homogénea, luego se dividió en cuatro partes auxiliados por palas y azadones, donde los desechos se dispusieron en forma de circulo con espesor promedio de 25 cm, se cortaron en forma de “X”, se tomaron dos partes opuestas y las restantes se desecharon, realizando el proceso en repetidas ocasiones, hasta obtener la muestra final la cual se pesó utilizando una bascula y sacos en los cuales se depositó la basura, el peso de la muestra final fue de 48.62 Kg,

Se realizó la clasificación de los desechos separándolos en Orgánicos, Hule, Plástico, Metal, Telas, Vidrios, Papel y Cartón, pesando cada una de las partes y anotando su respectivo peso y obteniendo un valor importante en cuanto al

porcentaje de desechos orgánicos generados que es igual al 71.41%, tal como se muestra en el siguiente cuadro.

CUADRO N° 3.4 CLASIFICACIÓN DE LA BASURA<sup>8</sup>

MATERIAL	PESO (Kgs) PROMEDIO	% DE PESO PROMEDIO
ORGÁNICOS	34.35	71.41%
TELAS	0.86	1.79%
VIDRIOS	0.56	1.16%
METALES	1.32	2.74%
HULE	1.56	3.24%
PLÁSTICOS	3.68	7.65%
PAPEL Y CARTÓN	5.26	10.94%
<b>TOTALES</b>	48.1	98.94%

En el cuadro anterior se puede observar que tanto el peso promedio, como el porcentaje de los pesos, no coinciden con el cien por ciento del promedio de muestras usadas para dicha clasificación, esto debido a la variación provocada por errores instrumentales y personales.

### 3.4 MANEJO DE LA BASURA

#### 3.4.1 Almacenamiento

Los desechos sólidos de Chapeltique son generados por tres sectores: habitacional, comercial e industrial, los depósitos de almacenamiento varían en cada sector, siendo un factor común la no clasificación de la basura.

Los tipos de recipientes más comunes utilizados por los pobladores de la zona, fueron determinados a través de la encuesta que se le tomó a una muestra representativa de la población de donde se pudo conocer que los depósitos utilizados en los diferentes sectores son los mencionados a continuación: barriles, bolsas plásticas, cajas de cartón, sacos sintéticos, cubetas plásticas y otros.

<sup>8</sup> Esta clasificación fue realizada durante cinco días comprendidos entre el 7/04/2003 y el 12/04/2003.

La basura proveniente de las actividades comerciales del mercado es depositada en contenedores metálicos, ubicado frente a la Alcaldía Municipal.

### 3.4.2 Servicio de Recolección

La recolección de la basura en el municipio de Chapeltique se realiza haciendo recorridos en un camión de volteo Mercedes Benz el cual posee las siguientes características técnicas:

CUADRO 3.5 CARACTERISTICAS DE LA UNIDAD RECOLECTORA<sup>9</sup>

Marca	Año	Serie	Precio	Capacidad	Estado Actual	Sist. de descarga
Mercedes Benz	1,986	1319	\$ 7,428.00	10.00 m <sup>3</sup>	Regular	Volteo

#### 3.4.2.1 Ruta de recolección.

Como la mayoría de los municipios de El Salvador, Chapeltique no posee un diseño adecuado de las rutas de recolección y ha sido definida a criterio del conductor de la unidad recolectora, es por esto que se incurre en gastos innecesarios para la municipalidad.

En la ruta actual no se ha determinado donde termina cada ruta de recolección, ya que la finalización de estas la determina el conductor de la unidad recolectora en base a su criterio.

En cuanto a la cobertura de la recolección de los desechos sólidos en el municipio de Chapeltique, se puede decir que es aceptable; ya que cubre en su mayoría la zona urbana, estimando que aproximadamente un 10.00 % de la población no recibe el servicio. El detalle de la ruta de recolección actual es como se muestra en el anexo 6.

<sup>9</sup> Fuente de información departamento de Catastro del Municipio.

### **3.4.2.2 Personal Asignado**

El recurso humano designado para cumplir con las labores de aseo en el Municipio de Chapeltique esta compuesto por cuatro personas las cuales son:

1 Motorista, cuya labor es ser jefe del grupo, conducir la unidad y hacer la ruta de recolección, 3 Auxiliares, cuya labor es recoger de las aceras los desechos sólidos y se distribuyen de la siguiente manera: 2 Auxiliares que corren junto al camión, uno por cada lado de la calle y el otro acomoda los desechos en el compartimiento del camión.

### **3.4.3 Disposición Final de los Desechos Sólidos**

Los desechos sólidos de esta ciudad son dispuestos en su estado natural, o sea como son generados, estos son llevados al botadero a cielo abierto donde son quemados, este botadero esta ubicado en un terreno al poniente de la ciudad de Chapeltique aproximadamente a 2.5 Km sobre la calle que conduce a Sesori.

Las condiciones actuales del botadero son deficientes, comenzando por su ilegalidad ya que el ministerio del medio ambiente está exigiendo que se clausuren este tipo de botaderos, por los perjuicios que estos ocasionan entre los que podemos destacar:

- Contaminación del medio ambiente
- Foco de enfermedades
- Existencia de agentes patógenos
- Aves de rapiña
- Otros.

### **3.4.4 Costos de Personal Asignado**

Son los salarios devengados por el personal destinado a la recolección, como lo son 1 Motorista y 3 Auxiliares.

CUADRO 3.6 COSTOS DE PERSONAL ASIGNADO PARA LA RECOLECCION <sup>10</sup>

PERSONAL	CANTIDAD	SALARIO MENSUAL	TOTAL
Motorista	1	\$ 350.00	\$ 350.00
Auxiliares	3	\$ 150.00	\$ 450.00
<b>Total Mensual</b>			<b>\$ 800.00</b>

### 3.4.5 Costos del equipo de recolección <sup>3)</sup>

Para determinar los costos del equipo de recolección, se hizo necesario medir el tiempo que tarda la unidad en realizar el recorrido completo, este tiempo es en promedio 1.50 horas (Ver Cuadro 3.3). Así mismo fue necesario calcular el costo por operación por hora de la unidad de la siguiente forma:

#### **Cálculo de Interés Sobre Capital por Hora.**

$$I = Vai/Ha$$

Donde:

$$I = 7,820 \times 0.09/1042 = 0.68 \%$$

#### **Evaluación de la depreciación.**

$$D = (Va-Vr)/Vu$$

Sustituyendo datos

$$D = (7,820.00 - 0.00)/(26 \times 365 \times 24)$$

$$D = \$0.03/hora$$

#### **Evaluación de gastos de mantenimiento.**

Todo equipo requiere de un mantenimiento preventivo para minimizar la frecuencia de reparaciones mayores.

<sup>10</sup> Departamento de catastro de la Alcaldía Municipal de Chapeltique.



En general es práctica aceptable considerar los costos de mantenimiento como un porcentaje estadístico de la depreciación<sup>11</sup> así para el camión de volteo el porcentaje será el siguiente.

$$\text{Camión de Volteo}^{12} = 50\% D$$

$$M = 0.50 \times 0.03$$

$$M = \$ 0.02/\text{hora}$$

### **Otros Gastos**

$$A = G_a/H_a = 75.00 / 912.50$$

$$A = \$ 0.08/\text{hora}$$

### **Costos de operación.**

Los costos de operación en los que se utilicen máquinas movidas por motores de combustión interna que requieren de combustible puede ser calculado por la siguiente formula empírica.

$$C_c = 0.04hp$$

$$C_c = 0.04( 140.00)$$

$$C_c = 5.60 \text{ gal/hora}$$

### **Gastos de Lubricantes**

En cuanto a los lubricantes la cantidad consumida dependerá del tamaño, la capacidad del carter para nuestro caso y considerando las características de la unidad recolectora se podrá utilizar la siguiente formula empírica.

$$L = HP \times 4.86 \times 10^{-4} + (c/t)^5$$

$$L = 140 \times 0.000486 + (4/180)^5$$

---

<sup>11</sup> Castellanos, R

<sup>12</sup> Suárez Salazar

$$L = 0.07 \text{ gal/hora}$$

Donde:

c = capacidad del carter en galones

t = # de horas entre cambio de aceite

Hp = Caballos de Fuerza

### **Factor de utilización**

La suma de gastos fijos debe repartirse entre el tiempo de uso efectivo del equipo, lo que es asumido a través de factor de utilización que se define como la relación entre los doce meses del año y el número de meses efectivos.

$$Fu = 12 \text{ meses}/Mu$$

$$Fu = 12/12$$

$$Fu = 1.00$$

### **Gastos Fijos por hora**

$$Gf = (I+D+M+S+A)Fu$$

$$Gf = (0.68+0.03+0.02+0.08) \times 1$$

$$Gf = \$0.81/\text{Hora}$$

### **Gastos por combustible**

$$C = CcP$$

$$C = 5.60 \times 1.55$$

$$C = \$8.68/\text{hora}$$

### **Gastos en Lubricantes**

$$L = api$$

$$L = 0.12(7.00)$$

$$L = \$ 0.84/\text{hora}$$

### **Gastos por llantas**

$$LL = VII/HII$$

$$LL = 175.57/1,100$$

$$LL = \$0.16/Hora$$

### **Costos de Operación por Hora**

$$Co = C + L + LL$$

$$Co = 8.68 + 0.81 + 0.16$$

$$Co = \$9.65/Hora$$

### **Gastos por Hora**

$$Ch = Gr + Go$$

$$= 0.83 + 9.65$$

$$Ch = \$10.48/Hora$$

Todos los costos anteriores poseen variables comunes con sus respectivas simbologías que se presentan a continuación:

A = Gastos por hora correspondientes a gastos anuales no incluidos específicamente en el análisis

a = Consumo Horario de Lubricante

C = Costo de Combustible por hora

Cc = Consumo horario de combustible (gal/hra)

Ch = Costo por hora de equipo

CO Costo de operación por hora

D = Depreciación por hora

Fa = Costo de un flete

Fu = Factor de Utilización Calculado

Ga = Gastos anuales de almacenaje, matriculas, placas

GF = Gastos fijos por hora

H = Horas de la jornada diaria

Ha = horas normales promedio anuales

HII = Horas de Vida de llantas

Hu = horas de uso del equipo en una obra  
 I = Intereses sobre el capital por hora  
 i = tasa de interés anual en fracción  
 L = Costo de lubricante por hora  
 LL = Costo de llantas por hora  
 M = Costo de mantenimiento por hora  
 n = Numero de fletes  
 O = Otros costos de operación por hora  
 Pc = Precios de combustible por galón  
 Pl = Precio de lubricante por galón  
 Q = Fracción de la depreciación para cubrir los gastos de mantenimiento  
 S = Costos de seguros por hora  
 s = Fracción aplicable al valor de adquisición correspondiente a la prima del seguro  
 So = Gastos de operación diario correspondientes a O  
 Va = Valor de adquisición  
 VII = Vida útil de llantas  
 Vr = Valor de rescate  
 Vu = Vida útil en horas

CUADRO 3.7 COSTO MENSUAL DEL EQUIPO ASIGNADO PARA LA RECOLECCION

EQUIPO	HORAS/MES	COSTO/HORA	TOTAL
Camión	74.93	\$ 10.48	\$ 785.27

### 3.4.6 Costo Total

El costo total actual del servicio prestado por la Municipalidad para los desechos sólidos es la sumatoria de los costos de salarios al personal asignado y los costos del equipo de recolección y acomodo de los desechos sólidos, los que ascienden a \$ 1,585.27 mensuales

## **CAPITULO IV**

# **PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL TRATAMIENTO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DE LA CIUDAD DE CHAPELTIQUE.**

## **CAPITULO IV**

### **4.1 GENERALIDADES.**

En el presente capítulo se muestran los requerimientos legales necesarios para la implementación de un sistema de Manejo de desechos sólidos, diseño de la ruta de recolección; así como la propuesta de diseño para el tratamiento de los desechos sólidos orgánicos por medio del compostaje.

Para esta propuesta se han considerado una serie de parámetros que resultan de gran importancia para el diseño, entre las que se mencionan, Capacidad de carga del camión recolector, Producción Per cápita,(PPC), Peso volumétrico de los desechos.

### **4.2 REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO**

#### **4.2.1 Evaluaciones Legales**

La fabricación de compost a partir de la fracción orgánica de los desechos sólidos Municipales, esta contemplada en el decreto No 42 publicada en el Diario Oficial en San Salvador, el día jueves 1° de Junio de 2000 Tomo 347 No 101.

El título III de el decreto N° 42 se refiere “ al manejo integral de los desechos sólidos municipales” y el capítulo IV de este reglamento trata sobre “ el tratamiento y aprovechamiento, en donde:

Artículo 11; dice que la utilización del sistema de tratamiento de desechos sólidos en el país dependerá fundamentalmente de la naturaleza y composición de los desechos.

Para efectos del presente reglamento se identifican los siguientes sistemas de tratamiento:

- Compostaje
- Recuperación; que incluye la reutilización de y el reciclaje: y

- Aquellos específicos que provengan y reduzcan el deterioro ambiental y que faciliten el manejo integral de los desechos.

#### **4.2.2 Lineamientos Para Trámites Ambientales**

El departamento de gestión ambiental y el ministerio del Medio Ambiente y recursos naturales. Propone los siguientes lineamientos para el tratamiento de desechos sólidos por medio del proceso del compostaje.

Este tipo de proyectos solo deberá desarrollarse en respuesta a una problemática ya existente de acumulación de desechos en un lugar, para evitar la creación de dependencias de servicios que no existen.

#### **4.2.3 Requisitos Mínimos**

- Toda planta compostera deberá contar con una solución al material de naturaleza no orgánica<sup>13</sup>.
- Estudio de generación y clasificación de los desecho (Ver cuadro 3.3).
- Estudio de factibilidad para la selección de los sitios en los que se implementará la planta compostera.

#### **4.2.4 Métodos de manejo**

##### **4.2.4.1 Pila compostera sujeta a volteo**

Este método posee las siguientes características:

- Deberá ser volteada una veces por semana
- Requiere una humedad de 50% a 40%
- Relación Carbono nitrógeno =25:1

---

<sup>13</sup> Material de Rechazo

#### **4.2.4.2 Métodos de manejo de fosas.**

Este método posee las siguientes características:

- Profundidad de fosa no mayor a 3.00 mts
- Nivel freático mayor o igual a 6.00 mts
- Material de cobertura aplicado diariamente al final del día con un espesor de 5.00 cms.
- Humedad del 40 - 50%.
- Frecuencia de cosecha de compost
- Tamaño de partículas de 0.50 – 1.50 pulgadas
- No aplicar estiércol ni heces.

Siempre que los requisitos anteriores hayan sido tomados en cuenta para proyectos de elaboración de compost a través de desechos domiciliarios, no será necesario un permiso ambiental solamente se necesitará presentar un formulario ambiental con los atestados que correspondan según los requerimientos planteados. Se verificará con la inspección al lugar para evaluar si reúne las condiciones para dar el dictamen favorable en el cual se determinará que no requiere permiso ambiental<sup>14</sup>.

### **4.3 MÉTODO DE MANEJO PROPUESTO**

#### **4.3.1 Almacenamiento**

El almacenamiento de los desechos sólidos generados en el sector habitacional se realizará mediante el uso de dos depósitos, los que deberán diferenciarse entre si, esto con el objetivo de garantizar que el recolector pueda distinguir el recipiente de desechos orgánicos e inorgánicos, se sugiere la utilización de bolsas plásticas de colores diferentes.

---

<sup>14</sup> Decreto N° 42 que se refiere a “reglamento especial sobre el manejo integral de los desechos sólidos publicado en el diario oficial tomo N° 347 N° 101 en San Salvador el día primero de junio del 2000.



Para los desechos proveniente de las actividades comerciales del mercado se construirá un contenedor de dos depósitos uno para desechos orgánicos y otro para desechos inorgánicos construido con bloque de cemento, provisto de compuertas que facilitarán el vaciado, estará ubicado en la esquina Nororiente del mercado considerando este un sitio estratégico por encontrarse próximo al lugar donde se guarda la unidad recolectora. (Ver figura 4.1).

## DETALLE DE CONTENEDOR

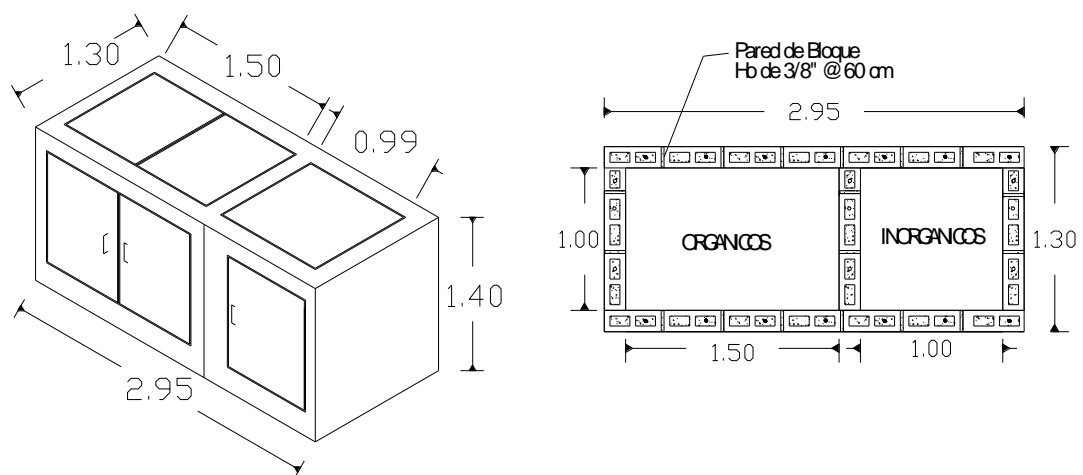


figura 4.1 Contenedor de basura para los desechos provenientes del mercado.

### 4.3.2 Recolección

En todo sistema de recolección existen factores importantes a considerar como son: Numero de Camiones a utilizar y Programación o diagramación de rutas un primeramente se calculará el número de camiones a utilizar mediante la siguiente formula:

$$\text{N}^\circ \text{ de Camiones} = \frac{7 \times \text{POB} \times \text{PPC} \times \text{COB} \times \text{FAR}}{0.90 \times V \times D \times N \times J}$$

Donde :

7 = Número de Días de La Semana

POB = Población

PPC = Producción Per cápita de La Basura

COB = Cobertura del sistema de Recolección (% x 0.01)

FAR = Factor de Reserva (1.10 – 1.30 )

0.90 = Factor de Capacidad

V = Capacidad del Volumen

N = Número de Viajes por Día.

J = Número de Jornadas.

### **Cálculo para el año 2,012**

Se analizará la unidad existente proyectándola para el año 2,012 y tomando datos del cuadro 3.2 y 3.3 se obtiene.

$$\text{N}^\circ \text{ de Camiones} = \frac{7(4,032)(0.64)(0.90)(1.10)}{0.90 \times 10 \times 218.40 \times 1 \times 7}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de Camiones} = 1.29$$

Debido a que el número de camiones es un poco superior al actual se realizará una nueva prueba con un camión de 12.00 m<sup>3</sup> de capacidad obteniendo lo siguiente:

$$\text{N}^\circ \text{ de Camiones} = \frac{7(4,032)(0.64)(0.90)(1.10)}{0.90 \times 12 \times 218.40 \times 1 \times 7}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de Camiones} = 1.08$$

En base al resultado anterior y considerando las posibilidades económicas de la Municipalidad se propone realizar una modificación a la unidad actual,

ampliando su altura 0.15 mts en todo su contorno, que al multiplicarlo por su ancho (2.00 mts) y su longitud ( 7.75 mts) se obtiene una capacidad total de 12.32 m<sup>3</sup>.

A continuación se presenta los días con el número de viajes correspondientes por semana.

CUADRO 4.1 PROGRAMACIÓN PARA LA RECOLECCIÓN DE BASURA PROPUESTA.

DÍAS DE LA SEMANA	NÚMERO DE VIAJES
Lunes	3
Martes	no hay
Miércoles	2
Jueves	no hay
Viernes	2
Sábado	no hay
Domingo	no hay

La programación anterior se ha realizado tomando en cuenta la cantidad de desechos sólidos generados en el municipio; y en base a la capacidad del camión recolector propuesto.

#### 4.3.3 Procesamiento

Una vez recolectada la basura de la ciudad será necesario contar con un sistema de tratamiento que reduzca el volumen a colocar en el sitio de disposición final propuesto (Ver Capítulo V), El método que proponemos para el

procesamiento de los desechos sólidos en la ciudad de Chapeltique es el proceso de compostaje, el método seleccionado en nuestro caso es el método de pilas o montículos (Método Indore); este sistema es uno de los mas económicos ya que se realiza al aire libre depositando los desechos directamente en el suelo y sin ninguna estructura física que lo contenga. La descomposición de los residuos sólidos putrescibles en las pilas es aeróbica para evitar la generación de gases y mal olor. Además, es el proceso mas rápido y relativamente inodoro.

La materia orgánica será colocada en el terreno del actual botadero Municipal y habilitado de tal forma que la materia orgánica fresca se adhiera a la pila del día anterior, formando así hileras largas durante una semana una vez finalizada esta se iniciara la conformación de la siguiente pila que tendrá el mismo tiempo de conformación.

El proceso del compostaje, durará aproximadamente 3 meses, durante este tiempo los desechos deben tener un mantenimiento incluyendo volteos periódicos aproximadamente de 1 vez por semana, chequear periódicamente factores físico químicos como temperatura, PH, Relación Carbono Nitrógeno logrando de esta forma que los desechos lleven el proceso adecuado, lo que permitira que los residuos orgánicos se conviertan en compost.

Después de tres meses la materia orgánica que fue colocada en la primera pila se convertirá en compost, entonces se debe sacar, almacenar y reemplazarla por una nueva formada con material fresco, logrando así un sistema continuo.

#### **4.3.4 Disposición final**

La disposición final del subproducto obtenido de la descomposición de los desechos orgánicos será utilizado como mejorador de suelo y la materia inorgánica será deposita en un relleno sanitario manual (Ver Capitulo V).

## **4.4 PROPUESTA DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS.**

### **4.4.1 Diseño de ruta de recolección<sup>10)</sup>**

El diseño de ruta se realiza una vez determinado el equipo, personal asignado y días de recolección, el equipo a utilizar para la recolección será el mismo camión con el que se realizan dichas labores; el personal asignado para la recolección será el utilizado actualmente (1 Motorista y 3 Auxiliares) . el diseño de rutas de recolección es un proceso que requiere de cierta experiencia, para el diseño de la ruta de recolección del área urbana de la ciudad de Chapeltique se toman en cuenta los siguientes criterios generales:

- Aprovechar la jornada de trabajo del personal
- Evitar el paso repetido de la unidad recolectora
- Las rutas deben ser trazadas de tal manera que el ultimo recipiente o contenedor de la ruta este ubicado lo mas cerca posible del sitio de disposición final.
- Que cubra el 100% de la población
- Aprovechar toda la capacidad de los vehículos recolectores
- Lugar en donde se considera que se guardara el equipo recolector
- Lugar de disposición final de los desechos sólidos
- Tipo de vehículo a utilizar
- Personal Asignado
- Trafico vehicular.
- Evitar los recorridos improductivos, como por ejemplo, pasar por un lugar sin recolectar desechos
- Las unidades recolectoras deben cumplir con el tiempo estipulado en la jornada de trabajo
- Que la ruta este diseñada de tal manera que las unidades no realicen viajes incompletos.

Para el diseño de la Ruta de recolección de los desechos sólidos en el área urbana del Municipio de Chapeltique, se dividirá la ciudad en dos zonas, zona "A", zona "B, (Ver anexo 7) .

Para el trazo de estas rutas será importante considerar los siguientes factores:

- Lugar en donde se guardará el equipo recolector, el cual podrá ser guardado en las instalaciones de la Alcaldía Municipal de Chapetique, ya que esta cuenta con espacio suficiente para tal fin.
- Lugar de disposición final, el terreno que se utilizará para el tratamiento y disposición final de los desechos sólidos, se encuentra a unos 2,500 mts aproximados de la ciudad, la calle de acceso principal es Balastada.
- Las rutas se trazaron tomando en cuenta el número de casas en las cuales se realizara la recolección; así como la producción diaria de desechos sólidos.
- Lugar de finalización de recolección en cada zona, se planteo la ruta para cada zona de tal manera que el inicio y finalización estuviera lo mas próximo posible a la vía de acceso hacia el botadero.

A Continuación se presentan los parámetros que se consideraron para determinar donde finalizará cada recorrido en cada zona.

- Volumen del camión recolector =  $10 \text{ m}^3$
- Densidad de los residuos sólidos del Municipio =  $218.4 \text{ kg/m}^3$ .

Con lo anterior se podrá calcular con cuantas viviendas se llenara el camión recolector , utilizando la siguiente fórmula:

$$\rho = m/v$$

Donde:

$\rho$  = Peso volumétrico de desechos sólidos

$m$  = peso de los desechos sólidos

$v$  = volumen del camión recolector.

Sustituyendo los siguientes valores

$$\rho = 218.4 \text{ kg/m}^3$$

$$v = 10 \text{ m}^3$$

Despejando:

$$m = v \times \rho$$

Por lo tanto la capacidad en peso de desecho que el vehículo puede recibir es:

$$\text{peso(Kg.)} = 218.4 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m}^3$$

$$\text{peso} = 2,184.00 \text{ Kg.}$$

Con la capacidad en peso obtenido, y el peso de la basura producida diariamente ( ver cuadro 3.3) se tiene que el número de viajes necesarios para la recolección es de 1 viajes /día, pero con el objeto de optimizar recursos se propone realizar la recolección tal como se muestra en el cuadro 4.1 en el cual se tiene que días de recolección serán Lunes , Miércoles y viernes.

La diagramación establecida en base a los criterios anteriores puede observarse en los ANEXOS 8 y 9; así como en las tablas 4.2 y 4.3

CUADRO 4.2 ESQUEMA DE LA RECOLECCION DE LA ZONA "A"

<b>SOBRE</b>	<b>DESDE</b>	<b>HACIA</b>	<b>VUELTA</b>	<b>ESTILO DE RECORRIDO</b>	<b>TIEMPO DE RUTA</b>
1ª Av. Sur	Alcaldía	2ª C. Oriente	Izquierda	Recolección	8.00 min
2ª C. Oriente	1ª Av. Sur	4ª Av. Sur	Derecha	Recolección	4.00 min
4ª Av. Sur	2ª C. Oriente	6ª C. Oriente	Derecha	Recolección	4.00 min
6ª C. Oriente	4ª Av. Sur	2ª Av. Sur	Derecha	Recolección	2.00 min
2ª Av. Sur	6ª C. Oriente	Col. Guadalupe	180°	Recolección	8.00 min
2ª Av. Sur	Col. Guadalupe	4ª C. Oriente	Izquierda	Recolección	8.00 min
4ª C. Oriente	2ª Av. Sur	1ª Av. Sur	Izquierda	Recolección	2.00 min
1ª Av. Sur	4ª C. Oriente	Escuela	180°	Recolección	6.00min
1ª Av. Sur	Escuela	6ª c. Poniente	Izquierda	Transito	2.00 min
6ª c. Poniente	1ª Av. Sur	3ª Av. Sur	Derecha	Recolección	2.00 min
3ª Av. Sur	6ª c. Poniente	1ª c. Poniente	Izquierda	Recolección	6.00 min
5ª Av. Sur	1ª c. Pte.	6ª c. Poniente	Derecha	Recolección	2.00 min
6ª c. Pte.	5ª Av. Sur	7ª Av. Sur	Derecha	Recolección	6.00 min
1ª c. Pte.	6ª c. Pte.	1ª c. Pte.	Izquierda	Recolección	2.00 min
1ª c. Pte.	7ª Av. Sur	Botadero	Recto	Transito	2.00 min
Recorrido hacia el botadero					8.00 min
Tiempo Empleado en la Descarga					12.0 min
<b>Total de Tiempo Empleado para la Ruta "A"</b>					<b>84.0 min</b>
<b>Total de tiempo Empleado para la Ruta "B" (Horas)</b>					<b>1.40 H</b>



CUADRO 4.3 ESQUEMA DE LA RECOLECCION DE LA ZONA “B”

<b>SOBRE</b>	<b>DESDE</b>	<b>HACIA</b>	<b>VUELTA</b>	<b>ESTILO DE RECORRIDO</b>	<b>TIEMPO DE RUTA</b>
Recorrido del botadero hacia el pueblo					5.00 min
1ª Av. Norte	Alcaldía	1ª C. Oriente	Derecha	Recolección	10 min
1ª C. Ote	1ª Av. Norte	4ª Av. Sur	Izquierda	Recolección	4.00 min
4ª Av. Norte	1ª C. Oriente	3ª C. Oriente	Derecha	Recolección	2.00 min
3ª C. Oriente	4ª Av. Norte	Riío Chapeltique	180°	Recolección	2.00 min
3ª C. Oriente	Riío Chapeltique	4ª Av. Norte	Derecha	Transito	1.00 min
4ª Av. Norte	3ª C. Oriente	5ª C. Oriente	Izquierda	Recolección	2.00 min
5ª C. Ote	4ª Av. Norte	2ª Av. Norte	Derecha	Recolección	2.00 min
2ª Av. Norte	5ª C. Oriente	7ª C. Oriente	Izquierda	Recolección	2.00 min
7ª C. Ote	2ª Av. Norte	1ª Av. Norte	Izquierda	Recolección	2.00 min
1ª Av. Norte	7ª C. Oriente	5ª C. Oriente	Izquierda	Recolección	2.00 min
5ª C. Ote	1ª Av. Norte	2ª Av. Norte	Derecha	Recolección	2.00 min
2ª Av. Norte	5ª C. Oriente	1ª C. Oriente	Izquierda	Recolección	4.00 min
1ª C. Ote	2ª Av. Norte	1ª Av. Norte	Derecha	Recolección	1.00 min
1ª Av. Norte	5ª c. Pte	3ª Av. Norte	Izquierda	Recolección	4.00 min
3ª Av. Norte	5ª c. Pte	1ª c. Pte	Izquierda	Recolección	2.00 min
1ª c. Pte	3ª c. Pte	1ª c. Pte	Izquierda	Recolección	4.00 min
5ª Av. Norte	1ª c. Pte	5ª c. Pte	Izquierda	Recolección	2.00 min
5ª c. Pte	5ª Av. Norte	7ª Av. Norte	Izquierda	Recolección	4.00 min
7ª Av. Norte	5ª c. Pte.	1ª c. Pte.	Izquierda	Recolección	2.00 min
1ª c. Pte.	7ª Av. Norte	Botadero	Recto	Transito	8.00 min
Recorrido de regreso al pueblo					5.00 min
Recorrido hacia el botadero					8.00 min
Tiempo Empleado en la Descarga					12.0 min
<b>Total de Tiempo Empleado para la Ruta “A”</b>					<b>93.0 min</b>
<b>Total de tiempo Empleado para la Ruta “B” (Horas)</b>					<b>1.55 H.</b>

### Tiempo Promedio Empleado por Día Para La Recolección.

Ruta "A" = 1.40 H

Ruta "B" = 1.55 H

Total A + B = 2.95 H => 3.00 Horas

CUADRO 4.4 TIEMPO PARA CADA DÍA DE RECOLECCIÓN

Lunes	4.5
Martes	no hay
Miércoles	3
Jueves	no hay
Viernes	3
Sábado	no hay
Domingo	no hay
Total/Semana	10.5
Promedio diario	1.5
Horas Mensuales	45

### 4.5 DISEÑO DE PILAS COMPOSTERAS

- **Cálculo del área de la compostera**

Para determinar el área a utilizar en las composteras, se evalúan las siguientes alternativas:

- **Producción de material orgánico por día y año:**

La población de la ciudad de Chapeltique produce una cantidad de desechos sólidos aproximadamente de 2.2 ton / día, este cálculo se realizó en Abril del 2003.

CUADRO 4.5 CANTIDAD DE DESECHOS SÓLIDOS ORGÁNICOS GENERADOS.

AÑO	POBLACION TASA = 0.19	GENERACION Kg/hab/dia	GENERACIÓN DIARIA (KG)	ORGÁNICOS DIARIO(kg)	ORGANICOS ANUAL(Kg)
2003	3404	0.64	2178.56	1555.71	567834.04
2004	3469	0.64	2220.16	1585.42	578676.93
2005	3535	0.64	2262.4	1615.58	589686.64
2006	3601	0.64	2304.64	1645.74	600696.35
2007	3670	0.64	2348.8	1677.28	612206.50
2008	3740	0.64	2393.6	1709.27	623883.46
2009	3811	0.64	2439.04	1741.72	635727.24
2010	3883	0.64	2485.12	1774.62	647737.83
2011	3957	0.64	2532.48	1808.44	660082.05
2012	4032	0.64	2580.48	1842.72	672593.08
<b>TOTAL</b>					<b>6,189,124.12</b>

En el cuadro 4.5 se muestra las cantidades de desechos orgánicos que podrían recolectarse en un periodo de 10 años para destinarlo a producir compost, esto dependerá mucho de la clasificación en los hogares.

- **Dimensión de las composteras**

Para definir el tamaño de la pila es importante considerar los procesos de descomposición de la materia orgánica. El tamaño óptimo será un balance entre asegurar el acceso de oxígeno al interior de la pila (pilas pequeñas) y una temperatura elevada (Pilas grandes). En nuestro caso se considera que la pila poseerá formas geométricas, por lo que se adoptará en este caso la forma triangular; para efectos de diseño se asumirá que la hilera tendrá 4.00 de base y 1.7 mt de altura (Ver Figura 4.1)

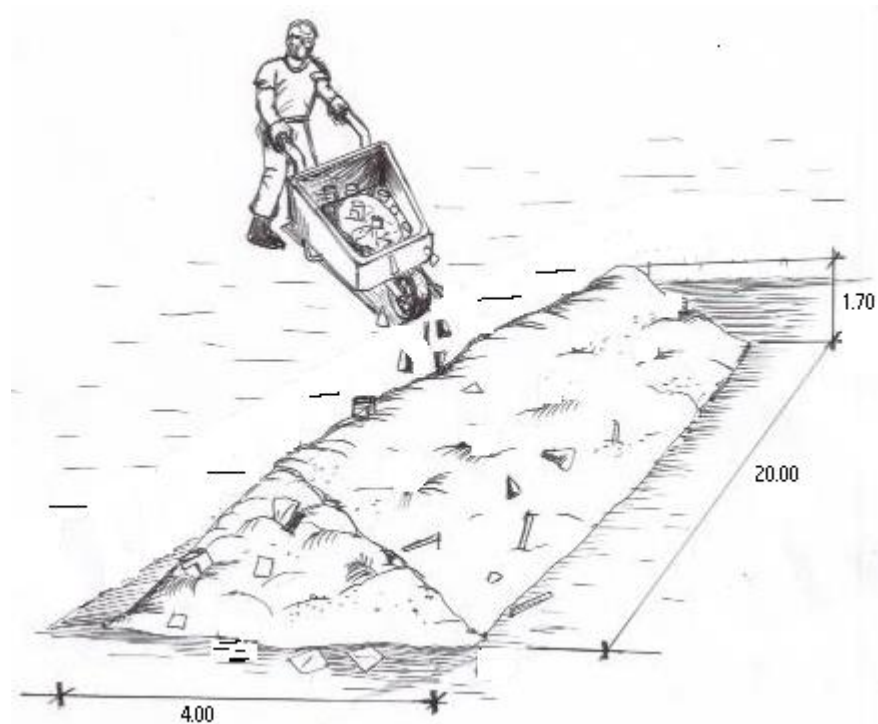


Figura 4.1 Dimensiones de Compostera.

#### 4.5.1 Volumen generado para el año 2,012

El diseño del área para las pilas composteras se tomó considerando la producción de basura hasta el año 2,012

- Volumen de desechos generados diariamente ( cuadro 4.5)

$$\text{Vol/día} = \frac{1,842.72 \text{ kg}}{195.8 \text{ kg/m}^3} = 9.41 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen /Semanal} = 9.41 \times 7.00 = 65.87 \text{ m}^3$$

- Longitud de la hilera de compostaje

$$V = A \times L$$

$$A = \frac{1}{2}(4) \times (1.70) = 3.40 \text{ m}^2$$

$$L = V/A$$

$$L = 67.85 \text{ m}^3 / 3.40 \text{ m}^2$$

$$L = 19.37 \text{ ml} = 20.00 \text{ ML}$$

#### 4.5.2 Área del patio de compostaje para el año 2012

Las dimensiones de la compostera son:

Área de patio  $4.00 \times 20.00 = 80.00 \text{ m}^2$  por compostera Semanal.

Durante los primeros 100 días no se levantara ninguna compostera, entonces el área total de compostaje será  $80.00 \text{ m}^2 \times 100/7 = 1,142.86 \text{ m}^2 = 1,145.00 \text{ m}^2$

#### Área para volteo

En base a experiencias se sabe que el tiempo requerido para lograr un proceso de compostaje completo es de 90 días, sin embargo por medidas de seguridad se dará un margen de 10 días más; es decir que serán 100 días.

El área de volteo se calcula según el criterio del diseñador, en el cual inciden las fluctuaciones que sufre la generación debido a las estaciones del año, o por experiencias obtenidas en otros proyectos, por ejemplo en el proyecto piloto realizado por CESTA en el Barrio la Cruz de Suchitoto, utilizaron el 40% de toda el área del patio para el compostaje como área de volteo.

Para el caso de Chapeltique, se tomará 50% del área de compostaje, por medidas de seguridad de la zona y áreas de circulación entre la pila de compostaje,

$$\text{Área volteo} = 1,145.00 \text{ m}^2 \times 50\%$$

$$\text{Área volteo} = 572.50 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total para compostaje año 2012} = \text{Área de volteo} + \text{Área de compostera}$$

$$\text{Área total para compostaje año 2012} = 572.50 \text{ m}^2 + 1,145.00 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total para compostaje año 2012} = 1,717.50 \text{ m}^2$$

### 4.5.3 Área de almacenamiento

Se deberá destinar un área adicional para almacenar el material compostado después de los 100 días que durará el proceso de compostaje; por experiencia en el proyecto piloto en la ciudad de Suchitoto, se recomienda que sea un volumen igual a 65% del volumen inicial, ya que los desechos se reducen en un 35% ya compostados, el almacenamiento se cálculo para 60 días aproximados.

$$\begin{array}{rcl} \text{Desechos Orgánicos / día} & = & 9.41 \text{ m}^3 \\ \text{Menos 35\%} & \underline{-} & \underline{3.29 \text{ m}^3} \\ \text{Volumen a almacenar} & = & 6.12 \text{ m}^3 \text{ ( volumen a almacenar después de 100} \\ & & \text{días)} \end{array}$$

### 4.5.4 Cálculo de área de almacenamiento

El área de almacenamiento se obtiene de al siguiente forma:

$$\text{Vol/almacenado/día} = 6.12 \text{ m}^3 \times 60 \text{ días} = 367.20 \text{ m}^3$$

$h = 2.00$  mts,  $b = 10.00$  mts sugerido en otros proyectos

$$V = b \times h \times L$$

$$L = \frac{V}{b \times h}$$

$$L = 367.20 / (10.00 \times 2.00)$$

$$L = 18.36 \text{ mts} = 19.00 \text{ ML}$$

$$\text{Area} = L \times b$$

$$\text{Area} = 19.00 \times 10.00$$

$$\text{Area} = 190.00 \text{ m}^2$$

Área Total para Manejo de D.S

Área = Área Total Para Compostaje + Área de Almacenamiento

$$\text{Area} = 1,717.50 + 190.00$$

$$\text{Area} = 1,907.50 \text{ m}^2$$

**CAPITULO V**  
**“DISEÑO DE RELLENO**  
**SANITARIO MANUAL”**

## **CAPITULO V**

### **5.1 GENERALIDADES.**

En este capítulo se realizará el diseño del relleno sanitario manual, el cual será ubicado en el terreno que la Municipalidad de Chapeltique ya destinado para la disposición final de los desechos sólidos, para dicho diseño es importante considerar aspectos técnicos de gran importancia tanto en la evaluación del sitio como en el diseño del relleno sanitario manual, ya que en el diseño será necesario considerar drenajes para captación de lixiviados, evacuación de gases, drenajes de aguas lluvias, construcción de obras complementarias entre otros.

### **5.2 PARAMETROS A EVALUAR**

#### **5.2.1 Topografía**

La topografía del terreno que será utilizado para la construcción del relleno sanitario es semiplano (Ver anexo 10), debido a que presenta en su mayoría pendientes leves, por lo que el método apropiado es el método de trinchera.

#### **5.2.2 Suelos**

Con el análisis de suelos se pretende conocer las propiedades para determinar si son aptos como material de cobertura, asimismo conocer la permeabilidad del suelo, si hay presencia de arcilla, ya que esto sería de beneficio para el relleno sanitario, porque se utilizaría como material impermeabilizante entre otros aspectos.

El método empleado para clasificar el suelo, se empleó el método visual manual determinándose que el material es limo arcilloso, semi-impermeable lo que facilitará el drenaje superficial.



### **5.2.3 Nivel freático:**

Este parámetro será de vital importancia para conocer la profundidad en la cual se ubica el agua subterránea en el terreno, se hace necesario conocerlo porque se utiliza para determinar la profundidad a la cual se tendrá que diseñar el relleno sanitario.

Tomando como referencia para nuestro muestreo, se inspeccionó un pozo artesanal ubicado aproximadamente a cien metros del terreno, el cual posee una profundidad de 12.54 mts, lo que indica que los mantos nos serán afectados con la construcción del relleno sanitario, ya que este poseerá fosas con una profundidad de 3.00 mts lo que deja una diferencia entre el fondo de la fosa y los mantos acuíferos igual a 9.54 mts que esta en el rango aceptado.

## **5.3 DISEÑO DE RELLENO SANITARIO MANUAL**

### **5.3.1 Selección del Método**

El método constructivo y la secuencia de la operación de un relleno sanitario están determinados principalmente por la TOPOGRAFIA del terreno escogido, aunque también dependen de la fuente del material de cobertura y de la profundidad del nivel freático. Existen dos maneras distintas para construir un relleno sanitario.

- Método de Trinchera o Zanja
- Método de Área

#### **Método de trinchera o zanja**

Este método se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad, con el apoyo de una retroexcavadora o tractor de oruga. Es de anotar que existen experiencias de

excavación de trincheras hasta de 7 m de profundidad para relleno sanitario. La tierra que se extrae, se coloca a un lado de la zanja para utilizarla como material de cobertura. Los desechos sólidos se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con la tierra.

Se debe tener cuidado en época de lluvias dado que las aguas pueden inundar las zanjas. Por lo tanto, se deben construir canales perimetrales para captarlos y desviarlos e incluso proveerlas de drenajes internos.

En casos extremos, puede requerirse el bombeo del agua acumulada. Las paredes longitudinales de las zanjas tendrán que ser cortadas de acuerdo con el ángulo de reposo del suelo excavado.

La excavación de zanjas exige condiciones favorables tanto en lo que respecta a la profundidad del nivel freático como al tipo de suelo. Los terrenos con nivel freático alto o muy próximo a la superficie del suelo no son apropiados por el riesgo de contaminar el acuífero.

Los terrenos rocosos tampoco lo son debido a las dificultades de excavación.

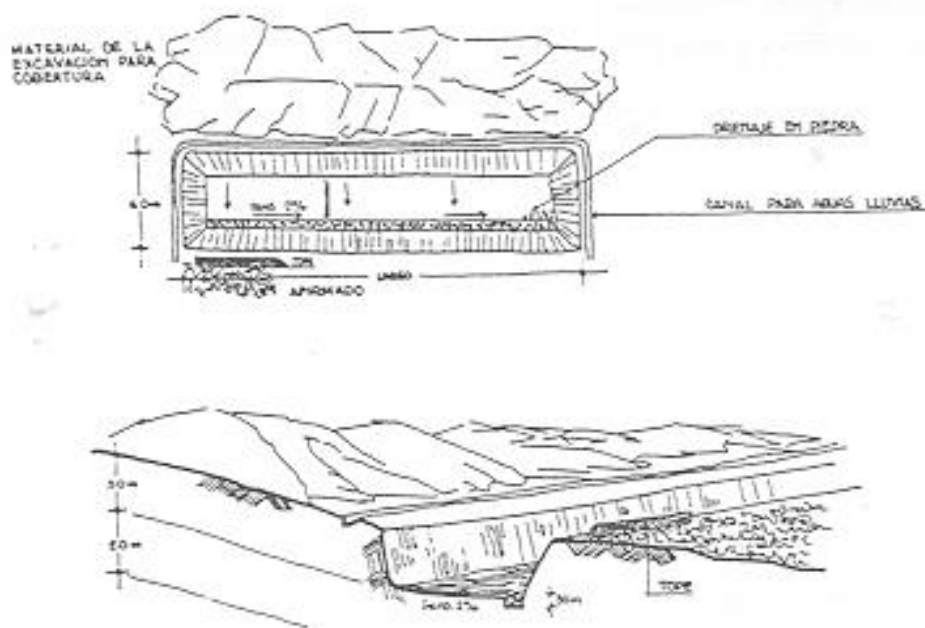


FIGURA 5.1 Método de trinchera para construir un relleno sanitario

## Método de área

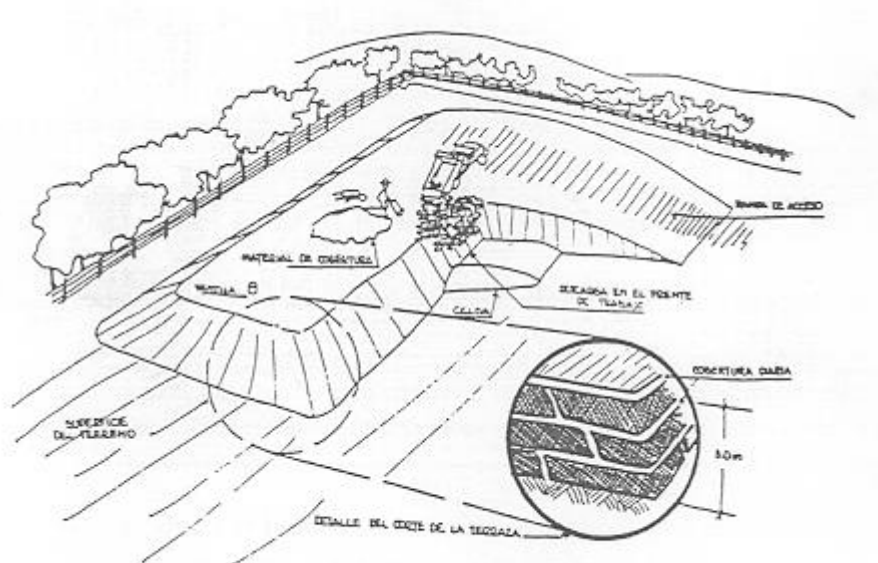
En áreas relativamente planas, donde no sea factible excavar fosas o trincheras para enterrar las basuras, éstas pueden depositarse directamente sobre el suelo original, elevando el nivel algunos metros.

En estos casos, el material de cobertura deberá ser importado de otros sitios o, de ser posible, extraído de la capa superficial.

En ambas condiciones, las primeras se construyen estableciendo una pendiente suave para evitar deslizamientos y lograr una mayor estabilidad a medida que se eleva el relleno. Figura 5.2.

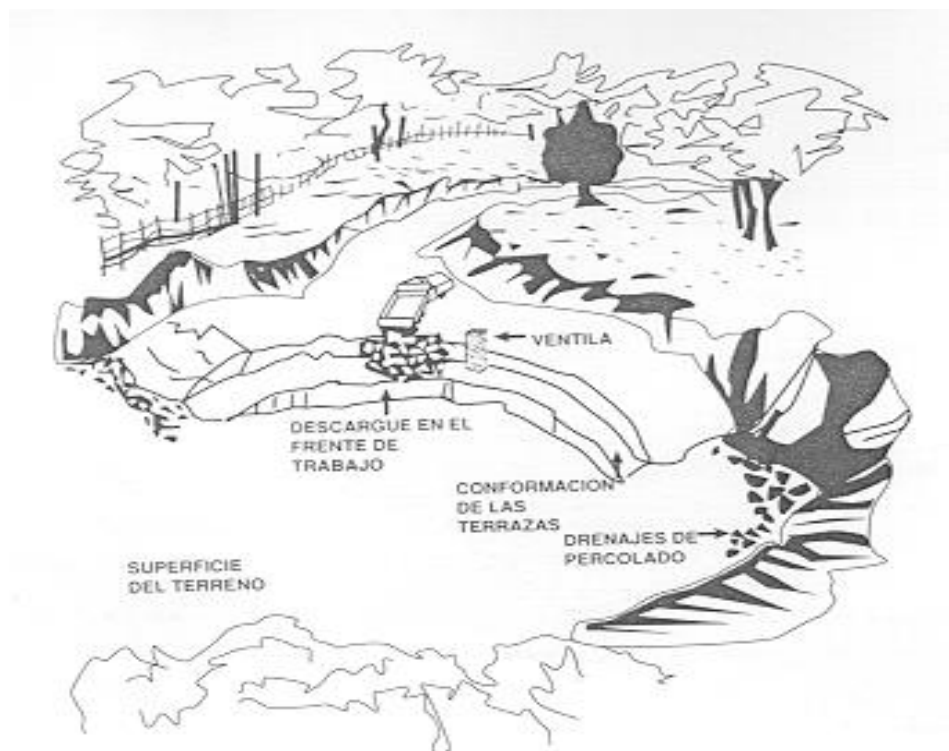
Se adapta también para rellenar depresiones naturales o canteras abandonadas de algunos metros de profundidad. El material de cobertura se excava de las laderas del terreno, o en su defecto se debe procurar lo más cerca posible para evitar el encarecimiento de los costos de transporte.

La operación de descarga y construcción de las celdas debe iniciarse desde el fondo hacia arriba.



**FIGURA 5.2 Método de área para construir un relleno sanitario**

El relleno se construye apoyando las celdas en la pendiente natural del terreno, es decir, la basura se vacía en la base del talud, se extiende y apisona contra él, y se recubre diariamente con una capa de tierra de 0.10 a 0.20 m de espesor; se continúa la operación avanzando sobre el terreno, conservando una pendiente suave de unos 30 grados en el talud y de 1 a 2 grados en la superficie.



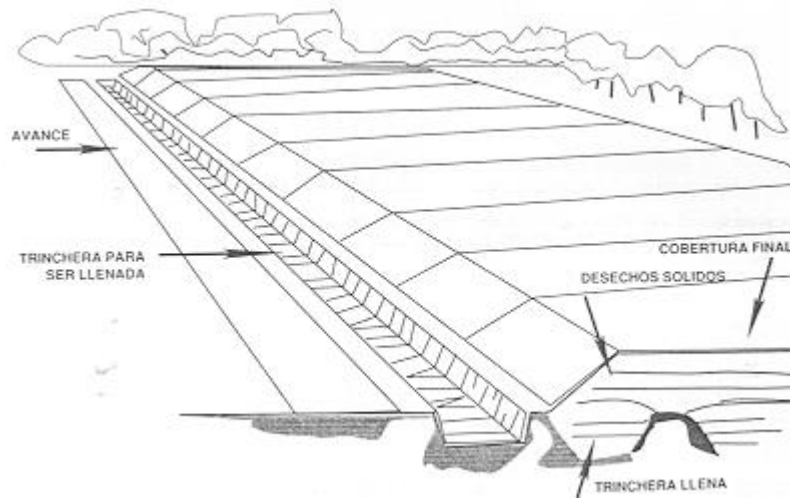
**FIGURA 5.3 Método de área para rellenar depresiones**

El primer método expuesto o método de Trincheras es más utilizado en terrenos cuya topografía es plana y el segundo o método de área se utilizará en aquellos para mejorar la topografía de depresiones naturales.

Para el caso en estudio, el terreno con el que cuenta la municipalidad de Chapeltique presenta una superficie relativamente plana, por lo cual se selecciona el Método de Trincheras o Zanjias.

## Combinación de ambos métodos

Es necesario mencionar que, dado que estos dos métodos de construcción de un Relleno Sanitario tienen técnicas similares de operación, pueden combinarse lográndose un mejor aprovechamiento del terreno del material de cobertura y rendimientos en la operación( Ver Fig 5.4).



**FIGURA 5.4** Combinación de ambos métodos para construir un relleno sanitario

### 5.3.2 Cantidad y Característica de los Desechos Sólidos

Las cantidades y características de los desechos sólidos a través del tiempo, determinan las cantidades de material de cobertura requeridas el tipo de tratamiento que debe dársele a los desechos, la cantidad de líquidos lixiviados que serán desalojados, el tamaño de las celdas diarias y la programación en cuanto a la operación del relleno sanitario.

La estimación de la cantidad de desechos sólidos que se generan en el futuro, puede estimarse en base a:

- La tasa de producción de desechos
- El número de habitantes del lugar
- Tasa de crecimiento poblacional

- Cantidad de desechos sólidos totales generados por la población

La población de la ciudad de Chapeltique produce una cantidad de desechos sólidos aproximadamente de 2.20 ton/día, este cálculo se realizó en Abril del 2003.

#### CUADRO 5.1 CANTIDAD DE DESECHOS SÓLIDOS INORGÁNICOS GENERADOS.

AÑO	POBLACION TASA = 0.19	GENERACION Kg/hab/dia	GENERACIÓN DIARIA (KG)	INORGÁNICOS DIARIO(Kg)	INORGANICOS ANUAL(Kg)
2003	3404	0.64	2178.56	622.85	227340.36
2004	3469	0.64	2220.16	634.74	231681.47
2005	3535	0.64	2262.4	646.82	236089.36
2006	3601	0.64	2304.64	658.90	240497.25
2007	3670	0.64	2348.8	671.52	245105.50
2008	3740	0.64	2393.6	684.33	249780.54
2009	3811	0.64	2439.04	697.32	254522.36
2010	3883	0.64	2485.12	710.50	259330.97
2011	3957	0.64	2532.48	724.04	264273.15
2012	4032	0.64	2580.48	737.76	269282.12
<b>TOTAL</b>					<b>2,477,903.08</b>

En el cuadro 5.1 se muestra las cantidades de desechos inorgánicos que podrían recolectarse en un periodo de 10 años para destinarlo al relleno sanitario, esto dependerá mucho de la clasificación en los hogares.

#### 5.3.3 Cobertura de celdas

El objetivo básico de la cobertura de la celda es aislar los desechos confinados del ambiente exterior, de modo de crear, en el menor tiempo posible, condiciones anaeróbicas para la estabilización microbiológica de los desechos, impedir la propagación de vectores contaminantes que pudiera producirse al estar los residuos en contacto con el medio ambiente por tiempos prolongados y a la vez impedir la infiltración del agua de precipitación que caiga sobre el relleno, la cual aumenta el volumen de lixiviados generados.

### 5.3.4 Dimensiones de la Trinchera

En base a lo expuesto en el literal 5.3.1 en el que se determinó la aplicación del método de trinchera o zanja las cuales tendrán las dimensiones siguientes: el ancho se ha definido teniendo en cuenta el frente de trabajo necesario para el funcionamiento adecuado y ejecución de maniobras de los vehículos recolectores.

El largo de las trincheras estará definido por las dimensiones del terreno, disponiéndolas de tal manera que el área de accesos sea lo más pequeña posible, con el objetivo de aprovechar al máximo el área disponible. La altura se limita a 3 m, incluidos el espesor de los residuos a disponer, ancho de 4 metros en la parte inferior y 8 mts en la parte superior de la fosa, la longitud ha sido asignada en base a las características del terreno con el objetivo de aprovechar al máximo el área existente por ello asignamos una longitud de 55 metros, con lo que se obtiene un volumen de 990.00 m<sup>3</sup> por trinchera, el volumen total de relleno sanitario será se encuentra de la siguiente forma:

$$V = \text{Volumen de cada fosa} \times \# \text{ de fosas}$$

$$V = 990 \times 15$$

$$V = 14,850 \text{ m}^3$$

#### Calculo de Vida Útil para el relleno<sup>(11)</sup>

$$\text{Vida Útil} = \frac{1.25 \times D \times V}{365 \times \text{Pob} \times \text{PPC} \times \text{Cob}}$$

Donde :

1.25 : Exigencias por material de Cobertura (Aproximadamente 25%)

D = Densidad de la basura compactada en el relleno sanitario manual

365 = Número de días por año

Pob = Población

PPC = Producción per cápita de la basura

Cob = Cobertura de población (% x 0.01)

V = Volumen del sitio

Sustituyendo datos se obtiene:

$$\text{Vida útil} = \frac{1.25 \times 600 \times 14,850}{365 \times 4032 \times 0.64 \times 0.90}$$

Vida Útil = 13.14 años.

El número de trincheras requeridas con las dimensiones propuestas para cumplir con el periodo de diseño (10 años) será de 12.00, sin embargo para aprovechar el área disponible se propone un total de 15 trincheras; Las cuales servirán de disposición final de los desechos inorgánicos recolectados en la ciudad de Chapeltique en un periodo aproximado de 13 años, superior al periodo de diseño y por lo tanto satisfactorio. La ubicación de dichas fosas puede observarse en el ANEXO 10

### **5.3.5 Sistema de captación de escorrentía superficial.**

El sistema de captación de escorrentía superficial del relleno sanitario tiene por objeto en primer lugar, reducir en lo posible la cantidad de agua que llega a las diferentes partes del mismo, en segundo lugar dar salida eficiente al agua cuyo acceso sea inevitable.

El agua se considera que llegará al relleno por precipitación directa, por lo que se considerará que dicha agua se puede captar por medio de una canaleta perimetral que se ubicara de la siguiente manera M2-M3, M2-M1, M3-M4, M4-M5. ( Ver figura 5.5)



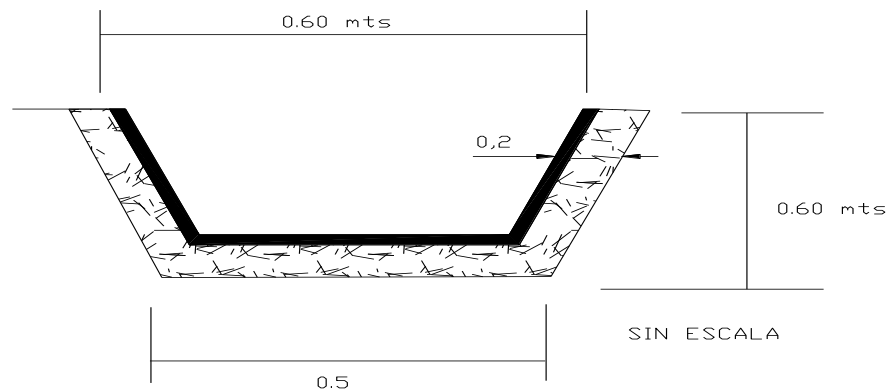


Figura 5.5 Detalle de Canaleta Perimetral de Aguas Lluvias.

### 5.3.6 Manejo de líquidos lixiviados generados

Los líquidos lixiviados generan graves problemas sino se captan en los rellenos sanitarios, por lo que aunque se cuente con canales perimetrales para interceptar y desviar las aguas de escorrentía, la lluvia que cae directamente sobre la superficie del relleno aumenta significativamente el volumen del lixiviado, por lo tanto, es de gran importancia construir sistemas de drenajes internos en el terreno que sirva como base del relleno sanitario manual, y es necesario realizar estos drenajes internos antes de colocar los desechos. Es necesario que estos drenajes de lixiviados internos estén interconectados con los drenajes verticales de gases. Para determinar la cantidad de líquidos lixiviados se considera utilizar la siguiente fórmula<sup>(9)</sup>:

$$Q = 15\% \times P \times A_{\text{relleno}}$$

En donde:

Q = Caudal medio de lixiviados (Lts/seg)

P = Precipitación media anual (mm de agua)

A = Área efectiva del relleno sanitario (m<sup>2</sup>)

$$P = 1,700 \text{ mm/año}$$

$$A = 6,480.00 \text{ m}^2$$

$$Q = (0.15 \times 1.7 \times 6,480)$$

$$Q = 1,652.40 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$Q = 4.53 \text{ m}^3/\text{día}$$

### 5.3.7 Sistema de drenajes y captación de lixiviados.

- Drenajes de lixiviados

En la sección 5.3.6 se cálculo el caudal de lixiviados en donde  $Q = 0.05$  Lts/seg. Conocido el caudal y suponiendo un drenaje en tubería a medio llenar, se procede a calcular el diámetro requerido a partir de la siguiente formula.

$$Q = (1/n) AR^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

$$A = \pi D^2/8$$

$$R = D/4 \text{ Para tubería a medio llenar}$$

De lo anterior se deduce que:

$$Qn / S^{1/2} = (\pi D^2/8)(D/4)^{2/3}$$

$$D = (6.416725216Q n / S^{1/2} )^{3/8}$$

La información a utilizar es:

$$Q = 0.00005 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$n = 0.010( \text{Tubería PVC} )$$

$$S = 0.02(2.00\%)$$

De donde:

$$D = 0.020 \text{ m}$$

$$D = 2.00 \text{ cm}$$

$$D = 0.75 \text{ "}$$

Debido a que el diámetro calculado para el drenaje de los líquidos lixiviados es pequeño y considerando la seguridad de dicho drenaje, se propone utilizar tubos de PVC de 4" para el drenaje que se colocará en cada Zanja y una tubería de 8" que será la que recolectará dicho drenaje.

- Cálculo de diámetros y separación de agujeros en tubería para drenajes de líquido lixiviados.

Trazado el sistema de drenaje de lixiviados, se calculan las áreas tributarias de cada ramal. Se estima el caudal de lixiviados para esa área.

Se asume una velocidad de 1 cm/seg como velocidad de entrada. Se calcula en base al caudal, el área de los orificios por cierta distancia de tubería.

$$A = 270 \text{ m}^2$$

$$P = 1,700 \text{ mm/año}$$

$$T = 31,536,000.00 \text{ seg/año}$$

$$K = PVD/PVRS$$

$$K = 218.40 / 450.00 = 0.48$$

$$Q = (P \times A \times K) / T$$

$$Q = (1,700 \text{ mm/año} \times 270 \text{ m}^2 \times 0.48) / 31,536,000 \text{ seg}$$

$$Q = 0.0070 \text{ lts/seg}$$

$$Q = 0.0000070 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$\text{Velocidad de entrada a los agujeros} = 1 \text{ cm/seg}$$

$$\text{Utilizando la formula de Maninng} = Q = VA, \text{ y despejando } A = Q/V$$

$$\text{Área requerida: } A = 0.0000070 \text{ m}^3/\text{seg} / 0.01 \text{ m/seg}$$

$$A = 0.00070 \text{ m}^2$$

#### PARA TUBERÍA DE 4"

$$A_{1/2"} = \pi d^2/4$$

$$A_{1/2"} = \pi (0.0127)^2/4$$

$$A_{1/2"} = 0.0001266 \text{ m}^2$$

Para la tubería de 4" se consideraran agujeros a cada 25 cm con un diámetro de 1/2". Se tienen 160 agujeros en dos filas que trabajan al 50%, entonces el área para desalojar los lixiviados de la zona aportado por los agujeros será:

$$\text{Atrabajo } \frac{1}{2}'' = 160(0.0001266) \times 0.50$$

$$\text{Atrabajo } \frac{1}{2}'' = 160(0.0001266)0.50$$

$$\text{Atrabajo } \frac{1}{2}'' = 0.01013 \text{ m}^2 > 0.00070 \text{ m}^2 \text{ "OK"}$$

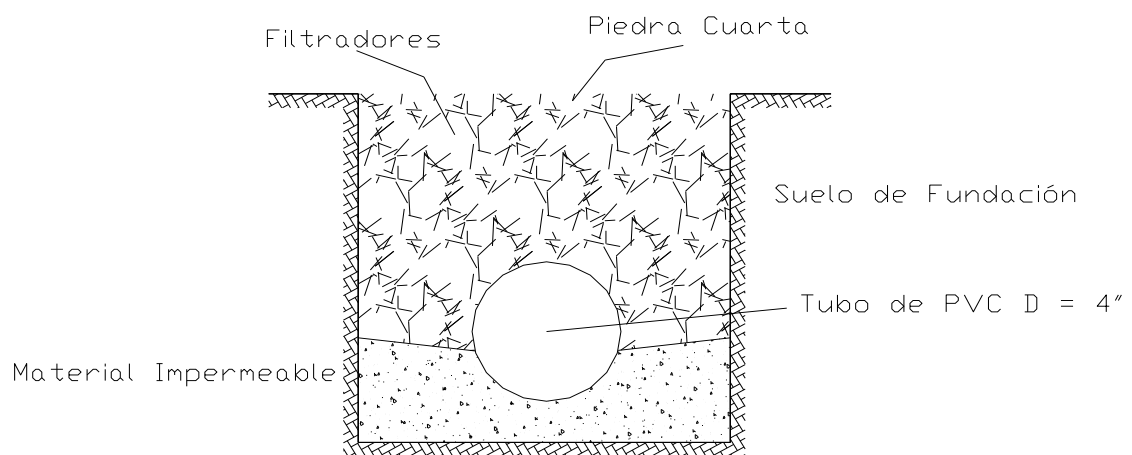


Fig. 5.6 Detalle de Tubería y Cajas de Conexión Para Evacuación de Lixiviados

- **Piscina de evaporación**

En base al caudal de lixiviados puede estimarse el volumen diario de lixiviados de la siguiente manera:

$$\text{Volumen diario de lixiviado} = 0.00005 \text{ m}^3/\text{seg} \times 86,400 \text{ seg}/\text{dia} = 4.32 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$\text{Periodo de retención } (\Phi_r)^{15} = V/Q$$

Donde:

<sup>15</sup> Manual de Diseño, Operación y Mantenimiento para lagunas de estabilización en Honduras pag. 28.

$\Phi_f$  = Periodo de Retención

V = Volumen de Piscinas

Q = Caudal Medio de Lixiviados

Para un periodo de retención de tres meses  $\Phi_f = 90.00$  Días.

Entonces  $V = \Phi_f \times Q$

$V = 90.00 \text{ días} \times 4.32 \text{ m}^3/\text{día}$

$V = 388.80 \text{ m}^3$

Utilizando un tirante máximo de 2.00 m. Se calcula el área requerida de la siguiente forma:

Área total de piscina de evaporación = volumen total de lixiviados / tirante máximo.

Área total de piscina de evaporación =  $388.80 \text{ m}^3 / 2.00 = 194.40 \text{ m}^2$

Por lo que se construirán dos piscinas de evaporación de las siguientes dimensiones: 17 x 6 m con lo que se obtiene un volumen de 204.00 m<sup>3</sup> para cada piscina y 408.00 m<sup>3</sup> para ambas (Ver Figura 5.7).

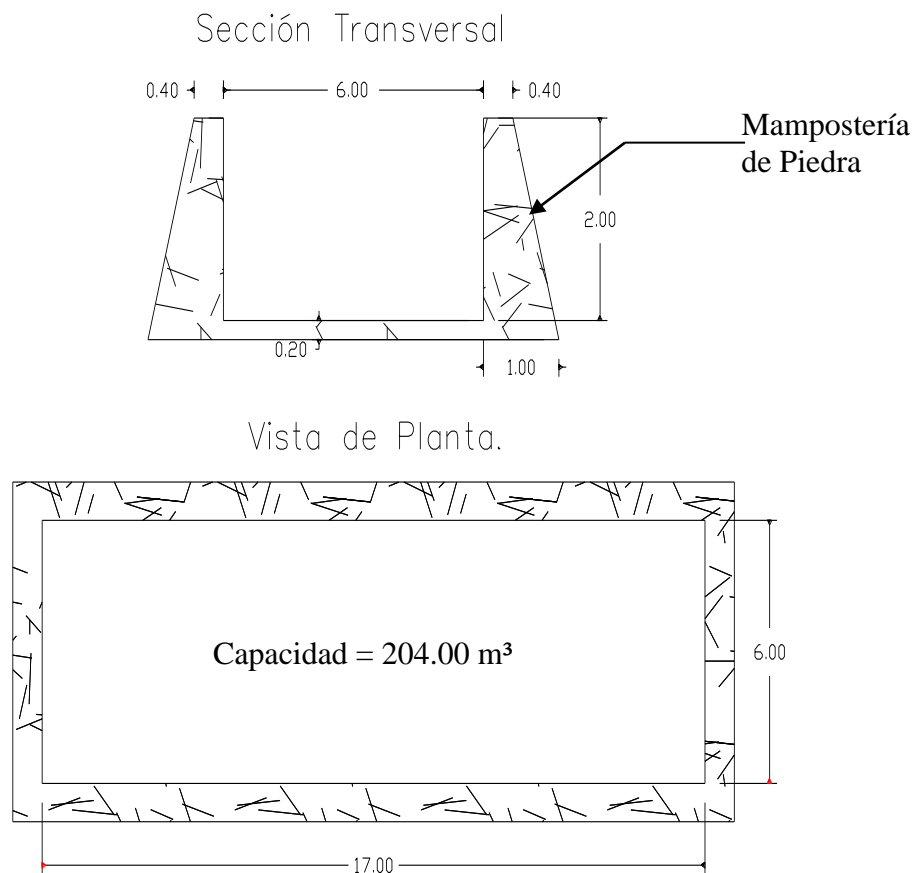


Figura 5.7 Detalle de Piscina de Evaporación.

### 5.3.8 Manejo de Gases Generados

La evacuación de gases se realiza por medio de chimeneas, consistentes en estructuras de telas de gallinero, rellena de piedra apoyadas en costanera de pino y cuya sección es de 30 x 30 cms. Cuya separación máxima es de 50 mts y que se encuentra interconectada.( Ver Figura 5.8)

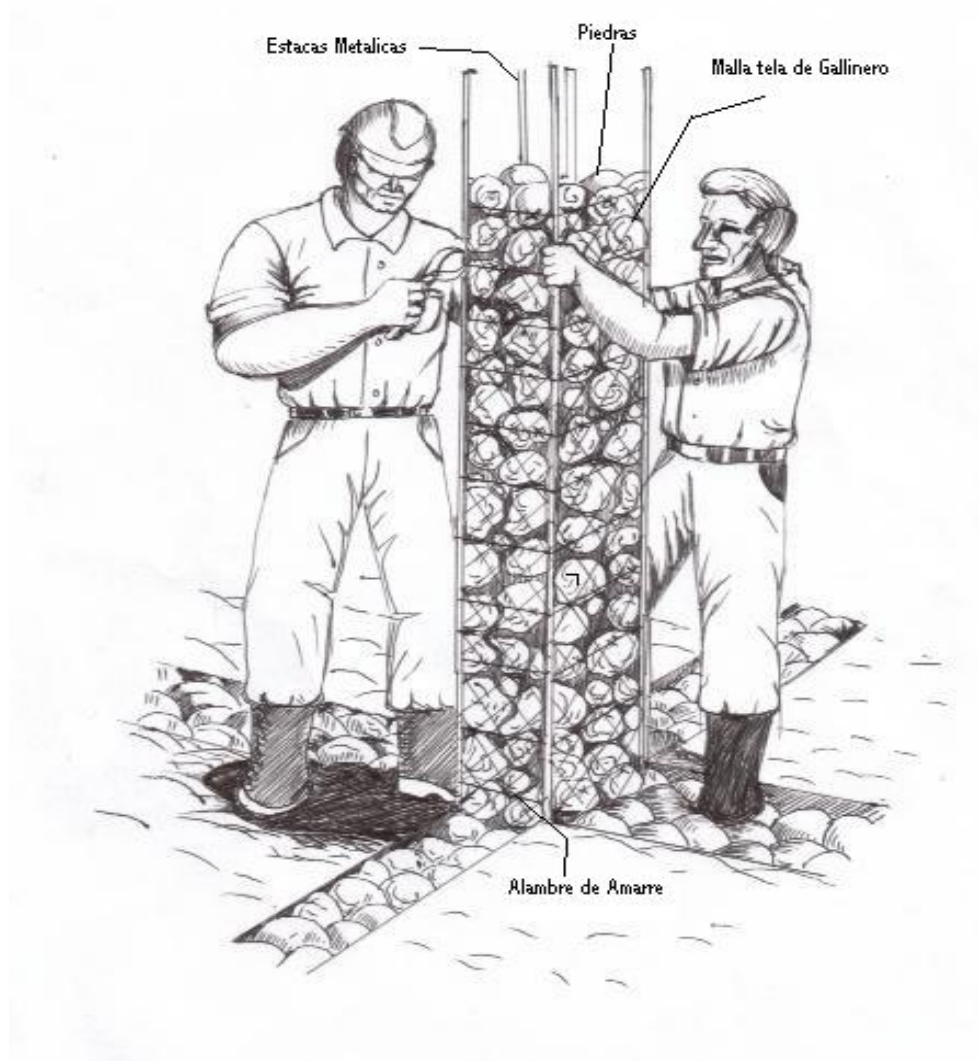


Figura 5.8 Construcción de Filtro de Gases.

### 5.3.9 Obras complementarias.

- **Cerco perimetral**

El cerco perimetral (Ver Anexo 11) que limita el terreno en el que estará operando el relleno sanitario consiste en cerco de malla ciclón soldada a postes de concreto (Ver Figura 5.9), con una separación de 2.50 mts entre cada poste y un portón construido con estructura metálica, forrado con un tramo de lámina de hierro y malla ciclón ( Ver Figura 5.10), este tipo de cerco se utilizará en el tramo inmediato a la calle de acceso principal y ubicado entre el M1 a M7, con una longitud de 57.23 ml, el resto del terreno será cercado con alambre de púas y postes de concreto, separados a cada 2.50 mts.

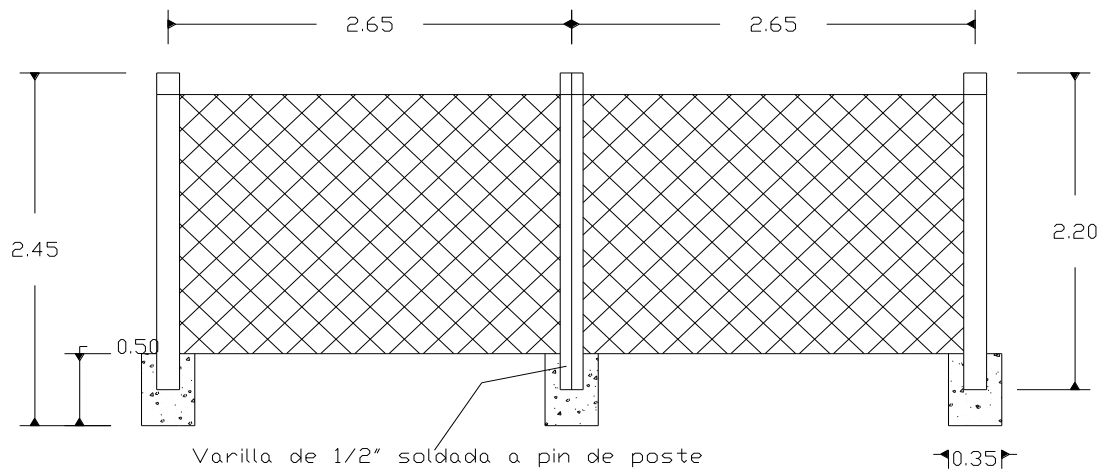


Figura 5.9 Detalle de Cerca Perimetral

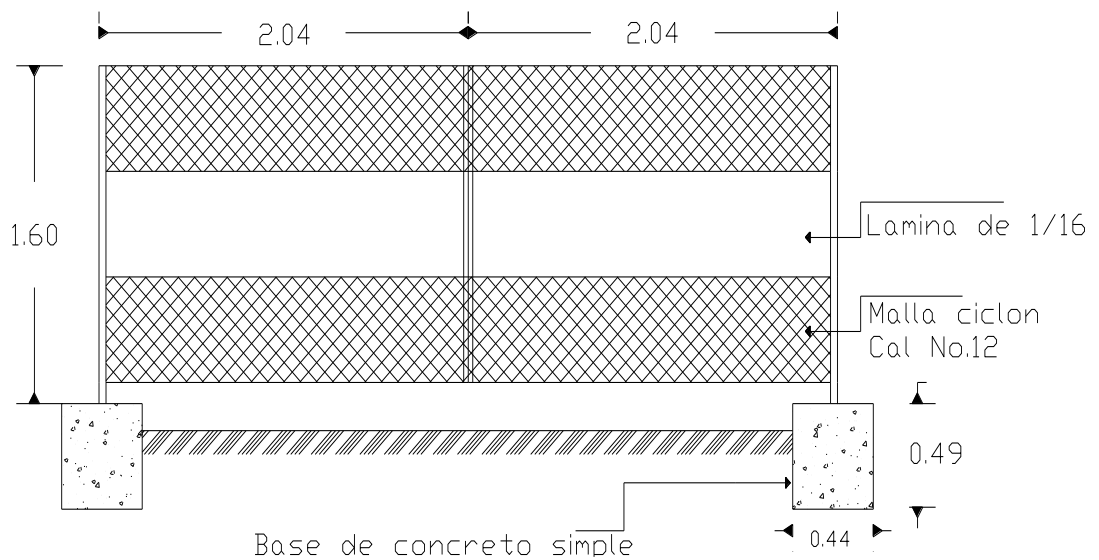


Figura 5.10 Detalle de Portón de Acceso

- **Caseta de control**

La caseta de control (Ver Anexo 12) consta de un espacio físico como bodega de herramientas, y a su alrededor posee un corredor techado que servirá como área de descanso, comedor.

- **Rótulo**

En la entrada del proyecto se considerará colocar un cartel que identifique ante los habitantes de Chapeltique, y que le de un carácter de responsabilidad de la municipalidad, al estar llevando a cabo dicho proyecto.

## 5.4 OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO MANUAL

El diseño del relleno sanitario no es suficiente si en el momento de construirlos las operaciones de este, no se sujetan en forma adecuada. La duración en la construcción de un Relleno Sanitario Manual es el principal factor por lo que se debe prestar la atención debida a las actividades de operación.



### 5.4.1 Control de Operaciones

Las actividades u operaciones básicas recomendadas a controlar son las siguientes (Ver Figura 5.11):

- **Depositar:** Consiste en colocar los residuos sólidos de una manera planeada y controlada, en el frente de trabajo designado.
- **Acomodar:** Es el trabajo de adecuar los residuos sólidos sobre la celda correspondiente, en capas de 20cm, de espesor.
- **Compactar:** los residuos sólidos son comprimidos por medio de equipo manual pasando sobre ellos de 2 a 4 veces. Esta operación se hará siempre hacia arriba. De este factor depende en buena parte el éxito del trabajo diario, alcanzando a largo plazo una mayor densidad y vida útil del sitio. Una regla sencilla indica que, alcanzar una mayor densidad, resulta mucho mejor desde el punto de vista económico y ambiental.
- **Cubrir:** la cubierta será a base de una capa de tierra compactada de espesor entre 15 y 30 cms. Cubrirá los residuos sólidos depositados en un día. Este material se compactará de la misma forma que los residuos sólidos hasta obtener la compactación deseada.

El cubrimiento diario de los desechos sólidos con tierra es de vital importancia para el éxito del relleno sanitario, debido a que cumple las siguientes funciones:

- Prevenir la presencia y proliferación de moscas y gallinazos.
- Impedir la entrada y proliferación de roedores.
- Evitar incendios y presencia de humos
- Minimizar los malos olores
- Disminuir la entrada del agua de lluvias a la basura

- Orientar los gases hacia las chimeneas para evacuarlos del relleno sanitario.
- Dar una apariencia estética aceptable al relleno sanitario.
- Servir como base para las vías de acceso internas.
- Permitir el crecimiento de vegetación

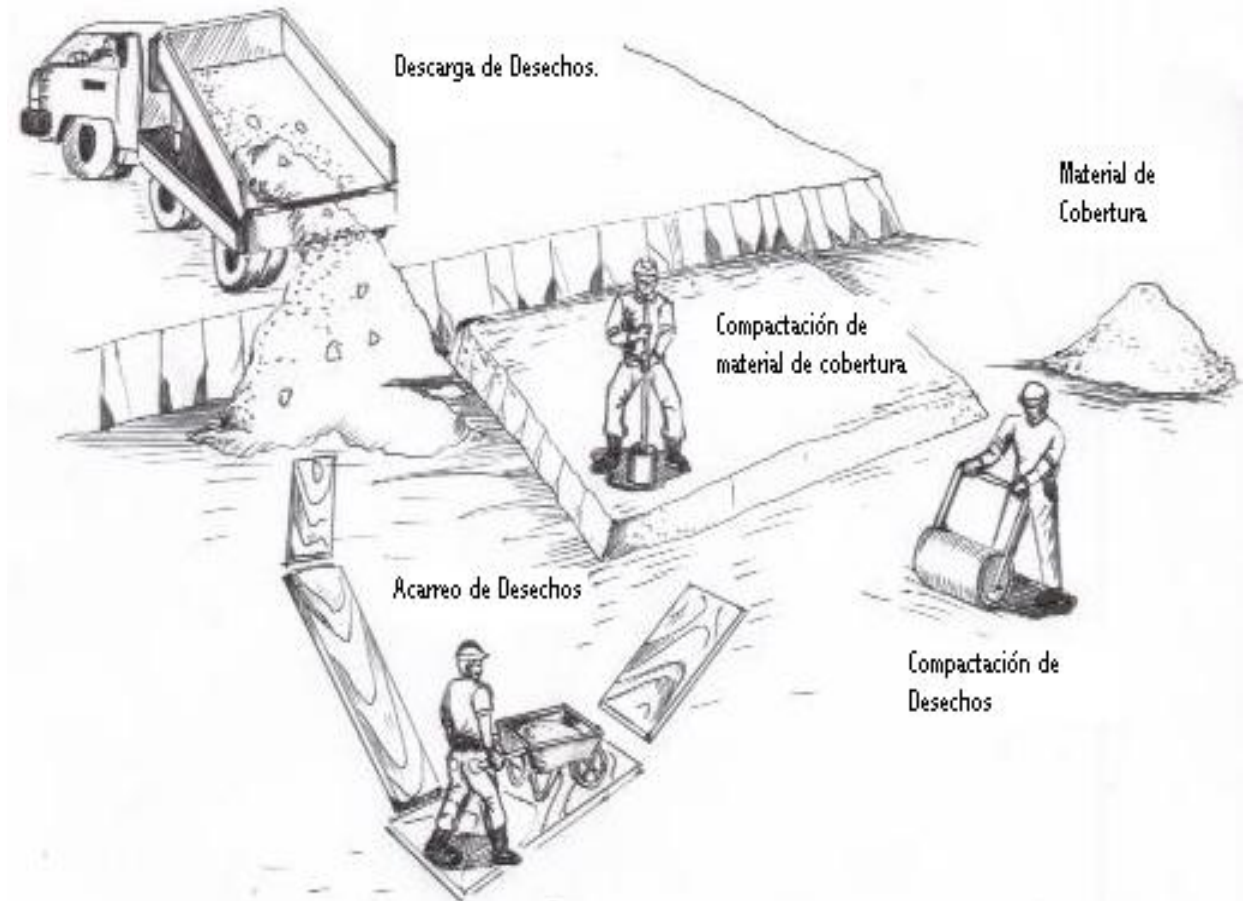


Figura 5.11 Actividades básicas del relleno sanitario.

#### 5.4.2 Mano de Obra

En el Relleno Sanitario Manual, como su nombre lo indica, todas las actividades están basadas en el trabajo desarrollado por obreros del Municipio o comunidad. El número de trabajadores dependerá de la cantidad de desechos sólidos a enterrar, de las condiciones del clima y del método de construcción del relleno, entre otros.

#### 5.4.3 Herramientas

Para la operación del Relleno Sanitario Manual, el equipo necesario se reduce al empleo de herramientas o utensilios de albañilería, tales como: carretillas de llantas neumáticas, palas, picos, azadones, barras, pisones de madera, así como rastrillos y un rodillo compactador.

Para el acarreo de material de cobertura o basura, se recomienda que sobre las celdas ya construidas se coloque en la superficie del relleno unos tabloncillos de forma lineal para facilitar el desplazamiento de las carretillas, sobre todo en épocas de lluvia, mejorando así los rendimientos en la operación.

La cantidad de herramientas está en función del número de trabajadores y estos como ya se mencionó está en función de la cantidad de desechos a disponer en el relleno.



Figura 5.12 Herramientas Utilizadas para el Manejo de los Desechos Sólidos  
**5.4.4 Construcción del Relleno Sanitario Manual**

Para llevar a cabo la construcción del Relleno Sanitario Manual es necesario realizar las siguientes actividades:

- **Desmante.**

Según las condiciones, estas operaciones incluyen la eliminación de monte bajo, como arbustos y pequeños árboles, la eliminación del monte mediano y alto, como árboles grandes, la extracción de troncos y raíces, y el amontonamiento de la masa vegetación para su quema, o enterramiento, es recomendado hacer el desmante por etapas.

- **Construcción de Drenajes**

La construcción de drenajes para lixiviados y para gases debe llevarse a cabo siguiendo las recomendaciones del diseño, planos y por etapas señaladas en los mismos, en el caso de que sea necesario realizar cambios en las etapas en desarrollo de estos deberá ser autorizado por la persona encargada de la planta.

#### **5.4.5 Operación del Relleno Sanitario tipo Trinchera**

- **Operación:**

- Se excava una zanja con ayuda de retroexcavadora, en posición normal a los vientos, en forma rectangular.
- La trinchera deberá ser comenzada en la parte más alta y progresivamente extendida a las partes más bajas. Esto permitirá el escurrimiento del agua hacia fuera del área de operación, para esto se abre un extremo de zanjo.
- Se vacía la basura en el fondo de la zanja, para empezar a esparcir y compactar por capas.

- Recubrimiento diario de capas de 15 cms, inclinadas según la pendiente de drenaje (2.00 %).
- Recubrimiento superior de 0.60 mts.

Para obtener el material de cobertura para el recubrimiento se puede realizar la siguiente operación: excavar una zanja en segmentos paralelos a la primera y usar el material excavado para cubrir la primera zanja.

- **Funciones del Material de Cobertura:**

- Evitar diseminación de residuos sólidos por efectos del viento.
- Controlar malos olores.
- Evitar la invasión al relleno de fauna nociva.
- Disminuir riesgos de incendio.
- Estabilizar el relleno para que sea más transitable.
- Se debe adiestrar y concienciar a todos los trabajadores del servicio de aseo que están relacionados directamente con el relleno, no solamente los que tengan que ver con las actividades de construcción, operación y mantenimiento, sino también todo trabajador que este involucrado en cualquier etapa del manejo de las basuras y hacer énfasis en la importancia de cada actividad para lograr un buen trabajo y éxito del relleno.

- **Residuos por Disponer:**

El relleno sanitario recibirá los residuos sólidos inorgánicos generados por la comunidad y recolectados por el sistema de recolección de la municipalidad.

- **Drenajes**

- Captador de líquidos percolador: Debido a que el sistema de captación se localizará en la base del relleno, se deberá proteger para evitar rupturas y hundimientos.

- Desviación de aguas pluviales: se debe evitar al máximo el escurrimiento de aguas en la superficie del relleno, ya que esto incrementa la percolación y además dificulta el movimiento de vehículos, se debe conservar limpias y en buen estado tanto la canaleta perimetral como los drenajes internos del relleno.
  
- La piscina de evaporación de lixiviados: deberá mantenerse libre de basuras en su interior y periódicamente deberá revisarse para evitar cualquier falla y proceder a la reparación.
  
- Captación y Conducción de las Aguas Superficiales: los canales de conducción de aguas pluviales deberán estar siempre libres de rocas, arena o residuos, para evitar su asolvamiento. Se tendrán canales fijos y provisionales dependiendo del programa de construcción del relleno. Las canaletas perimetrales en las que se evacuarán las aguas lluvias deberán inspeccionarse para detectar cualquier deterioro y repararlo.

- **Recepción:**

El horario de operación del Relleno Sanitario se establecerá de acuerdo con el horario del sistema de recolección de los residuos sólidos. El horario debe colocarse en la entrada del relleno.

La localización de las celdas del relleno deberán estacarse para identificar los límites de las mismas. La elevación del nivel de los residuos y de la altura del material descubierto deberá darse también sobre el estacado.

- **Vigilancia:**

- Se vigilará al máximo la entrada exclusiva de residuos sólidos municipales al relleno sanitario.

- Se vigilará la entrada a todas las personas que estén involucradas en el relleno sanitario.

- **Cercas:**

Para controlar los materiales susceptibles a ser arrastrados por el viento, deberán colocarse en forma transversal al viento cercas móviles construidas de malla de gallinero de tres metros de altura por seis metros de largo. Los materiales arrastrados por el viento serán retenidos en estas mallas. Así también se deberá colocar una cerca perimetral en todo el terreno para proteger al relleno contra la invasión de animales y a la vez servirá como control.

- **Pasos para la construcción de las celdas**

- Para la construcción en la primera celda se deberá demarcar el área que ocupará esta, la demarcación o trazo se hará en base a las dimensiones que sean necesarias para la disposición del total de basura recolectada en la jornada de trabajo, esta actividad dará una clara idea de la conformación de la celda siguiente.
- Descargar la basura en el frente de trabajo a fin de mantener una sola y estrecha área descubierta durante la jornada y evitar el acarreo de larga distancia.
- Esparcir la basura en capas delgadas de espesor de 0.20 a 0.30 mts, y compactar hasta alcanzar la altura recomendada para la celda.
- Cubrir los desechos compactados, con material de cobertura (tierra), al fin de la jornada de trabajo, se debe cubrir la última capa de basura compactada con dos capas de tierra de 15 cm cada una, la que evitará la proliferación de roedores, cucarachas y la presencia de aves de rapiña u otros animales que carguen el relleno.

- **Operación en Épocas de Lluvias.**

El relleno sanitario contará con una zona de emergencia para la disposición de los residuos sólidos en época de lluvias. Debido a los problemas que se presentan en épocas de lluvias es necesario tomar las siguientes medidas preventivas:

- Determinar lugares específicos los cuales sean los menos afectados por las lluvias, sin problemas de accesos y que se pueda operar en estos lugares en las peores condiciones. En las épocas de lluvias por uno o varios días de la semana reforzar la mano de obra, con una cuadrilla de dos trabajadores más, para que las actividades más afectadas sean reforzadas, para mantener el relleno en buenas condiciones mientras subsistan los factores adversos.
- La extracción y el acarreo del material de cobertura efectuarlos en épocas o días secos y en la suficiente cantidad para cubrir las necesidades del relleno y hacer el acopio de este en lugares adecuados y cubrirlos con plástico.
- En la época lluviosa o en días lluviosos cubrir las celdas en las que se trabajara el día siguiente o en las que se este trabajando, cubrirlas con plástico, para impedir en lo posible el paso de la lluvia a través de las basuras, tratar que el avance del relleno sea en altura mas que en extensión, además en estas épocas se deberá contar con lonas, plástico, grava o residuos provenientes de barrido de calles para cubrir los residuos sólidos orgánicos y evitar la dispersión y arrastre de los mismos y que ocasionen daños a la ecología y la salud publica.

- **Seguridad de trabajo**

Los trabajos que se realizan en las actividades de recolección, transporte y disposición final, se ven continuamente sometidos a diario a sufrir accidentes en



la vía pública y a padecer o contraer enfermedades infecto- contagiosas debido al manejo de los desechos potencialmente contaminados, lo anterior puede ser causa tanto por negligencia del trabajador como por condiciones de poca o ninguna seguridad de trabajo (Ver Figura 5.13).



Figura 5.13 Equipo de Seguridad para el Personal.

## 5.5 MANTENIMIENTO

Para una exitosa operación del sistema sanitario desarrollado, es necesario darle mantenimiento. A continuación se presentan algunos aspectos básicos a considerar:

- **Vectores y Animales.**

Los desechos de las comidas constituyen una atracción para roedores e insectos, sobre todo para las moscas.

Es bien sabido que las ratas y las moscas son agentes transmisores de organismos patógenos causantes de enfermedades.

Las medidas de control consisten en evitar que los vectores tengan acceso a lugares donde exista basura que les sirvan de alimentación, de ahí, que la mejor forma de minimizar la acción de roedores, moscas y gallinazos es cubriendo diariamente los desechos con la tierra, el control de moscas no puede ni debe hacerse con insecticidas, su empleo no solo origina la contaminación del ambiente, sino que también desarrolla en las moscas la resistencia a los insecticidas. Por lo tanto, el cubrimiento de tierra debe ser el método principal.

Sin embargo, se puede fumigar el área del relleno con una debida periodicidad y precaución de cada caso.

- **Control de Incendios**

En el área del relleno sanitario se debe evitar la quema de papel, cartón, plásticos, etc para no correr el riesgo de propiciar un incendio dado que la descomposición de la basura produce metano que es un gas combustible; además, deteriora su aspecto asemejándolo a un botadero a cielo abierto.

- **Material Disperso**

Es importante mantener limpias las áreas adyacentes al frente de trabajo diarios, puesto que en ocasiones, cuando se dejan acumular los papeles volantes arrastrados por el viento, se brinda un mal aspecto a la apariencia estética del relleno. Se aconseja que uno de los trabajadores, utilizando un saco o costal

escoja todos estos de materiales dispersos al resto de la jornada diaria, y los deposite en el sitio donde se construya la celda.

- **Accesos**

Las vías de accesos, frente de trabajo, redes de drenaje pluvial y la superficie terminada del relleno sanitario, deben mantenerse en buenas condiciones operativas.

- **Control de Aguas Superficiales**

Se debe conservar en buen estado el drenaje pluvial periférico (Canal en tierra, Cunetas) y la superficie del relleno sanitario, para evitar desbordamiento de las aguas hacia estanques y corrientes de aguas naturales.

- **Personal Requerido**

Según experiencias realizadas en rellenos sanitarios manuales se tiene que el personal necesario para una producción de desechos sólidos pequeña como la de la ciudad de Chapeltique será suficiente 2 hombres para el correcto funcionamiento.

## **5.6 PLAN DE CIERRE:**

Una vez finalizada la operación del relleno sanitario se dará comienzo a un proceso denominado plan de cierre, en el cual se lleva a cabo el proceso de abandono y recuperación del terreno.

La ejecución de este plan esta condicionado por una serie de aspectos, entre los que figuran:

### **5.6.1 Plan de Abandono**

Debe efectuarse una programación de la finalización de recepción de los residuos en el relleno. El cambio del sitio de disposición final implica establecer nuevos ruteos y probablemente modificar las frecuencias de recolección o adecuación de la flota de los transportistas a las nuevas condiciones lo cual requiere de efectuar la planificación adecuadamente para mantener la continuidad y calidad de servicio.

### **5.6.2 Diseño de la Cobertura Final**

En la etapa previa al funcionamiento del relleno se impermeabiliza el fondo y las paredes para limitar el movimiento de biogás y lixiviados. En la etapa de cierre este sello se amplía para abarcar la superficie del relleno, de modo de poder efectuar las actividades de recuperación paisajística sin riesgo para las especies que se plantarán posteriormente o para las personas que han uso del terreno.

### **5.6.3 Plan de Monitoreo Ambiental**

La actividad microbiológica al interior del relleno sanitario continúa por un largo período posterior a la fecha de cierre, por lo cual el control de los subproductos (biogás y lixiviados) debe prolongarse aún después de que el relleno sanitario ya no está recibiendo residuos. Este control se materializa en el monitoreo del perímetro del relleno para detectar potenciales migraciones de biogás y en el monitoreo de aguas profundas y superficiales para detectar potencial contaminación con lixiviado.

### **5.6.4 Plan de Recuperación**

Cuando ya se haya concluido con todas las operaciones del relleno sanitario, y el terreno presente el grado de consolidación necesario, producto de la degradación de la materia orgánica, lo que puede establecerse a partir de levantamientos topográficos elaborados periódicamente, los cuales indican el

momento en que el proceso de asentamiento del terreno esta prácticamente acabado.

El uso del suelo en el que esta emplazado el relleno sanitario dependerá de la normativa local y de lo establecido en los planos reguladores locales, generalmente este tipo de terrenos son destinados a la siembra de árboles, áreas verdes y parques para recreación.

**CAPITULO VI**

**“COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN Y  
OPERACIÓN DEL TRATAMIENTO Y  
DISPOSICIÓN FINAL DE LOS  
DESECHOS SÓLIDOS”**

## **CAPITULO VI**

### **6.1. GENERALIDADES**

El presente capítulo contiene un cálculo de la inversión que debe realizarse para implementar un sistema de recolección, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos del municipio de Chapeltique.

Los costos analizados se han dividido en dos tipos: costos de mantenimiento y operación y Costos de la Obra Física: entre los costos de mantenimiento y operación podemos mencionar los siguientes: herramientas, Costos de transporte, salarios de Personal, Etc. entre los Costos de la obra física se incluyen: costos de construcción de zanjas, construcción de bodega oficina, pozo, drenaje de lixiviados, piscina de recolección, obras de drenaje superficial etc.

El pago que los habitantes harán por estos servicios se calculo en base a los costos de mantenimiento y operación, ya que los costos de la construcción de la obra física serán absorbidos por los fondos destinados al desarrollo local.

### **6.2 COSTOS SALARIALES PARA LA RECOLECCIÓN, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS.**

El personal propuesto para el funcionamiento de este proyecto es de 9 personas distribuidas de la siguiente forma 3 auxiliares y un Motorista para la etapa de recolección y 1 jefe de planta, 1 Vigilante y 3 auxiliares para la operación del las Composteras y el Relleno Sanitario.

#### **6.2.1 Costo Salarial Para la Recolección**

El personal necesario para la recolección de los desechos sólidos será el que se determinó en la sección 4.3.2 el costo se presenta en el cuadro 6.1

## CUADRO 6.1 SALARIOS DE PERSONAL A CONTRATAR

<b>Personal</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Salario Mensual</b>	<b>Costo Total \$</b>
Motorista	1	\$ 350.00	\$ 350.00
Auxiliares	3	\$ 200.00	\$ 600.00
Total Mensual			\$ 950.00

### 6.2.2 Costo Salariales Necesarios Para el Manejo de la Planta de Compostaje.

La necesidad de personal en una planta de compostaje es proporcional al incremento de la recepción de los desechos sólidos. Entre el personal a utilizar se tienen:

Jefe de planta.....1  
Auxiliares.....3

#### **FUNCIONES:**

##### **Jefe de planta:**

Es el encargado del buen funcionamiento de la unidad de compostaje, supervisará todas las operaciones que se realicen dentro de ellas e identificará necesidades. Este deberá ser contratado al momento de iniciar operaciones en las composteras.



### Auxiliares:

Las funciones de los auxiliares serán asignadas y distribuidas por el jefe de la planta, el cual los empleará de la forma adecuada. Los auxiliares realizarán las actividades siguientes:

- Triturado de desechos
- Preparación de pilas
- Volteo
- Almacenamiento del compost terminado

Para el cálculo de personal y cantidad de horas a laborar por actividad, se utilizan los rendimientos para encontrar los tiempos requeridos de la siguiente forma:

CUADRO 6.2 RENDIMIENTOS PARA OPERAR PILAS COMPOSTERAS<sup>16</sup>

ACTIVIDAD	RENDIMIENTO	CANTIDAD	TIEMPO
Triturado de Desechos	0.26 t/h-h	1.55 t	6.0 horas
Preparación de pilas	0.95 t/h-h	1.55 t	2.0 horas
Volteo	0.57 t/h-h	1.55 t	3.0 horas
Almacenamiento del compost	0.95 t/h-h	1.00 t	1.0 horas
Total Horas Diarias			12.0 horas

Del cuadro anterior se observa que se requieren 12.0 horas diarias para realizar las operaciones de la planta de compostaje, por lo que se distribuirá en un total de 3 auxiliares absorbiendo aproximadamente 4.00 horas para cada uno; para completar la jornada diaria será el mismo personal que se utilizará para las labores en el relleno sanitario manual.

<sup>16</sup> Manual de tecnología Apropriada para el Manejo de Residuos Sólidos

A continuación se presenta un resumen de las horas que deberán laborar los empleados diariamente para el manejo de las pilas composteras.

CUADRO 6.3 HORAS A LABORAR DIARIAMENTE PARA MANEJO DE PILAS

PERSONAL	CANTIDAD	HORAS LABORALES
Jefe de Planta	1	4
Auxiliares	3	4
Horas a laborar por empleado		4

### 6.2.3 Costos Salariales Para la Disposición Final de los Desechos Sólidos.

#### Personal Necesario

La necesidad de personal en una planta de disposición final será proporcional a medida se aumenta la recepción de los Desechos Sólidos inorgánicos.

**Jefe de planta:** Es el encargado del buen funcionamiento del Relleno Sanitario Manual, supervisará todas las operaciones que se realicen dentro de ellas e identificará necesidades. Este deberá ser contratado al momento de iniciar operaciones.

**Auxiliares:** Las funciones de los auxiliares serán asignadas y distribuidas por el jefe de la planta, el cual los empleará de la forma adecuada. Los auxiliares realizarán las actividades siguiente:

- Movimiento de tierra
- Movimiento de desechos sólidos
- Compactación de celdas

**Vigilante:** Persona encargada del cuidado de las instalaciones y el equipo especial utilizado en la planta.

## Cantidades de Obras a Realizar Diariamente en el Relleno Sanitario Manual.

Para realizar el cálculo de salarios en los que se incurrirá para la disposición final de los desechos inorgánicos se hace necesario conocer valores tales como:

$$\begin{aligned} \text{Desechos inorgánicos diarios} &= 737.76 \text{ kg/día} = 0.74 \text{ ton/día} \\ \text{Material de Cobertura}^{(11)} &= 0.74 \times 0.25 \\ &= 0.19 \text{ Ton} \\ \text{Volumen de Celda Diaria} &= \text{Peso/Peso Volumétrico} \\ &= 737.76/450 = 1.64 \text{ M}^3 \\ \text{Area de Celda} &= \text{Volumen / Espesor} \\ &= 1.64 / 0.20 \\ &= 8.20 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

El cálculo de la cantidad de horas que laborará cada empleado se calcula en base a rendimientos y puede observarse en el siguiente cuadro.

CUADRO 6.4 RENDIMIENTOS PARA OPERAR EN EL RELLENO SANITARIO<sup>17</sup>

ACTIVIDAD	RENDIMIENTO	CANTIDAD	TIEMPO
Material de cobertura	0.050 t/h-h	0.19 ton	4.0 horas
Movimiento de desechos	0.95 t/h-h	0.74 ton	1.0 horas
Compactación de celdas	10m <sup>2</sup> /h-h	8.20 m <sup>2</sup>	1.0 horas
<b>TOTAL DIARIO</b>			6.0 horas

Del cuadro anterior se observa que se requiere 2 horas por auxiliar para la operación del relleno sanitario manual.

<sup>17</sup> Manual de tecnología Apropiada para el Manejo de Residuos Sólidos.

CUADRO 6.5 HORAS A LABORAR DIARIAMENTE PARA RELLENO SANITARIO

<b>PERSONAL</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>HORAS LABORALES</b>
Jefe de Planta	1	2
Auxiliares	3	2

A continuación se realiza un resumen de los costos por etapa del sistema de manejo y disposición final de los desechos Sólidos

6.6 CUADRO RESUMEN DE COSTOS SALARIALES.

Etapa	Cantidad	H. Laborar Por Personal
<b>Manejo de Desechos Sólidos</b>		
Jefe de planta	1	4.0
Auxiliares	3	4.0
<b>Disposición Final</b>		
Jefe de planta	1	2.0
Auxiliares	3	2.0
<b>Total Diario</b>		<b>6.00</b>

Del cuadro anterior se observa que el total de horas a emplear para relleno sanitario y manejo de desechos es de 6.00 Horas por tanto se empleará el restante de la jornada diaria para realizar mantenimiento de la planta.

CUADRO 6.7 SALARIOS MENSUALES PARA MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE D.S

<b>PERSONAL</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>SALARIO MENSUAL</b>	<b>TOTAL</b>
Jefe de Planta	1	\$ 450.00	\$450.00
Vigilante	1	\$ 200.00	\$200.00
Auxiliares	3	\$200.00	\$600.00
<b>TOTAL MENSUAL</b>			<b>\$1,250.00</b>

En el cuadro anterior se visualiza el personal con su respectivo salario mensual y la fracción de jornada a laborar en el área de manejo de Desechos Sólidos obteniendo un valor mensual de \$ 1,250.00.

### **6.3 Equipo Utilizado para el sistema de Recolección, Tratamiento y Disposición Final de los Desechos.**

#### **6.3.1 Equipo Necesario Para La Recolección**

Para el cálculo del costo del equipo de recolección se toma en cuenta solamente el costo de mantenimiento de la unidad existente por viaje, además el costo de los implementos de trabajo de los auxiliares ( uniformes, botas de hule, guantes)

CUADRO 6.8. EQUIPO DE RECOLECCION E IMPLEMENTOS DE TRABAJO

<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>P. UNIT</b>	<b>TOTAL</b>
Uniformes	3	c/u	\$ 35.50	\$ 106.50
Guantes de cuero manga corta	3	pares	\$ 2.00	\$ 6.00
Botas de hule	3	pares	\$ 11.43	\$ 34.29
Costo Unidad Recolectora	45.00	Costo/hor	\$ 10.48	\$ 471.60
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 618.39</b>

### 6.3.2 Equipo Necesario para el manejo de los Desechos Sólidos

#### 6.3.2.1 Herramientas Básicas para el tratamiento de los Desechos

A continuación se presentan los costos de las herramientas básicas a ser utilizadas para el tratamiento de los desechos sólidos.

CUADRO 6.9 HERRAMIENTAS BASICAS PARA EL TRATAMIENTO DE D.S

HERRAMIENTA	CANTIDAD	UNIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
Carreta Rueda de Hule	2	C/U	\$ 25.00	\$ 50.00
Pala Cuadrada	3	C/U	\$ 4.00	\$ 12.00
Azadones tipo Rastrillo	3	C/U	\$ 3.00	\$ 9.00
Rastrillo	3	C/U	\$ 2.00	\$ 6.00
Plástico	25	Yarda	\$ 1.0	\$ 25.00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 102.00</b>

#### 6.3.2.2 Equipo Básico de Seguridad Ocupacional para el manejo de los Desechos Sólidos

Es importante que el personal que manipula los desechos orgánicos, se protejan como mínimo con su respectiva mascarilla especial para vapores orgánicos y sus guantes de cuero. A continuación se muestra los costos del equipo básico de seguridad Ocupacional

CUADRO 6.10 EQUIPO BASICO DE SEGURIDAD PARA EL TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P. UNIT	TOTAL
Mascarillas para vapor orgánico	3	c/u	\$ 2.50	\$ 7.50
Guantes de cuero manga corta	3	pares	\$ 2.00	\$ 6.00
Botas de hule	3	pares	\$ 11.43	\$ 34.29
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 47.79</b>

### 6.3.3 Equipo Necesario Para la Disposición Final de los Desechos

#### 6.3.3.1 Herramientas Básicas

A continuación se presentan los costos de las herramientas básicas a ser utilizadas para el tratamiento de los desechos sólidos.

CUADRO 6.11 HERRAMIENTAS BASICAS PARA RELLENO SANITARIO

HERRAMIENTA	CANTIDAD	UNIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
Carreta Rueda de Hule	2	C/U	\$ 25.00	\$ 50.00
Pala Cuadrada	2	C/U	\$ 4.00	\$ 8.00
Azadones tipo Rastrillo	2	C/U	\$ 3.00	\$ 6.00
Rastrillo	2	C/U	\$ 2.00	\$4.00
Pisones	2	C/U	\$ 3.00	\$ 6.00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 74.00</b>

CUADRO 6.12 RESUMEN DE COSTOS PARA LA RECOLECCIÓN, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS.

ETAPA	COSTO MENSUAL	COSTO ANUAL
<b>RECOLECCIÓN</b>		
Personal Necesario	\$ 950.00	\$ 11,400.00
Equipo de Recolección	\$ 618.39	\$ 7,420.68
<b>Sub-Total</b>	<b>\$ 1,568.39</b>	<b>\$ 18,820.68</b>
<b>TRATAMIENTO</b>		
Personal Necesario	\$ 625.00	\$ 7,500.00
Herramientas Básicas	\$ 102.00	\$ 1,224.00
Equipo Básico de Seg. Ocupacional	\$ 47.79	\$ 573.48
<b>Sub-Total</b>	<b>\$ 774.79</b>	<b>\$ 9,297.48</b>
<b>DISPOSICIÓN FINAL</b>		
Personal Necesario	\$ 625.00	\$ 7,500.00
Herramientas Básicas	\$ 74.00	\$ 888.00
<b>Sub-Total</b>	<b>\$ 699.00</b>	<b>\$ 8,388.00</b>
<b>TOTAL →</b>	<b>\$ 3,042.18</b>	<b>\$ 36,506.16</b>

#### 6.4 TARIFA MENSUAL PARA CADA ETAPA.

##### 6.4.1 Recolección

A continuación se presenta el costo mensual por vivienda para realizar la recolección de los desechos sólidos, considerando el dato obtenido en el cuadro 6.12

**Datos:**

Costo mensual de recolección = \$ 1,568.39

Numero de viviendas = 669.00

Tarifa mensual = \$ 1,568.39 / 669.00

Tarifa mensual de recolección = \$ 2.34



#### 6.4.2 Tratamiento

A continuación se presenta el costo mensual por vivienda para realizar el tratamiento de los desechos sólidos, considerando el dato obtenido en el cuadro 6.12

**Datos:**

Costo mensual de tratamiento = \$ 774.39

Numero de viviendas = 669.00

Tarifa mensual = \$ 774.39 / 669.00

Tarifa mensual = \$ 1.16

#### 6.4.3 Disposición Final

A continuación se presenta el costo mensual por vivienda para realizar el tratamiento de los desechos sólidos, considerando el dato obtenido en el cuadro 6.12

**Datos:**

Costo mensual de Disp. Final = \$ 699.00

Numero de viviendas = 669.00

Tarifa mensual = \$ 699.00 / 669.00

Tarifa mensual = \$ 1.04

CUADRO 6.13 RESUMEN DE COSTOS POR VIVIENDA PARA LA RECOLECCIÓN, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS.

<b>ETAPA</b>	<b>COSTO MENSUAL</b>
RECOLECCION	\$ 2.34 /viv/mes
TRATAMIENTO	\$ 1.16/ viv/mes
DISPOSICIÓN FINAL	\$ 1.04/ viv/mes
<b>TARIFA MENSUAL POR VIVIENDA</b>	<b>\$ 4.54 /viv/mes</b>

CUADRO 6.14 COMPARACION DEL COSTO DE OPERACIÓN ACTUAL CON COSTO DE LA IMPLEMENTACION DEL MANEJO INTEGRAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS.

<b>ETAPA</b>	<b>COSTO DE OPERACIÓN ACTUAL</b>	<b>COSTO DE IMPLEMENTACION DE M.I.D.S</b>
RECOLECCIÓN	\$ 1,585.27	\$ 1,568.39
TRATAMIENTO		\$ 774.79
DISPOS. FINAL		\$ 699.00
<b>TOTALES→</b>	<b>\$ 1,585.27</b>	<b>\$ 3042.18</b>

En el cuadro anterior se puede observar que los costos de Implementación del Manejo Integral de Desechos Sólidos sobrepasan los actuales en una cantidad igual a \$ 1,456.91 lo que se distribuirá en un total de casas de 669.00.

## 6.5 Costos Fijos

A continuación en el cuadro se presentan los costos que se realizaran únicamente al principio del proyecto por ello son llamados costos fijos y que son infraestructuras que duraran todo el tiempo de vida útil que tenga la planta.

**CUADRO 6.15 COSTOS FIJOS A INVERTIR PARA EL TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS**

<b>DESCRIPCION DE ACTIVIDADES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTI</b>	<b>P.U</b>	<b>SUB. TOTAL</b>
<b>OFICINA BODEGA Y LETRINA</b>				<b>\$ 3,859.06</b>
Descapote 0.2 m	m3	3.3	\$ 3.41	\$ 11.25
Trazo y nivelacion	ml	26	\$ 0.18	\$ 4.68
Excavacion para fundaciones	m3	6.24	\$ 4.18	\$ 26.08
Relleno compactado con material selecto	m3	5.38	\$ 11.03	\$ 59.34
SF 40x20 4 #3 +1 1/4" @ 15 cm	ml	26	\$ 9.25	\$ 240.50
Zapata Z-1(0.8x0.8x0.2) Ho 3/8" @ 15 cm a.s 1:2:2	c/u	7	\$ 15.00	\$ 105.00
Nervio N	ml	14	\$ 6.11	\$ 85.54
Solera de coronamiento SC-1	ml	26	\$ 6.05	\$ 157.30
Solera intermedia SI-1	ml	26	\$ 3.54	\$ 92.04
Pared de ladrillo de barro sisada (Lazo)	m2	57	\$ 11.77	\$ 670.89
Puertas metalicas	c/u	2	\$ 95.00	\$ 190.00
Cubierta de lamina duralita	m2	12	\$ 11.43	\$ 137.16
Polin espacial P-1	ml	49	\$ 8.00	\$ 392.00
Ventana de estructura metalica	m2	1	\$ 40.00	\$ 40.00
Piso de ladrillo de cemento 25x25	m2	12	\$ 7.35	\$ 88.20
Piso de concreto llaneado	m2	4.5	\$ 12.84	\$ 57.78
Acera perimetral	m2	6	\$ 12.84	\$ 77.04
Rampa de acceso a bodega	m2	1.15	\$ 15.00	\$ 17.25
Pintura en paredes	m2	114	\$ 2.50	\$ 285.00
Pozo para abastecimiento de agua	c/u	1	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
Broquel de ladrillo de barro	c/u	1	\$ 12.00	\$ 12.00
Loseta de concreto	c/u	1	\$ 35.00	\$ 35.00
Tasa de concreto	c/u	1	\$ 25.00	\$ 25.00
Puerta de madera	c/u	1	\$ 50.00	\$ 50.00
<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>\$ 23,401.57</b>
<b>COSTO INDIRECTO 40% CD</b>				<b>\$ 9,360.63</b>
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>\$ 32,762.20</b>

<b>OBRAS COMPLEMENTARIAS</b>					<b>\$ 6,341.56</b>
Cerco de malla ciclón c/postes de concreto h= 2.5	ml	50	\$ 16.70	\$	835.00
Cerco con postes de madera y alambre de puas.	ml	742.76	\$ 6.00	\$	4,456.56
Porton de acceso	c/u	1	\$ 225.00	\$	225.00
Caseta de control	c/u	1	\$ 700.00	\$	700.00
Rotulo de identificación	c/u	1	\$ 125.00	\$	125.00
<b>DRENAJES SUPERFICIAL</b>					<b>\$ 11,289.95</b>
Traza lineal para construcción	ml	742.76	\$ 0.20	\$	148.55
Canaleta revestida	ml	742.76	\$ 15.00	\$	11,141.40
<b>VIAS DE ACCESO</b>					<b>\$ 1,911.00</b>
Traza por unidad de área	m2	1470	\$ 0.18	\$	264.60
Corte en terraza con maquinaria (mat. Blando)	m3	441	\$ 1.60	\$	705.60
Balasto	m2	294	\$ 3.20	\$	940.80
<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>\$ 20,248.11</b>
<b>COSTO INDIRECTO 40% CD</b>					<b>\$ 8,099.24</b>
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>\$ 28,347.36</b>

Para la implementación del relleno sanitario será importante considerar la construcción de las fosas, drenajes de líquidos lixiviados y la evaporación de gases. En el cuadro se muestra los costos para la construcción del relleno sanitario.

CUADRO 6.16 COSTOS DE INVERSIÓN DEL RELLENO SANITARIO MANUAL

DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	UNIDAD	CANTIDAD	P. U	SUB. TOTAL
<b>CONFORMACION DE TERRAZA</b>				\$ 3,569.94
Limpieza y descapote	m3	54	\$ 3.41	\$ 184.14
Corte para conformacion de terrazas	m3	810	\$ 4.18	\$ 3,385.80
<b>DRENAJE DE LIXIVIADOS</b>				\$ 6,137.98
Red de drenaje primaria 6"	ml	261.12	\$ 16.50	\$ 4,308.48
Red de drenaje secundaria 4"	ml	50	\$ 10.59	\$ 529.50
Piscina de evaporacion de lixiviados	c/u	2	\$ 600.00	\$ 1,200.00
cubierta de proteccion de piscina de lixiviados	s.g	1	\$ 100.00	\$ 100.00
<b>EVAPORACION DE GASES</b>				
Chimenea para gases	ml	52	\$ 2.28	\$ 118.56
<b>COSTO DIRECTO</b>				\$ 9,826.48
<b>COSTO INDIRECTO 40% CD</b>				\$ 3,930.59
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>\$ 13,757.07</b>

### 6.5.1 Equipo Especial Necesario.

El equipo especial es parte necesaria para que el proceso de compostaje se desarrolle bajo las condiciones adecuadas, estos se muestran en el cuadro 6.6.

CUADRO 6.17 EQUIPO ESPECIAL PARA EL TRATAMIENTO DE D. S

EQUIPO	CANTIDAD	UNIDAD	P.UNIT	TOTAL
Termómetros de inmersión	1	c/u	\$ 400.00	\$ 400.00
Báscula comercial	1	c/u	\$ 400.00	\$ 400.00
Equipo de medición de Ph	1	c/u	\$ 400.00	\$ 400.00
Herramientas de registro	1	s.g	\$ 20.00	\$ 20.00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 1,220.00</b>

CUADRO 6.17 RESUMEN DE COSTOS FIJOS

<b>DESCRIPCION</b>	<b>COSTO</b>
OFICINA BODEGA Y LETRINA	\$ 23,401.57
OBRAS COMPLEMENTARIAS	\$ 6,341.56
DRENAJES SUPERFICIAL	\$ 11,289.95
VIAS DE ACCESO	\$ 1,911.00
EQUIPO PARA MANEJO DE D.S	\$ 1,220.00
CONFORMACION DE TERRAZA	\$ 3,569.94
DRENAJES DE LIXIVIADOS	\$ 6,137.98
EVAPORACION DE GASES	\$ 118.56
<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>\$ 53,990.56</b>
<b>COSTO INDIRECTO</b>	<b>\$ 21,596.22</b>
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>\$ 75,586.78</b>

En el cuadro se muestran los costos fijos totales para la implementación del proyecto de Manejo de desechos sólidos en el Municipio de Chapeltique. Esta es la inversión que deberá realizar o gestionar la Alcaldía con Organismos Nacionales e Internacionales para dicha construcción. Es importante mencionar que este costo no será absorbido por los habitantes.

**CAPITULO VII**  
**“CONCLUSIONES Y**  
**RECOMENDACIONES“**

## CAPITULO VII

### CONCLUSIONES

- El servicio de aseo Municipal actual en la zona urbana de Chapeltique es deficiente y constituye un foco de contaminación ambiental.
- El porcentaje de orgánicos que contienen los desechos sólidos de Chapeltique es aproximadamente de 71.41%, lo que indica que la reducción de los desechos empleando el método de compostaje será de vital importancia.
- La producción per cápita de desechos sólidos utilizada es de 0.64 Kg/Hab/día, siendo este un valor conservador por incluir los diferentes sectores que componen el Municipio.
- El almacenamiento de los desechos sólidos en cada casa, es realizada de forma conjunta orgánicos e inorgánicos en un mismo recipiente.
- El servicio de recolección actual es aceptable en su cobertura ya que cubre un 90% del área urbana.
- Según el estudio la solución más aceptable para disposición final de los desechos inorgánicos generados en el Municipio es Implementar un Relleno Sanitario Manual; ya que este genera menos contaminación que el método utilizado (Botadero a cielo abierto), y sus costos de operación y construcción no son muy elevados.
- Los principales gastos para el actual servicio de aseo Municipal son salarios transporte y depreciación de la unidad recolectora.



## RECOMENDACIONES

- Es importante que las Municipalidades se concienticen y tomen en cuenta la legislación vigente referente al buen Manejo de los desechos sólidos.
- Mantener limpias las canaletas perimetrales, para que trabajen al 100% de la capacidad de diseño.
- Será importante concientizar a la población en cuanto al buen manejo de los desechos sólidos, enseñándoles a clasificar los desechos en casa y entregarlos al recolector ya clasificados.
- Para que el proceso de compostaje se de en el tiempo y calidad requerido, se deberá garantizar un control de los factores físicos químicos, tales como: Temperatura, humedad, Ventilación, Relación Carbono Nitrógeno, Potencial de hidrogeno y tiempo de concentración.
- Para garantizar una descomposición homogénea de los desechos orgánicos ,se deberá realizar volteos periódicos a las pilas composteras.
- Para no afectar significativamente el pago de impuestos de la población, deberá analizarse la rentabilidad de realizar la separación de desechos potencialmente reciclables utilizando fondos Municipales.
- Para garantizar una buena impermeabilidad de las fosas será necesario utilizar una capa de 40 cm de arcilla altamente plástica.
- El material sobrante de los trabajos de terracería se depositará en un lugar apropiado para ser utilizado posteriormente como material de cubierta.

- Se recomienda colocar la capa de material de cobertura al final de cada jornada diaria.
- Será importante que la Municipalidad gestione el financiamiento para la construcción de la planta de procesamiento y disposición final de los desechos sólidos, con el objeto de no afectar la economía de la población.
- Debido a que los costos de implementación de un relleno sanitario son relativamente elevados, se recomienda a las Alcaldías formar asociaciones intermunicipales para absorber los costos de operación, Mantenimiento e Implementación de forma conjunta.

## FUENTES DE CONSULTA

### BIBLIOGRÁFICA

1. Bonilla, G; Estadística II Metodos Prácticos de Inferencia Estadística; UCA Editores;1988
2. Cañas, C; Recolección y Disposición Final de La Basura; AECI, DEMUCA; 1995.
3. Castellanos, R; Administración de Obras de Construcción; Papeles técnicas UCA; 1999.
4. Guía para hacer Compost en forma Aeróbica; Centro Salvadoreño de Tecnología Apropiaada. CESTA; 1998.
5. Jaramillo, J; Guía Para El Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales; Washington, D.C; 1991
6. Jacobsen, G; Gestión Integral de los Desechos Sólidos de la Ciudad de Suchitoto; CESTA; 1998
7. Kiely, G; Fundamentos y Entornos Tecnológicos y Sistemas de Gestión Mcgrawhill,1999
8. Lemus, J; Diagnostico de los de los Residuos Sólidos en El Salvador; OPS; 1998.
9. Streeter, V; Mecánica de Fluidos; Octava Edición; Mcgrawhill

10. SaKurai, K; Diseño de las Rutas de Recolección de Residuos Sólidos; CEPIS/OPS; 1980.
11. Umaña G, Manual de Diseño Para el Manejo y Disposición Final de los Desechos Sólidos; Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, El Salvador; 1993.

### **TRABAJOS DE GRADO**

12. Blanco, V; Factibilidad y Diseño del Relleno Sanitario no Mecanizado de la Ciudad de Ilobasco; Tesis de Grado, Universidad de El Salvador; 1995.
13. Campos, T; Propuesta de Manejo Integral de los Desechos Sólidos en el Municipio de Caluco, Departamento de Sonsonate; Trabajo de Grado, Universidad de El Salvador, 2000.
14. Guerra, W; Compostaje y Lombricultura, Universidad Tecnológica de El Salvador, 1999.
15. Moya, G; Propuesta Para la Construcción de Un Sistema De Relleno Sanitario Para la Disposición Final de los Desechos Sólidos del Municipio de San Miguel; Trabajo de Graduación Universidad de El Salvador; 1995
16. Ventura, j; Fabricación y Comercialización de compost a nivel nacional; Trabajo de Grado, Universidad Politécnica de El Salvador.

## PAGINAS DE INTERNET

17. [www.uesp.gob.co](http://www.uesp.gob.co)
18. [www.fisdI.gob.sv](http://www.fisdI.gob.sv)
19. [www.nebaj.org](http://www.nebaj.org)
20. [www.emison.com](http://www.emison.com)
21. [www.cepis.ops-oms.org](http://www.cepis.ops-oms.org)
22. [www.emison.com](http://www.emison.com)
23. [www.infoagro.asp](http://www.infoagro.asp)
24. [www.eula.cl](http://www.eula.cl)

# **ANEXOS**

## **INDICE DE ANEXOS**

ANEXO I	FORMATO DE ENCUESTA
ANEXO II	REGLAMENTO ESPECIAL SOBRE EL MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS
ANEXO III	NORMA MEXICANA NOM-083-ECOL-1,996
ANEXO IV	NORMA CHILENA PARA RELLENO SANITARIO
ANEXO V	POSICIÓN GEOGRÁFICA
ANEXO VI	RUTA DE RECOLECCIÓN ACTUAL
ANEXO VII	ZONAS DE RECOLECCIÓN
ANEXO VIII	ZONAS DE RECOLECCIÓN “A”
ANEXO IX	ZONAS DE RECOLECCIÓN “B”
ANEXO X	PLANO DE CONJUNTO
ANEXO XI	OBRAS COMPLEMENTARIAS
ANEXO XII	DETALLES CONSTRUCTIVOS

# **ANEXO 1**

***FORMATO PARA ENCUESTA***



# ANEXO 1

## Cuestionario Entrevista.

Nombre del Encuestado: \_\_\_\_\_, Edad \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

**Objetivo:** Obtener información referente a la generación, almacenamiento y disposición final de los desechos sólidos del Municipio.

1. Producción agropecuaria:

- No de cabezas de ganado \_\_\_\_
- Tipo de producción: ( Lechero \_\_, Repasto \_\_, Doble propósito\_\_)

2. En el ciclo productivo anterior que sembró?

- Maíz \_\_\_\_ No de Manzanas \_\_\_\_
- Fríjol \_\_\_\_ No de Manzanas \_\_\_\_
- Arroz \_\_\_\_ No de Manzanas \_\_\_\_
- Otro \_\_\_\_

3. ¿Conoce usted algún tipo de mejorador de suelos?

Si \_\_\_\_, No \_\_\_\_, Cual \_\_\_\_\_

4. ¿En sus cultivos que tipo de fertilizante utiliza?

Químicos \_\_\_\_, Orgánicos \_\_\_\_, Otros \_\_\_\_\_

5. ¿Estaría dispuesto a utilizar un mejorador de suelos de naturaleza orgánica?

Si \_\_\_\_\_, No \_\_\_\_\_

## II- SALUD

1. Indique de que se enferman los adultos en su casa con más frecuencia:

- Vías respiratorias \_\_\_\_\_
- Enfermedades Gastrointestinales \_\_\_\_\_
- Enfermedades de la piel \_\_\_\_\_
- Otras, Especifique \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. Indique de que se enferman los niños en su casa con más frecuencia:

- Vías respiratorias \_\_\_\_\_
- Enfermedades Gastrointestinales \_\_\_\_\_
- Enfermedades de la piel \_\_\_\_\_
- Otras, Especifique \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## III. MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS.

1. ¿Que hace usted con la basura que se produce en su casa?

- La entrega al camión de la basura ( )
- La Tiran ( )
- La entierran ( )
- Se le da de alimento a los animales ( )
- Otra forma \_\_\_\_\_

2. ¿ Qué clase de basura produce?

- Desperdicios de Comida ( )
- Cáscaras, frutas o desperdicios de verduras ( )
- Latas vacías de gaseosas o cervezas ( )
- Metales ( )
- Hojas secas, Grama ( )
- Botes, botellas, bolsas, pajillas, plásticos ( )
- Botellas de vidrio ( )
- Aserrín, Cenizas ( )
- Estiércol de cerdos, aves reses, etc. ( )
- Otros, especifique \_\_\_\_\_

3. ¿Recibe el servicio de barrido de calles?

Si\_\_\_\_, No\_\_\_\_

4. El servicio que usted tiene es:

Municipal \_\_\_\_\_, Privado \_\_\_\_\_, No tiene\_\_\_\_\_

5. ¿Cuál es el valor de la cuota mensual que usted paga por el servicio de recolección?

Público \$ \_\_\_\_\_, Privado \$ \_\_\_\_\_

6. ¿Con que frecuencia pasa el camión de la basura en su barrio?

( Días. Horas, de la semana)

7. ¿ Estaría dispuesto a pagar por un mejor servicio del manejo de desechos sólidos?

Si \_\_\_\_\_, No \_\_\_\_\_, Cuanto \_\_\_\_\_

8. ¿ Qué mecanismos se emplean para la recolección de la basura en su barrio?

9. ¿ Conoce usted alguna forma para volver a utilizar los desperdicios?

Si\_\_\_\_, No \_\_\_\_; Cual \_\_\_\_\_

---

10. Estaría dispuesto a trabajar en un proyecto de separación de basura y de recolección diferente?

Si\_\_\_\_, No \_\_\_\_\_

11. Si su respuesta es afirmativa, estaría dispuesto a clasificar su basura en orgánica e inorgánica?

Si \_\_\_\_\_, No \_\_\_\_\_

12. ¿Cuál es su tiempo disponible?

Días \_\_\_\_\_, Horas \_\_\_\_\_

**ANEXO 2**

**REGLAMENTO ESPECIAL**

**SOBRE EL MANEJO DE LOS**

**DESECHOS SÓLIDOS**

## **DECRETO No. 42**

**EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA DE EL SALVADOR,**

### **CONSIDERANDO :**

- I. Que el manejo y la disposición de los desechos sólidos constituyen uno de los principales objetivos ambientales nacionales, los que dañan la salud y causan problemas de contaminación, cuando no son confrontados con una política preventiva y global;
- II. Que de conformidad al Art. 69, inciso segundo de la Constitución es atribución del Órgano Ejecutivo controlar las condiciones ambientales que puedan afectar la salud y el bienestar de la población; por lo que el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en cumplimiento al Art. 52 de la Ley del Medio Ambiente promoverá la coordinación con las instituciones competentes y otros sectores involucrados en la elaboración del Reglamento para el Manejo Integral de Desechos Sólidos.

### **POR TANTO,**

en uso de sus facultades constitucionales,

### **DECRETA el siguiente:**

## **REGLAMENTO ESPECIAL SOBRE EL MANEJO INTEGRAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS**

### **TITULO I**

#### **DISPOSICIONES GENERALES**

#### **CAPITULO ÚNICO**

#### **DEL OBJETO, DEL ALCANCE Y DEL ÁMBITO DE APLICACIÓN**

##### **Objeto y Alcance**

**Art. 1.-** El presente Reglamento tiene por objeto regular el manejo de los desechos sólidos. El alcance del mismo será el manejo de desechos sólidos de origen domiciliario, comercial, de servicios o institucional; sean procedentes de la limpieza de áreas públicas, o industriales similares a domiciliarios, y de los sólidos sanitarios que no sean peligrosos.

De aquí en adelante la Ley del Medio Ambiente será llamada La Ley y el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, el Ministerio.

##### **Ámbito de Aplicación**

**Art. 2.-** Las disposiciones del presente Reglamento se aplicarán en todo el territorio nacional y serán de observancia general y de cumplimiento obligatorio para toda persona natural o jurídica.

##### **Glosario**

**Art. 3.-** Los conceptos y sus correspondientes definiciones empleados en este Reglamento, constituyen los términos claves para la interpretación del mismo, y se entenderán en el significado que a continuación se expresa, sin perjuicio de los conceptos empleados en la Ley, así los contenidos en los instrumentos internacionales sobre la materia.

- a. **Almacenamiento:** Acción de retener temporalmente desechos, mientras no sean entregados al servicio de recolección, para su posterior procesamiento, reutilización o disposición.
- b. **Aprovechamiento:** Todo proceso industrial y/ o manual, cuyo objeto sea la recuperación o transformación de los recursos contenidos en los desechos.
- c. **Botadero de Desechos:** Es el sitio o vertedero, sin preparación previa, donde se depositan los desechos, en el que no existen técnicas de manejo adecuadas y en el que no se ejerce un control y representa riesgos para la salud humana y el medio ambiente.
- d. **Compostaje:** Proceso de manejo de desechos sólidos, por medio del cual los desechos orgánicos son biológicamente descompuestos, bajo condiciones controladas, hasta el punto en que el producto final puede ser manejado, embodegado y aplicado al suelo, sin que afecte negativamente el medio ambiente.
- e. **Contaminación por desechos sólidos:** La degradación de la calidad natural del medio ambiente, como resultado directo o indirecto de la presencia o la gestión y la disposición final inadecuadas de los desechos sólidos.
- f. **Contenedor:** Recipiente en el que se depositan los desechos sólidos para su almacenamiento temporal o para su transporte.
- g. **Desechos Sólidos:** Son aquellos materiales no peligrosos, que son descartados por la actividad del ser humano o generados por la naturaleza, y que no teniendo una utilidad inmediata para su actual poseedor, se transforman en indeseables.
- h. **Disposición Final:** Es la operación final controlada y ambientalmente adecuada de los desechos sólidos, según su naturaleza.
- i. **Estación de Transferencia:** Instalación permanente o provisional, de carácter intermedio, en la cual se reciben desechos sólidos de las unidades recolectoras de baja capacidad, y se transfieren, procesados o no, a unidades de mayor capacidad, para su acarreo hasta el sitio de disposición final.
- j. **Generador de desechos sólidos:** Toda persona, natural o jurídica, pública o privada, que como resultado de sus actividades, pueda crear o generar desechos sólidos.
- k. **Lixiviado:** Líquido que se ha filtrado o percolado, a través de los residuos sólidos u otros medios, y que ha extraído, disuelto o suspendido materiales a partir de ellos, pudiendo contener materiales potencialmente dañinos.
- l. **Gestión Integral:** Conjunto de operaciones y procesos encaminados a la reducción de la generación, segregación en la fuente y de todas las etapas de la gestión de los desechos, hasta su disposición final.
- m. **Relleno Sanitario:** Es el sitio que es proyectado, construido y operado mediante la aplicación de técnicas de ingeniería sanitaria y ambiental, en donde se depositan, esparcen, acomodan, compactan y cubren con tierra, diariamente los desechos sólidos, contando con drenaje de gases y líquidos percolados.
- n. **Relleno Sanitario Manual:** Es aquél en el que sólo se requiere equipo pesado para la adecuación del sitio y la construcción de vías internas, así como para la excavación de zanjas, la extracción y el acarreo y distribución del material de cobertura. Todos los demás trabajos, tales como construcción de drenajes para lixiviados y chimeneas para gases, así como el proceso de acomodo, cobertura, compactación y otras obras conexas, pueden realizarse manualmente.
- o. **Relleno Sanitario Mecanizado:** Es aquél en que se requiere de equipo pesado que labore permanentemente en el sitio y de esta forma realizar todas las actividades señaladas

en el relleno sanitario manual, así como de estrictos mecanismos de control y vigilancia de su funcionamiento.

- p. **Reciclaje** : Proceso que sufre un material o producto para ser reincorporado a un ciclo de producción o de consumo, ya sea el mismo en que fue generado u otro diferente.
- q. **Recolección**: Acción de recoger y trasladar los desechos generados, al equipo destinado a transportarlos a las instalaciones de almacenamiento, transferencia, tratamiento, reuso o a los sitios de disposición final.
- r. **Recolección Selectiva**: Acción de clasificar, segregar y presentar segregadamente para su posterior utilización.
- s. **Reutilización**: Capacidad de un producto o envase para ser usado en más de una ocasión, de la misma forma y para el mismo propósito para el cual fue fabricado.
- t. **Reducción en la Generación**: Reducir o minimizar la cantidad o el tipo de residuos generados que deberán ser evacuados. Esta reducción evita la formación de residuos, mediante la fabricación, diseño, adquisición o bien modificación de los hábitos de consumo, peso y generación de residuos.
- u. **Segregación en la Fuente**: Segregación de diversos materiales específicos del flujo de residuos en el punto de generación. Esta separación facilita el reciclaje.
- v. **Tara**: Peso neto de un vehículo de transporte.
- w. **Tratamiento o Procesamiento**: Es la modificación de las características físicas, químicas o biológicas de los desechos sólidos, con el objeto de reducir su nocividad, controlar su agresividad ambiental y facilitar su gestión.

## **TITULO II**

### **DEL MARCO GENERAL**

#### **CAPITULO ÚNICO**

##### **DE LAS RESPONSABILIDADES Y ATRIBUCIONES**

###### **Responsabilidades del Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales**

**Art. 4.-** Serán responsabilidades del Ministerio:

- a. Determinar los criterios de selección para los sitios de estaciones de transferencias, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos;
- b. Emitir el permiso ambiental de acuerdo a lo establecido en la Ley para todo plan, programa, obra o proyecto de manejo de desechos sólidos.

## **TITULO III**

### **DEL MANEJO INTEGRAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS MUNICIPALES**

#### **CAPITULO I**

##### **DEL ALMACENAMIENTO**

###### **Especificación de almacenamiento temporal**

**Art. 5.-** En aquellos casos en que se establezcan sitios de almacenamiento colectivo temporal de desechos sólidos en las edificaciones habitables, deberán cumplir, en su grado mínimo, con las siguientes especificaciones:

- a. Los sistemas de almacenamiento temporal deberán permitir su fácil limpieza y acceso;
- b. Los sistemas de ventilación, suministro de agua, drenaje y de control de incendios, serán los adecuados;
- c. El diseño deberá contemplar la restricción al acceso de personas no autorizadas y de animales; y
- d. Los sitios serán diseñados para facilitar la separación y la recuperación de materiales con potencial reciclable.

#### **Disposiciones relativas a los Contenedores**

**Art. 6.-** Los contenedores para el almacenamiento temporal de desechos sólidos, deberán cumplir los siguientes requisitos mínimos:

- a. Estar adecuadamente ubicados y cubiertos;
- b. Tener adecuada capacidad para almacenar el volumen de desechos sólidos generados;
- c. Estar contruidos con materiales impermeables y con la resistencia necesaria para el uso al que están destinados;
- d. Tener un adecuado mantenimiento; y
- e. Tener la identificación relativa al uso y tipos de desechos.

## **CAPITULO II**

### **DE LA RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE**

#### **Rutas, horarios y frecuencias de recolección**

**Art. 7.-** La determinación de las rutas, de los horarios y las frecuencias del servicio de recolección de desechos sólidos y planes de contingencia establecidos por los titulares, se realizará con sujeción estricta de los aspectos ambientales vigentes.

#### **Equipos de Recolección y Transporte**

**Art. 8.-** El equipo de recolección y transporte de desechos sólidos deberá ser apropiado al medio y a la actividad. Dicho equipo deberá estar debidamente identificado y encontrarse en condiciones adecuadas de funcionamiento, y llevará inscrito en lugar visible y con material indeleble la magnitud de la tara. Los equipos deben ir debidamente cubiertos para evitar la dispersión de los desechos.

#### **Transporte de desechos sólidos**

**Art. 9.-** Los equipos de transporte pesado de desechos sólidos, desde la estación de transferencia, si la hubiere, hacia el sitio de disposición final, deberán estar debidamente identificados. En su recorrido, se respetará una ruta única y previamente establecida, la que no será alterada sin previa autorización.

## **CAPITULO III**

### **DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERENCIA**



## **Estaciones de Transferencia Fijas**

**Art. 10.-** De acuerdo con el Art. 21, letra d), de la Ley, las estaciones de transferencia requerirán del Permiso Ambiental respectivo, otorgado por el Ministerio y deberán considerarse, sin limitarse a ello, los siguientes aspectos:

- a. Volumen de desechos sólidos, que requiere almacenamiento temporal;
- b. Localización o ubicación, especialmente por la cercanía con áreas residenciales;
- c. Orientación de los vientos predominantes; y
- d. Tiempo de almacenamiento de los desechos.

## **CAPITULO IV**

### **DEL TRATAMIENTO Y APROVECHAMIENTO**

#### **Tratamiento de desechos sólidos**

**Art. 11.-** La utilización del Sistema de Tratamientos de Desechos Sólidos en el país dependerá fundamentalmente de la naturaleza y la composición de los desechos.

Para los efectos del presente Reglamento, se identifican los siguientes Sistemas de Tratamiento:

- a. Compostaje;
- b. Recuperación, que incluye la reutilización y el reciclaje; y
- c. Aquellos específicos que prevengan y reduzcan el deterioro ambiental y que faciliten el manejo integral de los desechos.

Para la aplicación de estos Sistemas de Tratamientos se requerirá la obtención del permiso ambiental.

## **CAPITULO V**

### **DE LA DISPOSICIÓN FINAL**

#### **Del Relleno Sanitario**

**Art. 12.-** Para los efectos del presente Reglamento, se adopta el relleno sanitario como un método de disposición final de desechos sólidos aceptable, sin descartar la utilización de otras tecnologías ambientalmente apropiadas.

#### **Uso de terrenos utilizados como sitio de disposición final**

**Art. 13.-** La ubicación de terrenos utilizados como sitios de disposición final deberán cumplir con los criterios establecidos en el anexo de este reglamento.

## **CAPITULO VI**

### **DE LOS RELLENOS SANITARIOS**

#### **Clasificación de los Rellenos Sanitarios**

**Art. 14.-** Por su forma de operación, los rellenos sanitarios se clasifican en tres tipos:

- a. Relleno Sanitario Manual;
- b. Relleno Sanitario Mecanizado; y
- c. Relleno Sanitario Combinado o Mixto .

### **Relleno Sanitario Manual**

**Art. 15.-** El relleno sanitario manual se utilizará preferentemente como método de disposición final de los desechos sólidos ordinarios de poblaciones urbanas y rurales, para aquellas localidades que generen menos de 20 toneladas diarias de desechos.

### **Relleno Sanitario Mecanizado**

**Art. 16.-** El relleno sanitario mecanizado se utilizará preferentemente como método de disposición final de los desechos sólidos ordinarios de poblaciones urbanas, en las que se generen más de 40 toneladas diarias de desechos. Dicho relleno sanitario podrá utilizarse como tipo de disposición final para varias localidades.

### **Relleno Sanitario Combinado o Mixto**

**Art. 17.-** En aquellas poblaciones urbanas y rurales, en las que se generen de 20 a 40 toneladas diarias de desechos sólidos ordinarios, podrá usarse preferentemente cualesquiera de los dos tipos de relleno sanitario, o una combinación de ambos, según lo requieran las condiciones financieras y ambientales de cada caso.

### **Seguridad**

**Art. 18.-** La operación de los sitios de disposición final se sujetará a lo establecido en el Reglamento General sobre Seguridad e Higiene de los Centros de Trabajo.

### **Criterios Mínimos**

**Art. 19.-** Los criterios técnicos mínimos para el manejo de rellenos y proyectos de compostaje sanitarios, están contenidos en el Anexo del presente Reglamento.

## **TITULO IV**

### **DE LA VIGILANCIA**

#### **Inspecciones**

**Art. 20.-** De acuerdo al Art. 86 de la Ley, el Ministerio podrá realizar las inspecciones que considere pertinentes.

#### **Informe**

**Art. 21.-** El titular del proyecto de relleno sanitario presentará anualmente al Ministerio informes de operación de aquél, los cuales incluirán como mínimo la siguiente información:

- a. Promedio diario, semanal y mensual de ingreso de desechos sólidos, expresado en toneladas métricas;
- b. Registro de ingreso de vehículos de transporte de desechos sólidos, clasificándolos según su origen, peso y tipo de desechos; y
- c. Análisis de laboratorios, oficialmente acreditados, practicados a costo del titular, al afluyente del sistema de tratamiento de lixiviados. Este análisis incluirá, como mínimo, los parámetros siguientes DBO, DQO, pH, Sólidos Totales, Cr, Pb, Hg, Ni.

## **TITULO V**

### **DE LAS INFRACCIONES Y SANCIONES**

#### **De las sanciones**

**Art.- 22.-** Las contravenciones a las disposiciones del presente Reglamento, serán sancionadas de conformidad con el régimen establecido en la Ley.

## **TITULO VI**

### **DE LAS DISPOSICIONES FINALES**

#### **Observancias de normas técnicas**

**Art. 23.-** Los parámetros, tales como la generación per cápita, el peso volumétrico y las composiciones física, química y biológica y cualquier otra que se consideren, deberán ser obtenidos según las normas oficiales obligatorias de determinación de parámetros de desechos sólidos. Estos parámetros se diferencian de otras normas referidas en el presente Reglamento, las que serán desarrolladas en coordinación con Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

**Art. 24.-** Al entrar en vigencia el presente reglamento queda sin efecto el Acuerdo Ministerial Número 22 de fecha 6 de octubre de 1999 que contiene los lineamientos técnicos transitorios.

#### **Vigencia**

**Art. 25.-** El presente Decreto entrará en vigencia ocho días después de su publicación en el Diario Oficial.

**DADO EN CASA PRESIDENCIAL:** San Salvador, a los treinta y un días del mes de mayo del año dos mil.

**FRANCISCO GUILLERMO FLORES PÉREZ**  
Presidente de la República

**ANA MARIA MAJANO**

**Ministra de Medio Ambiente  
y Recursos Naturales**

**ANEXO**

**CRITERIOS TÉCNICOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PROYECTOS DE  
COMPOSTAJE Y PARA EL MANEJO DE RELLENOS SANITARIOS**

**Criterios Mínimos para establecimiento de un proyecto de compostaje**

Para el establecimiento de Proyectos de Compostaje se deberán respetar los criterios siguientes:

- a) Proporción Carbono: Nitrógeno de 25:1 – 35:1;
  - a. Temperatura de 40-50 °C;
  - b. Humedad entre el 40 o 50%;
  - c. Preferiblemente incorporar materiales en el rango de 1 a 4 centímetros de diámetro.

**Características de las Áreas destinadas para Relleno Sanitario**

Las áreas que se destinen para relleno sanitario deberán presentar, como mínimo, las características siguientes:

- a. Estar ubicadas a una distancia que garantice que las zonas de recarga de acuíferos o de fuentes de abastecimiento de agua potable, estén libres de contaminación. Esta distancia será fijada dentro de las normas técnicas nacionales;
- b. Que el suelo reúna características de impermeabilidad, aceptándose un coeficiente máximo permisible de infiltración 10. -7 cms; que posea características adecuadas de remoción de contaminantes; y que la profundidad del nivel de las aguas subterráneas garantice la conservación de los acuíferos existentes en la zona. En caso de que se carezca de este tipo de suelos, se podrá trabajar con un mayor espesor de la capa, para lograr el mismo nivel de impermeabilidad;
- c. Contar con suficiente material terreo para la cobertura diaria de los desechos sólidos depositados durante la vida útil;
- d. Estar ubicado a una distancia no perjudicial para las zonas de inundación, pantanos, marismas, cuerpos de agua y zonas de drenaje natural;
- e. Estar ubicado a una distancia de 500 metros de los núcleos poblacionales y con un fácil acceso por carretera o camino transitable en cualquier época del año;
- f. Estar ubicado fuera de las áreas naturales protegidas o de los ecosistemas frágiles, así como de las servidumbres de paso de acueductos, canales de riego, alcantarillados y líneas de conducción de energía eléctrica; y
- g. Estar ubicado a una distancia mínima de 60 metros de fallas que hayan tenido desplazamientos recientes.

**Requisitos técnicos para el Relleno Sanitario**

Para el establecimiento y funcionamiento de un relleno sanitario, independientemente de su tipo y tamaño, este deberá cumplir, como mínimo, con los siguientes requisitos técnicos:

- a. Que exista garantía de estabilidad del terreno y del relleno contra deslizamientos;
- b. Que existan vías internas de acceso, balastadas o pavimentadas, transitables en cualquier época del año, con rótulo de información;

- c. Que exista un cercado periférico, que limite el terreno e impida el ingreso de personas y animales, ajenos al relleno, con portón y entrada restringidos;
- d. Que haya preparación del terreno, con una base impermeable, con pendiente hacia las líneas de drenaje;
- e. Que existan canales periféricos para las aguas pluviales;
- f. Que exista drenaje para los lixiviados y chimeneas, para los gases y los humos;
- g. Que haya instalaciones para captar y tratar o recircular los lixiviados;
- h. Que exista una caseta, bodega, servicios sanitarios y otra infraestructura básica;
- i. Que exista personal suficiente, con capacitación adecuada y supervisión calificada;
- j. Que exista cobertura diaria de los desechos con materia inerte, con un espesor mínimo de 15 cms;
- k. Que haya cobertura final del relleno, con una capa de material de cobertura de 60 cms. de espesor, con una capa adicional de 20 cms. de espesor, capaz de sostener vegetación, y con la suficiente inclinación para impedir el ingreso de aguas pluviales al relleno sanitario;
- l. Que exista un diseño de las diferentes fases de los períodos de explotación del sitio de relleno; y
- m. Que exista un diseño de la configuración final del sitio, con su tratamiento paisajístico.

### **Requisitos mínimos para el Relleno Sanitario Manual**

Para la existencia de un relleno sanitario manual, serán considerados los siguientes requisitos mínimos, adicionalmente a aquellos establecidos en el Artículo 35:

- a. Una vida útil superior a los cinco años;
- b. Un equipo mínimo para el movimiento y la compactación manual de los desechos, incluyendo un equipo de protección personal;
- c. La disposición de desechos en capas de 20 a 30 cms; y
- d. El diseño del relleno, el cual será parte de un proyecto integral de la gestión de desechos sólidos

### **Requisitos mínimos para Relleno Sanitario Mecanizado**

Para la existencia de un relleno sanitario mecanizado, serán considerados los siguientes requisitos mínimos, adicionalmente a aquellos establecidos en el Artículo 35 de este Reglamento:

- a. Una vida útil superior a los 10 años;
- b. Los taludes finales deberán tener una inclinación no mayor de 30%;
- c. Un área de ingreso con báscula, caseta de control y estacionamiento;
- d. Un área administrativa y otra de oficinas;
- e. Servicio de electricidad, agua y teléfono, en las áreas administrativa y de ingreso;
- f. Acondicionamiento del terreno, con una base de suelo impermeable, con un coeficiente de máximo permisible de infiltración no superior a los 10-7 cms, de un espesor mínimo de 50 cms. y compactación al 95%, y con pendiente mínima del 3%, hacia las líneas de los tubos de drenaje;
- g. Un sistema de drenaje para lixiviados, que cuente con aditamentos para su inspección y su mantenimiento, el que conducirá a estos líquidos hasta un sistema de tratamiento y disposición final, con o sin recirculación en el relleno;
- h. Un control de la calidad del agua subterránea, mediante la perforación de los pozos que sean necesarios, para detectar la posible presencia de contaminación por la operación del relleno;
- i. Minimización de la emisión de cualquier material volátil;

- j. Una supervisión calificada, de carácter permanente;
- k. Una disposición de los desechos, en capas de 60 cms. de espesor;
- l. Una compactación de cada capa, mediante un mínimo de cuatro pasadas con maquinaria de peso mínimo de 15 toneladas;
- m. Un sistema de emisión para gases, con aprovechamiento o evacuación permanente;
- n. Una asignación de personal que sea suficiente para el volumen de desechos que se dispondrá; y
- o. Un reglamento interno de operación.

**ANEXO 3**

**NORMA OFICIAL MEXICANA**

**NOM-083-ECOL-1996**

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-083-ECOL-1996, QUE ESTABLECE LAS CONDICIONES QUE DEBEN REUNIR LOS SITIOS DESTINADOS A LA DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES.**

(Publicada en el D.O.F. de fecha 25 de noviembre de 1996).

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-083-ECOL-1996, QUE ESTABLECE LAS CONDICIONES QUE DEBEN REUNIR LOS SITIOS DESTINADOS A LA DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES.**

JULIA CARABIAS LILLO, Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, con fundamento en los artículos 32 Bis fracciones I, II, IV y V de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 5o. fracciones I, y VIII, 6o. fracción XIII y último párrafo, 36, 37, 137, 160 y 171 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 38 fracción II, 40 fracción X, 41, 43, 44, 45, 46 y 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, y

**CONSIDERANDO**

Que en cumplimiento a lo dispuesto en la fracción I del artículo 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el 22 de junio de 1994 se publicó en el **Diario Oficial de la Federación**, con carácter de Proyecto, la presente Norma Oficial Mexicana bajo la denominación de NOM-083-ECOL-1994, que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos municipales, a fin de que los interesados, en un plazo de 90 días naturales, presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, sito en río Elba número 20, 1er.piso, colonia Cuauhtémoc, código postal 06500, México, D.F.

Que durante el plazo a que se refiere el considerando anterior, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 45 del ordenamiento legal citado en el párrafo anterior, estuvieron a disposición del público los documentos a que se refiere dicho precepto.

Que de acuerdo con lo que disponen las fracciones II y III del artículo 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, los comentarios presentados por los interesados fueron analizados en el seno del citado Comité, realizándose las modificaciones procedentes, entre las cuales, y para mayor, entendimiento, se encuentra el título de la presente Norma y publicadas en el **Diario Oficial de la Federación** de fecha 1 de diciembre de 1995 las respuestas a los comentarios recibidos en el plazo de ley, así como la aclaración correspondiente a las mismas el 30 de mayo de 1996, en el referido Organó Informativo.

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de normas oficiales mexicanas, el Comité Consultivo



Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, en sesión de fecha 12 de junio de 1995, aprobó la presente Norma Oficial Mexicana bajo la denominación de NOM-083-ECOL-1996, que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales; por lo que he tenido a bien expedir la siguiente:

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-083-ECOL-1996, QUE ESTABLECE LAS CONDICIONES QUE DEBEN REUNIR LOS SITIOS DESTINADOS A LA DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES.**

## **INDICE**

- 0.** Introducción
- 1.** Objetivo y campo de aplicación
- 2.** Definiciones
- 3.** Especificaciones
- 4.** Procedimientos
- 5.** Grado de concordancia con normas y recomendaciones internacionales
- 6.** Bibliografía
- 7.** Observancia de esta Norma

### **0. INTRODUCCION**

**0.1** Los sitios de disposición final de residuos sólidos municipales generan lixiviados que contienen diversos contaminantes que pueden afectar los recursos naturales, en especial los acuíferos y los cuerpos superficiales de agua. La aplicación de esta Norma permitirá proteger el ambiente, preservar el equilibrio ecológico y minimizar los efectos contaminantes.

### **1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION**

**1.1** Esta Norma Oficial Mexicana establece las condiciones de ubicación, hidrológicas, geológicas e hidrogeológicas que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales, y es de observancia obligatoria para aquellos que tienen la responsabilidad de la disposición final de los residuos sólidos municipales.

### **2. DEFINICIONES**

**2.1** Acuífero

Es cualquier formación geológica por la que circulan o se almacenan aguas subterráneas, que puedan ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento.

## **2.2** Acuífero confinado

Es aquel acuífero que está limitado en su parte superior por una unidad de baja conductividad hidráulica y el nivel piezométrico presenta una presión superior a la atmosférica.

## **2.3** Acuífero libre

Es un acuífero en el cual el nivel freático o nivel de saturación se encuentra a la presión atmosférica.

## **2.4** Acuífero semiconfinado

Aquel acuífero que tiene una unidad saturada de baja conductividad hidráulica en su parte superior o inferior, que contribuye con un pequeño caudal (goteo) debido a los gradientes inducidos por bombeo del acuífero.

## **2.5** Acuitardo

Es cualquier formación geológica por la que circula muy lentamente agua subterránea, por lo que generalmente no son utilizados para su explotación uso o aprovechamiento.

## **2.6** Agua subterránea

Es el agua que se encuentra en el subsuelo, en formaciones geológicas parcial o totalmente saturadas.

## **2.7** Areas naturales protegidas.

Las zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la Nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en que los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del hombre, y que han quedado sujetas al régimen de protección.

## **2.8** Capacidad de intercambio catiónico

Es el total de cationes intercambiables que puede absorber un suelo, expresado en miliequivalentes de los cationes por cada 100 g (cien gramos) de masa de suelo seco.

## **2.9** Carga hidráulica

Es la energía presente en un acuífero, normalmente tiene dos componentes: **a)** la carga relacionada con la elevación con respecto a un punto de referencia que es normalmente el nivel medio del mar, y **b)** la carga de presión o presión de poro.

## **2.10** Conductividad hidráulica

Es la propiedad de un medio geológico de permitir el flujo de agua subterránea en un acuífero o acuitardo, considerando las condiciones de densidad y viscosidad del agua.

### **2.11** Contaminantes no reactivos

Son los contaminantes que viajan en solución, a la misma velocidad lineal que el agua subterránea. No sufren reacciones químicas ni biológicas con el medio granular.

### **2.12** Descripción estratigráfica

Es la descripción de los estratos del subsuelo en cuanto a sus propiedades físicas, químicas e hidráulicas, de acuerdo al código de nomenclatura estratigráfica vigente.

### **2.13** Discontinuidades

Superficie marcada por modificaciones radicales de las propiedades físicas de las rocas. Estas discontinuidades pueden ser por ejemplo, fallas o fracturas.

### **2.14** Disposición final.

La acción de depositar permanentemente los residuos en sitios y condiciones adecuados para evitar daños al ambiente.

### **2.15** Falla

Es cuando se producen desplazamientos relativos de una parte de roca con respecto a la otra, como resultado de los esfuerzos que se generan en la corteza terrestre

### **2.16** Falla activa

Son aquellas fallas que han sufrido desplazamiento durante el holeceno (último millón de años).

### **2.17** Fracción de carbono orgánico

La fracción de carbono orgánico se refiere al porcentaje de carbono orgánico en el suelo, derivado de restos de plantas. Es importante en la retención de contaminantes orgánicos.

### **2.18** Fractura

Es una discontinuidad en las rocas producida por un sistema de esfuerzos.

### **2.19** Freatofitas

Son plantas que extienden sus raíces por debajo del nivel freático y extraen sus requerimientos de humedad directamente de la zona saturada.

### **2.20** Geofísica

La ciencia que estudia las propiedades físicas de la tierra y el conocimiento de la estructura geológica de los materiales que la constituyen.

### **2.21 Geología**

Es el estudio de la formación, evolución, distribución, correlación y comparación de los materiales terrestres.

### **2.22 Hidrogeología**

Es el conjunto de actividades tales como perforaciones, determinación de la recarga, profundidades a nivel estático, interacción química agua-roca y propiedades hidráulicas que permiten conocer y localizar los sistemas de aguas subterráneas, su dirección y velocidad de movimiento.

### **2.23 Hidrología**

La ciencia que estudia los componentes primarios del ciclo hidrológico y su relación entre sí. Considera la interacción y dinámica de la atmósfera con cuerpos de agua superficial tales como ríos, arroyos, lagunas, lagos, etc.

### **2.24 Infiltración**

Introducción suave de un líquido entre los poros de un sólido referido al agua, el paso lento de ésta a través de los intersticios del suelo y del subsuelo.

### **2.25 Lixiviado**

Líquido proveniente de los residuos, el cual se forma por reacción arrastre o percolación y que contiene disueltos o en suspensión, componentes que se encuentran en los mismos residuos.

### **2.26 Nivel freático**

La superficie de agua que se encuentra en el subsuelo bajo el efecto de la fuerza de gravitación y que delimita la zona de aireación de la saturación.

### **2.27 Nivel piezométrico**

Es el valor de la carga hidráulica observado de un acuífero o acuitardo a diferente profundidad en el mismo y en el medio saturado.

### **2.28 Parámetros hidráulicos**

Son la conductividad hidráulica, la porosidad, la carga hidráulica, los gradientes hidráulicos de una unidad hidrológica, así como coeficiente de almacenamiento.

### **2.29 Percolación**

Es el movimiento descendente de agua a través del perfil del suelo debido a la influencia de la gravedad

### **2.30** Permeabilidad

La propiedad que tiene una sección unitaria de terreno para permitir el paso de un fluido a través de ella sin deformar su estructura bajo la carga producida por un gradiente hidráulico.

### **2.31** Porosidad efectiva

Es la relación del volumen de vacíos o poros interconectados de una roca o suelo dividido por el volumen total de la muestra.

### **2.32** Potencial de contaminación

Es la interacción entre el tipo, intensidad, disposición y duración de la carga contaminante con la vulnerabilidad del acuífero; está definida por las condiciones de flujo del agua subterránea y las características físicas y químicas del acuífero.

### **2.33** Residuos sólido municipal

El residuo sólido que proviene de actividades que se desarrollan en casa-habitación, sitios y servicios públicos demoliciones, construcciones, establecimientos comerciales y de servicios, así como residuos industriales que no se deriven de su proceso.

### **2.34** Sistema de flujo

Es definido por la dirección de flujo que sigue el agua subterránea, considerando las zonas de recarga y descarga, las cargas y gradientes hidráulicos o profundidad y el efecto de fronteras hidráulicas, Incluye además la interacción con el agua superficial y comprende sistemas locales, intermedios y regionales.

### **2.35** Talud

Es la inclinación formada por la acumulación de fragmentos del suelo con un ángulo de reposo del material de terreno de que se trate.

### **2.36** Unidades litológicas

Conjunto de materiales geológicos compuestos predominantemente de cierta asociación de minerales que tienen un origen común.

### **2.37** Volumen de extracción

Se refiere a la cantidad de agua subterránea que se extrae de un acuífero a través de pozos norías.

### **2.38** Zona de aireación

La zona que contiene agua bajo presión menor a la de la atmósfera, está delimitada entre la superficie del terreno y el nivel freático.

### **2.39 Zona de descarga**

Es la porción del drenaje subterráneo de la cuenca en la cual el flujo de agua subterránea fluye de mayor profundidad hacia el nivel freático; es decir, el flujo subterráneo es ascendente.

### **2.40 Zona de inundación**

Area sujeta a variaciones de nivel de agua por arriba del nivel del terreno, asociadas con la precipitación pluvial, el escurrimiento y las descargas de agua subterráneas.

### **2.41 Zona de recarga**

Es la porción del drenaje subterráneo de la cuenca en la cual el flujo del agua subterránea fluye del nivel freático hacia mayor profundidad, es decir, el flujo subterráneo es descendente.

### **2.42 Zona de saturación**

El área que se caracteriza por tener sus poros o fracturas llenas de agua, su límite superior corresponde al nivel freático y su límite inferior es una unidad impermeable.

### **2.43 Zona no saturada**

Es el espesor que existe entre la superficie del terreno y el nivel freático. Es equivalente a la profundidad del nivel freático.

## **3. ESPECIFICACIONES**

**3.1** Con el fin de cumplir con las diferentes especificaciones de ubicación, que debe satisfacer un sitio para la disposición final de residuos sólidos municipales, y facilitar la toma de decisiones en las diferentes etapas de los estudios que se describen en el punto 4 de esta Norma Oficial Mexicana, debe ser considerado el diagrama de flujo que se describe en el Anexo 1.

**3.2** Las condiciones mínimas que debe cumplir un sitio de disposición final de residuos sólidos municipales, son las siguientes:

### **3.2.1 Aspectos generales**

**3.2.1.1** Restricción por afectación a obras civiles o áreas naturales protegidas.

**3.2.1.1.1** Las distancias mínimas a aeropuertos son:

**a)** De 3000 m (tres mil metros) cuando maniobren aviones de motor a turbina.

**b)** De 1500 m (mil quinientos metros) cuando maniobren aviones de motor a pistón.

**3.2.1.1.2** Respetar el derecho de vía de autopistas, ferrocarriles, caminos principales y caminos secundarios.

**3.2.1.1.3** No se deben ubicar sitios dentro de áreas naturales protegidas.

**3.2.1.1.4** Se deben respetar los derechos de vía de obras públicas federales, tales como oleoductos, gasoductos, poliductos, torres de energía eléctrica, acueductos, etc.

**3.2.1.1.5** Debe estar alejado a una distancia mínima de 1500 m (mil quinientos metros), a partir del límite de la zona urbana de la población por servir, así como de poblaciones rurales de hasta 2500 habitantes. En caso de no cumplirse con esta restricción, se debe demostrar que no existirá afectación alguna a dichos centros de población.

**3.2.1.2** La localización de sitios de disposición final de residuos sólidos municipales, para aquellas localidades con una población de hasta 50,000 habitantes, o cuya recepción sea de 30 toneladas por día, de estos residuos; se debe hacer considerando exclusivamente las especificaciones establecidas en los puntos 3.2.3 y 3.2.4 de esta Norma Oficial Mexicana.

### **3.2.2 Aspectos hidrológicos**

**3.2.2.1** Se debe localizar fuera de zonas de inundación con periodos de retorno de 100 años. En caso de no cumplir lo anterior, se debe demostrar que no exista la obstrucción del flujo en el área de inundación o posibilidad de deslaves o erosión que provoquen arrastre de los residuos sólidos.

**3.2.2.2** El sitio de disposición final de residuos sólidos municipales no se debe ubicar en zonas de pantanos, marismas y similares.

**3.2.2.3** La distancia de ubicación del sitio con respecto a cuerpos de agua superficiales con caudal continuo, debe ser de 1000 m (mil metros) como mínimo y contar con una zona de amortiguamiento tal que pueda retener el caudal de la precipitación pluvial máxima presentada en los últimos 10 años en la cuenca, definida por los canales perimetrales de la zona.

### **3.2.3 Aspectos geológicos**

**3.2.3.1** Debe estar a una distancia mínima de 60 m (sesenta metros) de una falla activa que incluya desplazamiento en un periodo de tiempo de un millón de años.

**3.2.3.2** Se debe localizar fuera de zonas donde los taludes sean inestables, es decir, que puedan producir movimientos de suelo o roca, por procesos estáticos y dinámicos.

**3.2.3.3** Se deben evitar zonas donde existan o se puedan generar asentamientos diferenciales que lleven a fallas o fracturas del terreno, que incrementen el riesgo de contaminación al acuífero.

### **3.2.4 Aspectos hidrogeológicos**

**3.2.4.1** En caso de que el sitio para la disposición final de los residuos sólidos municipales esté sobre materiales fracturados, se debe garantizar que no exista conexión con los acuíferos de forma natural y que el factor de tránsito de la infiltración (f) sea  $\leq 3 \times 10^{-10} \text{Seg}^{-1}$ .

**3.2.4.2** En caso de que el sitio para la disposición final de los residuos sólidos municipales esté sobre materiales granulares, se debe garantizar que el factor de tránsito de la infiltración (f) sea  $\leq 3 \times 10^{-10} \text{seg}^{-1}$

**3.2.4.3** La distancia mínima del sitio a pozos para extracción de agua para uso doméstico, industrial, riego y ganadero tanto en operación como abandonados, debe estar a una distancia de la proyección horizontal por lo menos de 100 m (cien metros) de la mayor circunferencia del cono de abatimiento, siempre que la distancia resultante sea menor a 500m (quinientos metros), esta última será la distancia a respetar.

### **3.2.5 Consideraciones de selección**

**3.2.5.1** En caso de que exista una probable contaminación a cuerpos de agua superficial y subterránea, se debe recurrir a soluciones mediante obras de ingeniería.

## **4. PROCEDIMIENTOS**

**4.1** La selección de un sitio para la disposición final de residuos sólidos municipales requiere de estudios geológicos, hidrogeológicos y otros complementarios.

### **4.2 Estudios geológicos**

**4.2.1** Se deben realizar estudios geológicos de tipo regional y local, de acuerdo con las siguientes características:

#### **4.2.1.1 Estudio geológico regional**

Determinar el marco geológico regional con el fin de obtener su descripción estatigráfica, así como su geometría y distribución, considerando también la identificación de discontinuidades, tales como fallas y fracturas. Asimismo, se debe incluir todo tipo de información existente que ayude a un mejor conocimiento de las condiciones del sitio; esta información puede ser de corte litológicos de pozos de agua, exploración geotécnica, petrolera o de otra índole.

#### **4.2.1.2 Estudio geológico local**

Determinar las unidades litológicas en el sitio, su geometría, distribución y presencia de fallas y fracturas. Asimismo, debe incluir estudios geofísicos para complementar la información sobre las unidades litológicas. El tipo de método a utilizar y el volumen de trabajo, debe garantizar el conocimiento tridimensional del comportamiento y distribución de los materiales



en el subsuelo hasta una profundidad y distribución horizontal adecuada a las características geológicas e hidrogeológicas del área en que se ubica el sitio.

**4.2.1.3** Si los resultados geológicos y geofísicos preliminares muestran que no existe conexión aparente entre las rocas fracturadas con acuíferos o que la distribución de unidades litológicas de baja permeabilidad es amplia, se debe realizar un mínimo de una perforación e la periferia del sitio.

### **4.3 Estudios hidrogeológicos**

**4.3.1** Los estudios hidrogeológicos deben considerar cinco etapas.

Evidencias y uso del agua subterránea

Identificación del tipo de acuífero.

Determinación de parámetros hidráulicos de las unidades hidrogeológicas, características físico-químicas del agua subterránea y características elementales de los estratos de subsuelo.

Análisis del sistema de flujo.

Evaluación del potencial de contaminación.

#### **4.3.1.1 Evidencia y uso del agua subterránea**

Definir la ubicación y distribución de todas las evidencias del agua subterránea, tales como manantiales, pozos y norias, a escala regional y local. Asimismo, se debe determinar el volumen de extracción, tendencias de la explotación y planes de desarrollo en la zona de estudio.

#### **4.3.1.2 Identificación del tipo de acuífero.**

Identificar las unidades hidrogeológicas, extensión y geometría, tipo de acuífero (libre, confinado, semi-confinado) y relación entre las diferentes unidades hidrogeológicas que definen el sistema acuífero.

**4.3.1.3** Determinación de parámetros hidráulicos de las unidades hidrogeológicas, características físico-químicas del agua subterránea y características elementales de los estratos del subsuelo.

Determinar la profundidad al nivel piezométrico en el sistema acuífero, dirección y velocidad del agua subterránea a partir de los parámetros de conductividad hidráulica, carga hidráulica y porosidad efectiva.

Conocer la composición química del agua subterránea.

Determinar la conductividad hidráulica (K), la fracción de carbono orgánico (FCO) y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de los diferentes estratos del subsuelo de la zona no saturada.

#### 4.3.1.4 Análisis del sistema de flujo

Con base en la información geológica y de los puntos 4.3.1.1, 4.3.1.2 y 4.3.1.3 de esta Norma Oficial Mexicana y de otros elementos hidrogeológicos, tales como zonas de freatofitas, zonas de recarga y descarga, etc. se debe definir el sistema de flujo local y regional del área de estudio.

#### 4.3.1.5 Evaluación del potencial de contaminación.

Se debe integrar toda la información obtenida de los puntos 4.3.1.1, 4.3.1.2, 4.3.1.3 y 4.3.1.4 de esta Norma Oficial Mexicana, para determinar si el sitio es apto o si requiere obras de ingeniería. Para ello se debe considerar la gráfica del Anexo 2.

Esta gráfica define la condición de tránsito de la infiltración aceptable que deben tener los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales, su valor de frontera está definido por  $f \leq 3 \times 10^{-10} \text{seg}^{-1}$  que representa el factor de tránsito de la infiltración, el cual relaciona a la velocidad promedio final de infiltración contra los diferentes espesores de los materiales de la zona no-saturada incluyendo la porosidad de ellos, según la siguiente fórmula:

$$f = (K \cdot i) / (U \cdot d)$$

#### Donde:

**f** = factor de tránsito de la infiltración, (seg-1).

**d** = espesor de la zona no-saturada, (m).

**U** = porosidad promedio efectiva de los materiales de la zona no-saturada, (adimensional)

**i** = gradiente hidráulico, (adimensional).

**K** = conductividad hidráulica promedio de los materiales de la zona no-saturada, (m/s).

La velocidad promedio (v) se calcula a partir de la conductividad hidráulica saturada (K) de los materiales del subsuelo en la zona no-saturada, dividida por la porosidad promedio efectiva (U), considerando un gradiente hidráulico unitario (i), de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$V = Ki/U.$$

El valor de (f) obtenido, para el caso de que se trate, debe graficarse para determinar su aptitud y viabilidad. Los sitios aptos son aquellos cuyo factor de tránsito de la infiltración es:

$$f \leq 3 \times 10^{-10} \text{ seg}^{-1}$$

#### **4.3.1.6** Aplicación de tecnologías y sistemas equivalentes

Previa autorización de los gobiernos de los estados o, en su caso de los municipios, con arreglo a las disposiciones de la presente Norma Oficial Mexicana, se pueden elegir sitios de disposición final de residuos sólidos municipales que no reúnan alguna de las condiciones establecidas anteriormente, cuando se realicen obras de ingeniería cuyos efectos resulten equivalentes a los que se obtendrían del cumplimiento de los requisitos previstos en los puntos 3.2.1.1, 3.2.2.1, 3.2.2.3, 3.2.3.2, 3.2.3.3, 3.2.4.1, 3.2.4.2, 3.2.5.1 de esta Norma Oficial Mexicana; obras con las cuales se debe acreditar técnicamente que no se afectaría negativamente al medio ambiente.

### **5. GRADO DE CONCORDANCIA CON NORMAS Y RECOMENDACIONES INTERNACIONALES**

**5.1** No hay normas equivalentes, las disposiciones de carácter técnico que existen en otros países, no reúnen los elementos y preceptos de orden técnico y jurídico que en esta Norma se integran y complementan de manera coherente, con base en los fundamentos técnicos y científicos reconocidos internacionalmente.

### **6. BIBLIOGRAFIA**

**6.1** Manual de Rellenos Sanitario SEDUE, Subsecretaría de Ecología, 1984, México.

**6.2** Manual de Hidráulica Azevedo Alvarez (Editorial Harla), México

**6.3** Mecánica de Suelos E. Juárez Badillo y A. Rico Rodríguez (1970), México

**6.4** Sanitary Landfill Design and Operation Dr. Brunner & D.J Keller, U.S.E.P.A. 1971. (Diseño y operación de un relleno sanitario) E.U.A.

**6.5** Guía de Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios. Manuales de la Organización Panamericana de la Salud. Jorge Jaramillo y Francisco Zepeda (1991).

**6.6** Practical Waste Management. John R. Holmes (1983), Editorial JohnWiley & Sons (Manejo práctico de residuos), E.U.A.

**6.7** Estudio de Comportamiento de un Relleno Sanitario mediante una celda de control (1992). Dirección General de Servicios Urbanos D.D.F., México.

**6.8** Groundwater, R. Allan Freeze/ John A. Cherry, Prentice Hall Inc. (1979) (Agua subterránea) E.U.A.

- 6.9** Diccionario de Mineralogía y Geología, Lexis 22, Barcelona, España (1980)
- 6.10** Dictionary of Geological Terms. The American Geological Institute, (1984) E.U.A. (Diccionario de términos geológicos) E.U.A.
- 6.11** The Geochemistry of Natural Waters, Drever, J. Prentice Hall E.U.A.(1982)
- 6.12** Determinación del Riesgo de Contaminación de Aguas Subterráneas, CEPIS, OPS, Foster S., Hirata R., Lima, Perú (1988)
- 6.13** Introduction to Geochemistry, Segunda Edición, Mc. Graw-Hill Book Co, Krauskopf K E.U.A (1979). (Introducción a la geoquímica).
- 6.14** Earth, W.H. Freeman and Company. Press F.,Siever R. E.U.A. (1986). (la Tierra),

## **7. OBSERVANCIA DE ESTA NORMA**

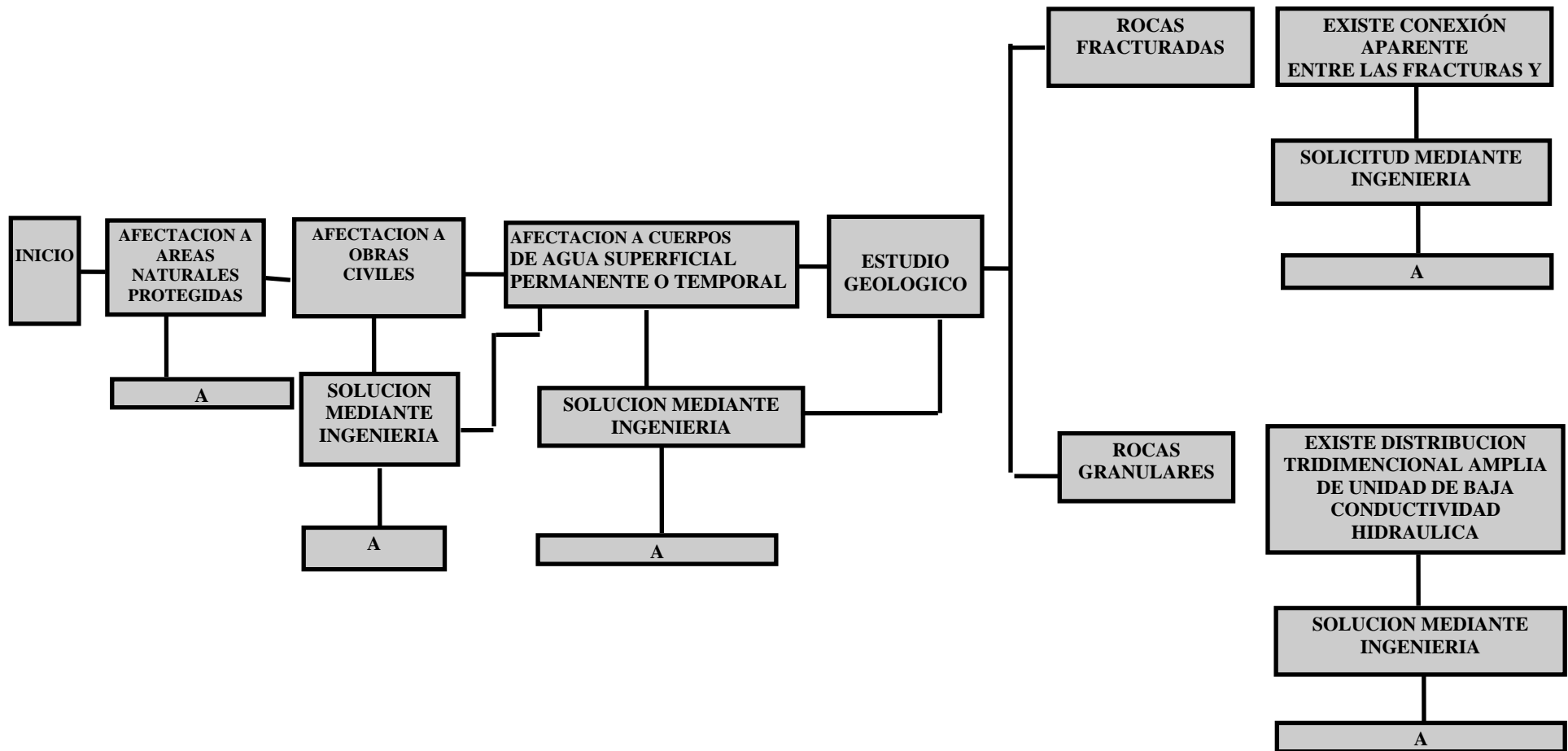
**7.1** Los sitios destinados a la disposición final de residuos sólidos municipales que operan actualmente, tienen un plazo de tres años a partir de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación** para regularizar su situación de acuerdo a los preceptos de esta Norma.

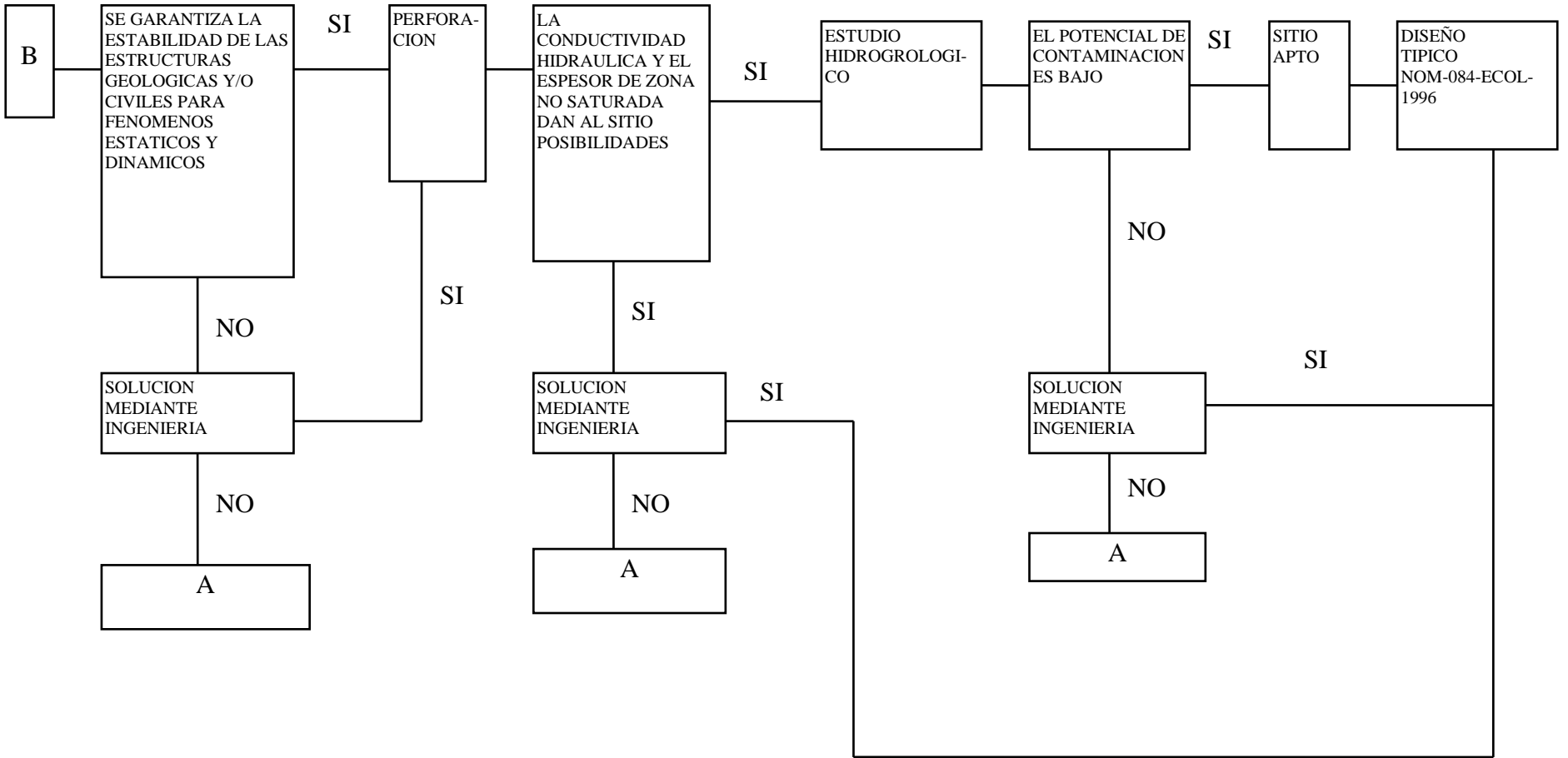
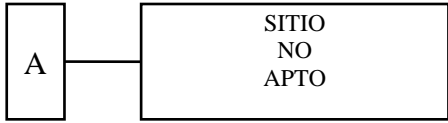
**7.2** La vigilancia del cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana, corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, a los Gobiernos del Distrito Federal, de los estados y municipios en el ámbito de su jurisdicción y competencia, cuyo personal realizará los trabajos de inspección y vigilancia que sean necesarios. Las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

**7.3** La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**.

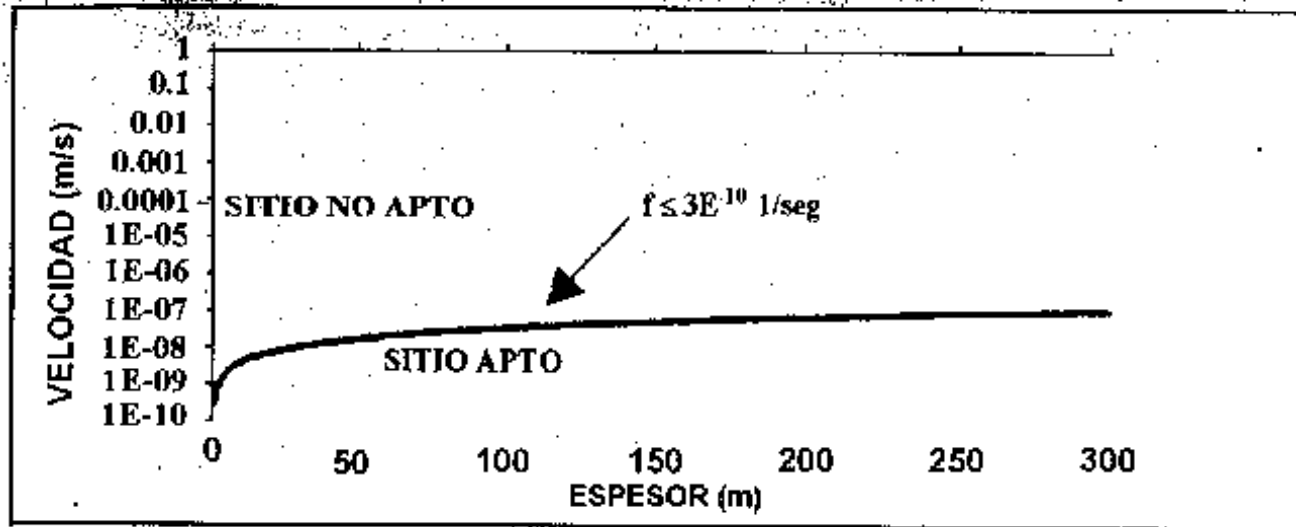
México, Distrito Federal, a los catorce días del mes de agosto de mil novecientos noventa y seis,-La Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, **Julia Carabias Lillo**.

**ANEXO 1. DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA TOMA DE DECISIONES EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE LOS ESTUDIOS**





## ANEXO 2



$$f = \{(K \cdot i) / (U \cdot d)\}$$

Donde:

f= factor de tránsito de la infiltración, (1/s).

d= espesor de la zona no-saturada, (m).

U= porosidad promedio efectiva, (adimensional).

i= gradiente hidráulico, (adimensional).

K= conductividad hidráulica, (m/s).

**ANEXO 4**

**NORMA CHILENA PARA**

**RELLENO SANITARIO**



# ***NORMA CHILENA PARA RELLENO SANITARIO***

Documento en Consulta Pública, 3 de Enero del 2003

- TITULO I : DISPOSICIONES GENERALES
- TÍTULO II : DEL SITIO
- TÍTULO III : DEL DISEÑO
- TÍTULO IV : DE LA OPERACIÓN
- TÍTULO V : DEL MONITOREO Y CONTROL
- TÍTULO VI : DEL PLAN DE CIERRE
- TÍTULO VII : DE LOS RELLENOS SANITARIOS PARA POBLACIONES INFERIORES A 20.000 HABITANTES
- TÍTULO VIII : DE LA DISPOSICIÓN DE OTROS RESIDUOS SÓLIDOS
- TÍTULO IX : DE LAS SANCIONES Y PROCEDIMIENTOS
- TITULO FINAL

## **PROYECTO: "REGLAMENTO DE RELLENOS SANITARIOS"**

### **TITULO I : DISPOSICIONES GENERALES**

#### **Artículo 1**

El presente reglamento establece las condiciones sanitarias y ambientales que deberá cumplir todo sitio destinado a la eliminación en terreno de residuos sólidos domiciliarios y residuos sólidos asimilables.

Las instalaciones de eliminación de residuos sólidos domiciliarios que cumplan con las disposiciones que establece el presente reglamento se denominarán rellenos sanitarios.

#### **Artículo 2**

Corresponderá a los Servicios de Salud y en la Región Metropolitana al Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente, fiscalizar y controlar el cumplimiento de las disposiciones del presente reglamento, todo ello de acuerdo con las normas e instrucciones generales que imparta el Ministerio de Salud.

#### **Artículo 3**

Para efectos del presente reglamento, las expresiones que aquí se indican tendrán el significado que se señala:

Biogás: mezcla de gases generada por la descomposición anaeróbica de la materia orgánica putrescible de los residuos que se depositan en un relleno sanitario y que consiste mayoritariamente en metano, dióxido de carbono, vapor de agua y, en mucho menor medida, de gases tales como el sulfuro de hidrógeno, hidrógeno, etc.

Celda: unidad básica de un relleno sanitario que consiste en la basura descargada diariamente en el frente de trabajo, debidamente compactada y sobre cuya superficie se coloca, al menos al final de la jornada de trabajo, cobertura diaria.

**Cobertura diaria:** capa de tierra compactada de al menos 15 cm de espesor o capa de material alternativo debidamente autorizado con que se cubre la totalidad de los residuos dispuestos durante un día de operación en un relleno sanitario y que tiene como objetivos evitar el contacto de los residuos con el medio ambiente, alcanzar y mantener condiciones anaeróbicas en las celdas sanitarias, controlar la proliferación de vectores sanitarios, el biogás, la emanación de olores ofensivos, los riesgos de incendio y el ingreso de aguas lluvias al y su consecuente generación de lixiviados.

**Cobertura intermedia:** capa de tierra compactada de al menos 30 cm de espesor o capa de material alternativo debidamente autorizado que debe ser colocada sobre residuos dispuestos en un relleno sanitario sobre los cuales no se colocarán otros residuos por períodos prolongados, de forma de asegurar por un lapso mayor los objetivos de la cobertura diaria.

**Cobertura final:** sello que es colocado sobre la superficie final de un relleno sanitario de forma de garantizar en el largo plazo el control de la emisión de gases a la atmósfera, la erosión, el contacto de los residuos con el medio ambiente y la infiltración de agua y la consecuente generación de lixiviados.

**Compactación:** reducción del volumen de los residuos sólidos, con el consecuente aumento de su densidad, a través de procesos físicos tales como el aplanamiento o aplastamiento, la que puede ser resultado del tránsito deliberado de maquinaria pesada sobre la basura, del apisonamiento con equipamiento manual o de la compresión que resulta de la acción del propio peso de los residuos.

**Conductividad hidráulica (k):** tasa de descarga de agua a través de una unidad de área de un medio poroso sometido a una unidad de gradiente hidráulico en condiciones de temperatura estándar (20° C).

**Falla geológica activa:** fractura en cualquier material geológico en el que a lo largo de un lado de su estratigrafía haya ocurrido un desplazamiento respecto del otro durante el período holoceno.

**Habilitación:** etapa previa a la entrada en operación de un relleno sanitario en la que se construyen todas las obras y se dota de todo el equipamiento y personal necesarios para iniciar la operación de la instalación.

**Limite inferior de explosividad:** concentración porcentual mínima en volumen de una mezcla de un gas combustible en el aire capaz de propagar una llama a 25° C y a presión atmosférica.

**Limite superior de explosividad:** concentración porcentual máxima en volumen de una mezcla de un gas combustible en el aire capaz de propagar una llama a 25° C y a presión atmosférica.

**Líquidos libres:** líquidos que bajo condiciones de temperatura y presión ambientales rápidamente se separan de los residuos sólidos.

**Lixiviado:** líquido que ha percolado o drenado a través de los residuos y que contiene componentes solubles y material en suspensión presentes en éstos

**Material de cobertura:** tierra u otro material alternativo debidamente autorizado, utilizada en la construcción de las coberturas diaria e intermedia de las celdas sanitarias.

**Membrana:** barrera constituida por materiales plásticos, arcillas densas u otros

materiales de baja permeabilidad, destinadas a impermeabilizar rellenos sanitarios, lagunas de lixiviados, etc.

Método de zanja: método constructivo de relleno sanitario que consiste en depositar, acomodar y compactar las basuras en zanjas o trincheras, generalmente excavadas mecánicamente y en donde el material excavado es colocado a un lado de la zanja para ser utilizado como material de cobertura.

Método de área: método constructivo de relleno sanitario que consiste en depositar, acomodar y compactar las basuras sobre la superficie natural del terreno. Este método es utilizado en terrenos planos o de pendiente suave, así como también en pozos, hondonadas u otras depresiones. En este caso, el material de cobertura generalmente debe ser transportado desde otro sitio.

Relleno sanitario: instalación de eliminación de residuos sólidos en la cual se disponen los residuos sólidos domiciliarios y asimilables, diseñada, construida y operada para minimizar molestias y riesgos a la salud de la población y daño para el medio ambiente, en el cual las basuras son compactadas en capas al mínimo volumen practicable y cubiertas con material de cobertura a lo menos al final de cada día de operación y que cumple con las disposiciones del presente reglamento.

Residuo sólido, basura, desecho o desperdicio: sustancias, elementos u objetos que el generador elimina, se propone eliminar o está obligado a eliminar.

Residuos sólidos asimilables: residuos sólidos, basuras o desperdicios generados en procesos industriales u otras actividades que no son tóxicos, inflamables, corrosivos y/o reactivos o que no son calificados como residuos peligrosos por la autoridad sanitaria y que, además, por su composición y características físicas, químicas y bacteriológicas pueden ser manejados en un relleno sanitario.

Residuos sólidos domiciliarios: basuras o desperdicios sólidos generados en viviendas y en establecimientos tales como edificios habitacionales, locales comerciales, locales de expendio de alimentos, hoteles, establecimientos educacionales y cárceles.

#### **Artículo 4**

Previo al inicio de la construcción de todo relleno sanitario, el titular deberá contar con un proyecto aprobado por la autoridad sanitaria competente, el que deberá ser elaborado por un profesional de la ingeniería civil y contener al menos la siguiente documentación:

a ) Diseño de ingeniería: conjunto de antecedentes, incluida la memoria técnica y de cálculo y los planos que justifican el diseño y la selección del método constructivo del relleno sanitario. Los antecedentes que además deben ser incluidos son al menos los siguientes:

a.1) Proyección de la población servida y de la generación de residuos a lo largo de la vida útil estimada del proyecto.

a.2) Planos:

a.2.1) de ubicación de la instalación en escala de 1:10.000,

a.2.2) del área de disposición final de los residuos domésticos,

a.2.3) del área de disposición final de residuos infecciosos y lodos si ello corresponde,

- a.2.4) de diseño de la celda sanitaria,
- a.2.5) los planos que sean necesarios para la mejor visualización del avance de las obras,
- a.2.6) planos de todas las instalaciones y construcciones anexas.
- a.3) Determinación de la capacidad máxima de recepción de residuos, en términos de volumen, debiéndose mostrar a través de suficientes planos longitudinales y transversales dicho volumen.
- a.4) Programa de avance anual de la construcción del relleno sanitario, incluyendo la habilitación de la instalación.
- a.5) Diseño del sistema de impermeabilización y de las coberturas.
- a.6) Diseño de los sistemas de manejo de lixiviados, biogás y de escorrentías superficiales si corresponde
- a.7) Cantidad y especificaciones técnicas de los equipos, maquinarias y materiales y los perfiles de los profesionales, técnicos y personal en general necesario para la construcción, operación y cierre del relleno sanitario.
- b ) Plan de Operación: plan en el que se debe describir detalladamente la forma en que se desarrollarán todas las operaciones y actividades necesarias para dar disposición final sanitaria a los residuos sólidos.
- c ) Plan de monitoreo y control: plan en el que se debe especificar al menos el monitoreo de las aguas subterráneas y del biogás.
- d ) Plan de Cierre: plan en el que se deberá detallar las obras y actividades destinadas a mantener las condiciones anaeróbicas en el relleno sanitario, controlar la migración de biogás y lixiviados y la integridad del relleno sanitario luego de finalizadas las operaciones de disposición final de residuos. En dicho plan se deberá detallar al menos lo siguiente:
  - d.1) obras y actividades que deberán completarse luego que el relleno sanitario haya copado su capacidad autorizada para disponer residuos sólidos tales como manejo y disposición de lixiviados, control de biogás, manejo de escorrentías superficiales.
  - d.2) operación, mantención y seguimiento de los sistemas necesarios para evitar riesgos para la salud y el medio ambiente,
  - d.3) uso o destino futuro del relleno sanitario, incluidas las obras y actividades que se realizarán.
- e ) Plan de Contingencias
- f ) Otros Antecedentes: documentos tales como contratos, tenencia del sitio y arriendos.

#### **Artículo 5**

En el acceso de todo relleno sanitario deberá existir un letrero claramente visible en el que se informe al menos lo siguiente:

- a. Nombre de la Instalación
- b. Persona responsable y número telefónico
- c. Horario y días de la semana en que se acepta el ingreso de residuos

d. Tipos de residuos a los que se acepta su ingreso

## TÍTULO II : DEL SITIO

[\[subir\]](#)

### **Artículo 6**

Todo sitio destinado a la construcción de un relleno sanitario deberá estar ubicado conforme a la zonificación del Plano Regulador u otro instrumento de ordenamiento territorial que permita la eliminación de residuos sólidos domiciliarios a través de rellenos sanitarios.

### **Artículo 7**

Todo relleno sanitario deberá encontrarse a más de 300 m de cualquier vivienda o local habitable y a más de 600 m, de toda población o grupo de viviendas, de establecimientos tales como los de atención de la salud, educacionales, carcelarios, de fabricación de alimentos y de fuentes de suministro de agua potable.

Las distancias a que se hacen referencia en el párrafo anterior deberán ser medidas a partir del menor perímetro del área que comprenda el sector en donde se dispondrán los residuos y de toda instalación anexa al relleno sanitario capaz de generar olores, tal como es el caso de plantas de tratamiento de líquidos lixiviados, zonas de lavados de camiones, zona de pesajes.

### **Artículo 8**

Todo relleno sanitario deberá encontrarse a no menos de 3.000 m del final de la pista de todo aeropuerto utilizado por aviones con motores turbo jet y a no menos de 1.500 m del final de la pista de todo aeropuerto utilizado sólo por aviones con motores del tipo pistón, distancias que deberán ser determinadas de la forma indicada en el artículo precedente.

### **Artículo 9**

El sitio deberá ser seco, no debiéndose construir rellenos sanitarios sobre suelos saturados tales como en los que existan afloramientos de agua, humedales, riberas húmedas, borde costero, además, el sitio no deberá estar expuesto al lavado o arrastre de los residuos por acción del agua, ya sea producto de la existencia de escorrentías superficiales o por la ocurrencia de inundaciones con períodos de retorno inferiores a 100 años, a menos que el proyecto de ingeniería considere medidas para controlar dichos efectos

### **Artículo 10**

No se deberá construir rellenos sanitarios en sitios que puedan afectar su estabilidad estructural, debiendo cumplir el sitio con los siguientes requerimientos:

- a) no estar sobre fallas geológicas activas,
- b) no estar expuesto a deslizamientos o derrumbes de terreno,
- c ) no estar expuesto a subsidencias o asentamientos debido a las existencia de minas subterráneas, extracción de agua, petróleo o gas o de suelos expuestos a disolución.
- d) no estar ubicado en suelos inestables o de baja resistencia.

### **Artículo 11**

Se deberá demostrar que el sitio cuenta con suficiente material de cobertura para cumplir a lo largo de toda la operación del relleno sanitario con la totalidad de los requerimientos de cubrimiento diario de las basuras.

En caso de que en el sitio el material de cobertura sea insuficiente, se deberá demostrar que él o los lugares desde donde se obtendrá dicho material tendrán capacidad adicional suficiente para cumplir con los mencionados requerimientos y, además, se deberá garantizar mediante documentación legal que durante toda la operación del relleno sanitario se tendrá acceso a dicho material.

### **Artículo 12**

El sitio deberá contar con vías de acceso adecuadas al tráfico de vehículos que ingresará al relleno sanitario durante toda época del año.

TÍTULO III : DEL DISEÑO

[\[subir\]](#)

### **Artículo 13**

El diseño de todo relleno sanitario deberá considerar aspectos tales como la topografía y ubicación del sitio, la disponibilidad del material de cobertura, la altura máxima de la napa subterránea, la capacidad de soporte del suelo, la hidrología e hidrogeología, el tamaño de la población servida y otros antecedentes que se consideren relevantes.

### **Artículo 14**

Se deberá determinar la capacidad máxima, en volumen, de disposición de residuos que tendrá el relleno sanitario durante todo su período de operación y se deberá consignar claramente en el proyecto las cotas máximas que se podrán alcanzar durante su operación.

### **Artículo 15**

Las pendientes de los taludes de un relleno sanitario no deberán ser superiores a 1V:3H. En el caso que se pretenda construir dichos taludes con pendientes mayores se deberá demostrar que la relación entre los esfuerzos resistentes y los esfuerzos deslizantes es mayor o igual a 1,5 en condiciones estáticas y mayor o igual a 1,3 bajo condiciones sísmicas.

### **Artículo 16**

Todo proyecto de relleno sanitario deberá, de acuerdo a las condiciones de pluviometría, permeabilidad del terreno y la población servida proyectada, considerar un sistema de impermeabilización de paredes y de fondo, de acuerdo a los criterios establecidos en la Tabla "Requerimientos Mínimos de Impermeabilización".

#### **Tabla I**

#### **Requerimiento Mínimos de Impermeabilización**

<b>Precipitación</b> <b>(año normal)</b>	<b>Rango de Población</b> <b>(miles de habitantes)</b>		
	<b>Pob &gt;100</b>	<b>20 &lt; Pob &lt; 100</b>	<b>Pob &lt; 20</b>
<b>PP &gt; 150 mm</b>	I1	I2	I3

PP < 150 mm	I2	I3	I3
-------------	----	----	----

En donde los requerimientos de impermeabilización corresponden a los siguientes:  
 I1 = Membrana plástica con un espesor mínimo de 0,76 mm y de 1,52 mm en el caso de polietileno de alta densidad, sobre capa de arcilla de 60 cm espesor y conductividad hidráulica máxima de  $10^{-7}$  cm/s o en su defecto un sistema de impermeabilización de dos membranas que garantice condiciones iguales o superiores de impermeabilidad.

I2 = Capa de arcilla de 60 cm espesor conductividad hidráulica máxima de  $10^{-7}$  cm/s o membrana que garantice condiciones iguales o superiores de impermeabilidad.

I3 = Terreno natural con un espesor mínimo de 5 m sobre el nivel frático más alto, con una conductividad hidráulica equivalente máxima de  $10^{-5}$  cm/s.

En los casos en que el diseño del relleno sanitario deba considerar impermeabilización de los tipos I1 e I2, la distancia desde el fondo de éste hasta el nivel frático más alto no deberá ser inferior a 3 metros, debiendo existir una capa de tierra natural con una conductividad hidráulica equivalente no superior a  $10^{-5}$  cm/s.

#### **Artículo 17**

Se deberá diseñar un plan de construcción del sistema de impermeabilización, en el que se detallarán todos los procedimientos que se deberán seguir durante su construcción, de tal forma de asegurar que se cumplirá el objetivo para el cual han sido diseñados.

#### **Artículo 18**

Todo proyecto de relleno sanitario deberá incorporar una estimación de la generación de los líquidos lixiviados y la justificación técnica de su manejo.

Dicho manejo podrá considerar la recirculación o inyección de lixiviados en el relleno sanitario sólo si ésta no implica un deterioro en la estabilidad estructural de la instalación, ni un incremento de la aparición de líquidos en los taludes del relleno.

La inyección de lixiviados se deberá realizar a través de pozos especialmente contruidos para tales efectos y que permitan su distribución homogénea en la masa de basuras, no permitiéndose el uso de chimeneas para tales efectos.

En los casos en que se trate de rellenos sanitarios contruidos en zanjas, pozos o depresiones capaces de contener la totalidad de los residuos a disponer, se podrá considerar el total confinamiento de los líquidos lixiviados al interior de la masa de relleno. En tales casos el diseño deberá contemplar una cobertura final que minimice la infiltración del agua de precipitación hacia el interior del relleno y la consecuente generación de lixiviados, de forma de asegurar que no habrá afloramientos de éstos.

#### **Artículo 19**

Sin perjuicio de lo señalado en artículo precedente todo proyecto de relleno sanitario que requiere impermeabilización del tipo I1 deberá contemplar el diseño de un sistema de Manejo de Lixiviados.

El sistema deberá incluir al menos la recolección y tratamiento de éstos líquidos,

una capa de material drenante de espesor no inferior a 30 cm con un coeficiente de permeabilidad no inferior a  $10^{-2}$  cm/s, debiéndose asegurar que las cargas hidráulicas sobre el sistema de impermeabilización serán inferiores a 30 cm, así como toda obra o equipo necesario para su operación.

Además, el sistema deberá considerar toda obra o equipamiento necesario para monitorear y tratar los lixiviados y, cuando corresponda, para descargar el efluente tratado.

#### **Artículo 20**

Todo proyecto de relleno sanitario deberá considerar un sistema de control de escorrentías, el que deberá ser diseñado contemplando la intercepción y evacuación de escorrentías superficiales de manera de evitar el ingreso de ellas al interior del relleno, debiéndose considerar para su diseño las escorrentías generadas por una precipitación de 24 horas de duración y con período de retorno de 25 años.

#### **Artículo 21**

Todo proyecto de relleno sanitario deberá incorporar una estimación de la cantidad de biogás generado y, cuando corresponda, el diseño de un sistema de control de biogás, en el que se deberá justificar técnicamente el diseño y radio de influencia de las chimeneas de evacuación del biogás. Debiéndose considerar en aquellos casos en que no es factible su utilización, que el biogás evacuado a través de las chimeneas sólo podrá ser descargado previa combustión.

Los rellenos sanitarios que tengan una altura total inferior a seis metros o en todo aquel en que la estimación a que se hace referencia en el párrafo primero del presente artículo permita demostrar que las condiciones ambientales impiden la generación significativa de biogás, no requerirán de un sistema de control de biogás.

#### **Artículo 22**

Todo relleno sanitario deberá contemplar un cerco perimetral en todo su contorno, de 1.80m de altura mínima, que impida el acceso de personas ajenas a las faenas propias del relleno sanitario. En todo caso el área delimitada por el cerco perimetral deberá permitir las circulaciones necesarias para la operación y mantención del relleno sanitario.

### TÍTULO IV : DE LA OPERACIÓN

[\[subir\]](#)

#### **Artículo 23**

Previo a la entrada en operación de un relleno sanitario se deberá haber dictado la respectiva autorización de instalación, la que deberá ser otorgada luego que el respectivo Servicio de Salud halla constatado que se ha completado la habilitación del sitio de disposición final.

#### **Artículo 24**

La operación de todo relleno sanitario deberá ajustarse al respectivo plan aprobado en el proyecto.

#### **Artículo 25**

Todo relleno sanitario que contemple su operación en horario nocturno deberá



contar con iluminación que permita operar sin riesgos en el frente de trabajo.

**Artículo 26**

Todo relleno sanitario deberá contar con control del acceso de vehículos y personas al mismo. Dicho control debe impedir el ingreso de personas ajenas a la actividades propias de la instalación e incluir el registro de los vehículos que ingresan a ésta.

**Artículo 27**

Se deberá llevar un registro de la cantidad de residuos ingresados al Relleno Sanitario, para lo que se deberá contemplar al menos una báscula para determinar su peso con una precisión no inferior a 1 kg,

En el caso de que un relleno sanitario sirva a una población menor a 50.000 habitantes, alternativamente a lo señalado en el párrafo precedente, se podrá solicitar a la autoridad sanitaria el registro de la estimación del volumen de los residuos ingresados a la instalación.

**Artículo 28**

En todo relleno sanitario se deberá implementar un control de los residuos que ingresen a la instalación y, cuando corresponda, la documentación respectiva de forma de asegurar que sólo se dispondrán residuos para los que ésta está autorizada.

**Artículo 29**

El frente de trabajo deberá ser del menor ancho posible que permita una apropiada operación de los camiones y equipos en orden a que el área de los residuos expuestos durante la operación diaria sea mínima.

**Artículo 30**

Los caminos internos de todo relleno sanitario deberán contar con toda la señalización necesaria para evitar riesgos de accidentes y para guiar a los vehículos en su recorrido al interior de éste.

**Artículo 31**

Cuando la construcción de las celdas se realice con equipo del tipo tractor de oruga, tal como es el caso los cargadores frontales, la compactación se deberá realizar de la siguiente forma:

- a. las basuras deberán ser descargadas en la parte inferior de la celda,
- b. los residuos deberán ser esparcidos con la maquinaria o equipo desde abajo hacia arriba del talud, en capas no superiores a 60 cm y con una pendiente no superior a 1V:3H
- c. se deberá compactar los residuos con no menos de 3 pasadas de maquinaria o hasta que no sea posible disminuir el volumen de los residuos.

Cuando se utilicen compactadores de alta capacidad, se podrá autorizar la compactación de los residuos en capas horizontales.

**Artículo 32**

Durante la operación de todo relleno sanitario en que la compactación se realice

mecánicamente, se deberá mantener una máquina de reemplazo para la compactación de los residuos en caso de falla de una de las máquinas en uso, dicha máquina de reemplazo deberá estar permanentemente en buenas condiciones de operación.

### **Artículo 33**

La tierra utilizada en un relleno sanitario como material de cobertura deberá tener las siguientes características:

33.1.a) ser fácilmente trabajable con maquinaria, incluso en humedades superiores a la óptima,

33.1.b) alcanzar una permeabilidad una vez compactada que permita controlar la infiltración de aguas lluvias y que posibilite el control del paso de gases o vapores a través de la celda sanitaria,

33.1.c) tener una granulometría bien graduada

33.1.d) presentar un grado de cohesión suficiente para formar una capa de cobertura,

33.1.e) presentar una vez compactada una permeabilidad máxima de  $10^{-4}$  cm/s.

No obstante lo anterior se podrá solicitar autorización para utilizar materiales alternativos como material de cobertura, siempre que éstos cumplan con las características señaladas en el párrafo anterior y que además cumplan con las siguientes:

33.2.a) ser incombustibles,

33.2.b) ser resistentes a las solicitaciones propias de la operación de un relleno sanitario,

33.2.c) ser resistentes a la acción microbiológica,

33.2.d) ser resistentes a la erosión y el arrastre del viento,

33.2.e) no contener sustancias o materiales peligrosos ni capaces de liberar contaminantes al medio.

33.2.f) evitar la emanación de olores,

33.2.g) evitar la proliferación y atracción de vectores.

Dicha autorización estará sujeta a la presentación de una justificación técnica que tome en cuenta los siguientes factores:

33.3.a) disponibilidad del material,

33.3.b) facilidad de manejo,

33.3.c) condiciones climáticas,

33.3.d) efectos en la estabilidad estructural del relleno sanitario.

### **Artículo 34**

La cobertura diaria deberá colocarse sobre los residuos compactados al menos diariamente, debiendo esparcirse y compactarse el material de cobertura, alcanzando un espesor final mínimo de 15 centímetros en toda la superficie de la celda.

Se deberá cubrir con cobertura intermedia la superficie de las celdas sobre las que no se dispondrá basura dentro de los 180 días siguientes a su construcción. Cuando dicha disposición ocurra en un plazo superior a 365 días se deberá colocar sobre dicha superficie una cobertura final.

Por su parte, cuando sobre una celda, de acuerdo al proyecto aprobado por la

autoridad sanitaria, no se dispondrán nuevos residuos se deberá colocar sobre ella cobertura final, la cual deberá estar terminada en los 180. días siguientes cuando sobre la celda exista cobertura diaria y en 365 días cuando en dicha celda exista una cobertura intermedia.

#### **Artículo 35**

Todo relleno sanitario deberá mantener un acopio de material de cobertura que garantice la operación normal del relleno sanitario por al menos 15 días.

#### **Artículo 36**

No se podrá realizar la recuperación del material reciclable contenido en los residuos al interior de todo relleno sanitario, a menos que esta actividad se realice en una instalación especialmente diseñada para tales efectos, la que deberá ser cerrada, con radier de hormigón y techada y en donde la recuperación se realice de manera manual desde correas transportadoras o en forma mecanizada.

#### **Artículo 37**

Se deberá controlar que la fracción liviana de los residuos que pueda ser arrastrada por el viento, tales como papeles y plásticos, no se disperse fuera del frente de trabajo, para lo cual se deberá contar con rejas u otros sistemas que permitan dicho control. En todo caso se deberá mantener limpia de residuos la superficie del relleno sanitario, así como su lugar de emplazamiento y los sitios vecinos, recogiendo permanentemente la fracción liviana que no pueda ser controlada.

Además, se deberá mantener la limpieza de al menos los últimos 500 metros de él o los caminos de acceso al sitio de emplazamiento del relleno sanitario.

#### **Artículo 38**

Se deberá garantizar que en todo relleno sanitario se podrá disponer residuos sólidos bajo condiciones de precipitación extrema, debiéndose mantener para estos efectos al menos un sector accesible para la disposición de residuos durante episodios climáticos extremos.

#### **Artículo 39**

En todo relleno sanitario se deberá controlar los afloramientos de líquidos lixiviados. Cuando dichos afloramientos resulten de la inyección o recirculación de líquidos lixiviados contemplada en el proyecto, dicha práctica deberá ser suspendida.

#### **Artículo 40**

No se podrá asperjar, bajo ninguna circunstancia, los líquidos lixiviados. De igual forma no se podrá utilizar lixiviados sin que éstos hallan sido sometidos a un tratamiento previo.

#### **Artículo 41**

Se deberán mantener permanentemente encendidas la o las antorchas a través de las cuales se evacue el biogás.

#### **Artículo 42**

Queda prohibida la quema de residuos u otras materias dentro de todo relleno sanitario. Además, se deberá sofocar cualquier combustión superficial o encubierta en la instalación.

## TÍTULO V : DEL MONITOREO Y CONTROL

### Artículo 43

Todo relleno sanitario deberá contar con un sistema de monitoreo de calidad de las aguas subterráneas, que consulte un número suficiente de pozos instalados en sitios y profundidades adecuadas para extraer muestras representativas del acuífero superior. Para efectos de analizar los resultados del monitoreo, previo a la puesta en marcha del relleno, se deberá hacer una completa caracterización de dichas aguas que servirá de patrón de referencia.

El número, distancia y profundidad de tales pozos deberán ser determinadas en base a estudios técnicos específicos sobre el sitio, que provean una acabada caracterización del acuífero, caudal y variaciones estacionales del flujo. En todo caso, deberá existir al menos un pozo aguas arriba del relleno y uno aguas abajo de éste.

Se deberá proponer la frecuencia de monitoreo de acuerdo a las condiciones del emplazamiento, en todo caso la frecuencia mínima deberá ser de una muestra por pozo cada 6 meses, debiendo entregar el monitoreo información sobre la concentración de los parámetros de la tabla siguiente:

**TABLA II Parámetros de Monitoreo de Aguas Subterráneas**

<b>GRUPO DE PARÁMETROS</b>	<b>DE</b>	<b>PARÁMETROS</b>
Indicadores de Lixiviado	de	Dureza como CaCO <sub>3</sub> , Alcalinidad total como CaCO <sub>3</sub> , Sólidos suspendidos totales, Conductividad específica, pH, Carbón orgánico total
Aniones y cationes comunes		Calcio, Manganeso, Sulfato, Magnesio, Amoniaco, Cloro, Sodio, Carbonato, Potasio, Bicarbonato, Sílice, Hierro
Metales		Antimonio, Cromo, Selenio, Arsénico, Cobalto, Plata, Bario, Cobre, Talio, Berilio, Plomo, Vanadio, Níquel, Mercurio, Cadmio, Zinc

No obstante lo anterior, el Servicio de Salud podrá solicitar se informe respecto de otros parámetros en función de los residuos autorizados a ser dispuestos en el relleno sanitario.

### Artículo 44

Frente a sospechas de contaminación de cursos o masas de agua superficiales, la Autoridad Sanitaria competente podrá exigir un muestreo de verificación de esa contaminación y exigir un plan de monitoreo de dicha contaminación.

### Artículo 45

Se deberá controlar, cuando corresponda, la correcta ejecución del Plan de Construcción del Sistema de Impermeabilización. En todo caso la construcción o instalación de la membrana deberá ser certificada por una empresa reconocida por la autoridad sanitaria.

#### **Artículo 46**

En todo relleno sanitario la concentración de gas metano no podrá exceder del 25% de su límite de explosividad inferior en las estructuras de la instalación ni en los límites de éste.

Todo relleno sanitario que requiera de un sistema de control de biogás, de acuerdo a lo señalado en el artículo 21, deberá implementar un Plan de Monitoreo de Gas Metano para asegurar el cumplimiento de lo señalado en el párrafo precedente, el que deberá iniciarse al momento de entrada en operación del relleno sanitario. El tipo y frecuencia del monitoreo deberá ser determinado considerando aspectos tales como:

- a. condiciones físicas del sitio,
- b. composición de los residuos,
- c. geología y condiciones climáticas,
- d. profundidad de la napa subterránea,
- e. ubicación de edificios, estructuras, sistemas de alcantarillados, etc,
- f. vías posibles de migración

#### **Artículo 47**

Se deberá informar mensualmente a la Autoridad Sanitaria respecto a la operación del relleno sanitario. El contenido de dicho informe deberá consistir en al menos lo siguiente:

- a. la cantidad de residuos dispuestos,
- b. número de vehículos ingresados,
- c. maquinaria y equipos utilizadas, incluidos el número de horas,
- d. resultados de los monitoreos,
- e. cantidad de material de cobertura utilizada,
- f. estado de avance del relleno sanitario.

En todo caso, la estructura del informe mensual deberá ser aprobada por el Servicio de Salud respectivo.

TÍTULO VI : DEL PLAN DE CIERRE

[\[subir\]](#)

#### **Artículo 48**

Se deberá dar aviso a la autoridad sanitaria competente del término de las operaciones de disposición final de residuos, a más tardar 15 días después de que la instalación haya completado su capacidad autorizada para recibir residuos sólidos o cuando por cualquier otro motivo deje de disponer residuos sólidos, debiéndose iniciar en dicho momento la ejecución del Plan de Cierre con la finalización de la cobertura final, la que deberá estar terminada a más tardar en los 60 días siguientes.

No obstante lo señalado en el párrafo anterior, se podrá iniciar el Plan de Cierre previo al término de la disposición de residuos en el relleno sanitario.

#### **Artículo 49**

La configuración de la cobertura final deberá ser la que corresponda de acuerdo al sistema de impermeabilización, según los criterios establecidos en la tabla siguiente.

**Tabla III Configuración de Cobertura Final**

<b>SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN</b>	<b>CONFIGURACIÓN</b>
I1	Capa de 60 cm de material arcilloso con permeabilidad máxima de $10^{-7}$ cm/s colocada sobre una geomembrana de 0,5 mm de espesor, todo ello sobre una capa de material drenante de 30 cm de espesor y coeficiente de permeabilidad mínimo de $10^{-3}$ cm/s.
I2	Capa de 60 cm de arcilla con permeabilidad de máxima $10^{-7}$ cm/s.
I3	Capa de 100 cm de suelo con permeabilidad máxima de $10^{-5}$ cm/s.

Además, sobre dicha cobertura final se deberá colocar una capa de 15 cm de tierra capaz de sostener vegetación del lugar de emplazamiento de la instalación a objeto de minimizar la erosión del sistema de cobertura en el largo plazo.

#### **Artículo 50**

Una vez terminada la cobertura final, se deberá iniciar las actividades de mantenimiento de ésta así como de los sistemas de manejo de lixiviados, biogás y escorrentías superficiales y de cualquier otro componente de la instalación contemplado en el Plan de Cierre. Dichas actividades deberán mantenerse por un período de al menos 20 años.

De igual forma se deberá dar inicio a las actividades de monitoreo de los parámetros establecidos en el Plan de Cierre durante igual número de años.

#### **Artículo 51**

Una vez terminada la cobertura final, según corresponda, se deberá iniciar de acuerdo a los plazos establecidos en el Plan de Cierre, las obras necesarias para la habilitación del uso al que será destinado el sitio.

TÍTULO VII : DE LOS RELLENOS SANITARIOS PARA POBLACIONES [\[subir\]](#)  
INFERIORES A 20.000 HABITANTES

**Artículo 52**

Los municipios con localidades de poblaciones inferiores a 20.000 habitantes podrán solicitar autorización para operar un relleno sanitario con compactación a través de equipamiento manual, cuando por razones justificadas dichas localidades no tengan acceso a un relleno sanitario de operación mecánica u otra instalación de eliminación de residuos sólidos domiciliarios, ni se puedan asociar con otros municipios para la habilitación de un relleno sanitario de operación mecánica.

**Artículo 53**

El diseño de un relleno sanitario con compactación manual podrá ser realizado por un profesional universitario, distinto al señalado en el artículo 4 del presente reglamento, sin perjuicio de que los contenidos de dicho proyecto deban ajustarse a los requerimientos técnicos señalados en el presente reglamento.

**Artículo 54**

Los rellenos sanitarios que den servicios a menos de 20.000 habitantes deberán encontrarse a más de 150 m de cualquier vivienda o local habitable y a más de 300 m de toda población o grupo de viviendas y de establecimientos, tales como, de alimentos, de atención de la salud, educacionales, jardines infantiles, asilos, cárceles y fuentes de suministro de agua potable. Dichas distancias deberán ser medidas de acuerdo a lo señalado en el artículo 7 del presente reglamento.

**Artículo 55**

Los rellenos sanitarios que den servicios a menos de 20.000 habitantes no requerirán de un sistema de monitreo de calidad de aguas subterráneas. Sin perjuicio de lo anterior, la Autoridad Sanitaria podrá exigir el monitoreo de las aguas subterráneas en aquellos casos en que existan fuentes de agua potable a menos de 1000 metros aguas abajo de la instalación.

**Artículo 56**

El período de monitoreo y control de rellenos sanitarios a que se hace referencia en el artículo 50, cuando se trate de instalaciones que den servicios a menos de 20.000 habitantes, una vez que se haya completado la cobertura final no deberá ser inferior a 5 años.

De igual forma, la frecuencia y el contenido de los informes del estado del relleno sanitario a que se hace referencia en el artículo 47 podrán ser modificados por la Autoridad Sanitaria competente.

**TÍTULO VIII : DE LA DISPOSICIÓN DE OTROS RESIDUOS SÓLIDOS**[\[subir\]](#)**Artículo 57**

Los establecimientos o actividades que generen residuos asimilables en cantidades superiores a 200 litros diarios o 6 metros cúbicos mensuales, deberán solicitar autorización al Servicio de Salud respectivo para llevar sus residuos a un relleno sanitario. Para otorgar dicha autorización el Servicio de Salud deberá verificar que dichos residuos no interfieren con la operación normal ni con los procesos microbiológicos de estabilización propios del relleno sanitario.

De igual, forma el envío a relleno sanitario de residuos sólidos asimilables de generación esporádica, en cantidades superiores a 6 metros cúbicos requerirá de autorización sanitaria.

#### **Artículo 58**

Sólo se podrán disponer residuos infecciosos o lodos en un relleno sanitario si la instalación cuenta con autorización sanitaria para dicha actividad. Dicha disposición se deberá realizar en celdas, zanjas o sectores especialmente habilitados, en donde se deberá dar recubrimiento inmediato a los residuos sin que necesariamente se deba compactar los residuos.

### TÍTULO IX : DE LAS SANCIONES Y PROCEDIMIENTOS

[\[subir\]](#)

#### **Artículo 59**

Las infracciones a las disposiciones del presente reglamento serán sancionadas por los Servicios de Salud, previa instrucción del respectivo sumario sanitario, en conformidad con lo establecido en el Libro X del Código Sanitario.

### TITULO FINAL

[\[subir\]](#)

#### **Artículo 60**

El presente reglamento entrará en vigencia 90 días después de su publicación en el Diario Oficial, fecha en la que se entenderán derogadas la Resolución N° 2444, del 31 de Julio de 1980, del Ministerio de Salud, la Resolución N° 7539, del 8 de Noviembre de 1976 así como todas las disposiciones reglamentarias, normas y resoluciones que sean contrarias o incompatibles con él.

#### **Artículo 61**

Todo sitio de disposición final de residuos sólidos que a la fecha de publicación en el Diario Oficial del presente reglamento se encuentre en operación, tendrá a partir de esa fecha 180 días para presentar un plan de adecuación al cumplimiento de las presentes normas, debiendo cumplir a cabalidad con éstas en un plazo no superior a los 180 días siguientes a su aprobación.

Aquellos sitios de disposición final de residuos sólidos en terreno que por su ubicación o que técnicamente no puedan ajustarse a las normas del presente reglamento, tendrán un plazo de 180 días para presentar un Plan de Cierre de la Instalación, el que deberá haberse iniciado en un plazo no superior a 365 días siguientes a la fecha de entrada en vigencia del presente reglamento. En el caso de que se demuestre técnicamente ante la Autoridad Sanitaria que al momento de presentar el Plan de Cierre no existe o no se tiene acceso a una instalación de eliminación de residuos sólidos domésticos se podrá solicitar a dicha Autoridad la ampliación del plazo de inicio de dicho plan en 365 días adicionales.





**ANEXO 5**  
**POSICIÓN GEOGRÁFICA**

**ANEXO 6**  
**RUTA DE RECOLECCIÓN**  
**ACTUAL**

**ANEXO 7**  
**ZONAS DE RECOLECCIÓN**

**ANEXO 8**

**ZONA DE RECOLECCIÓN “A”**

**ANEXO 9**

**ZONA DE RECOLECCIÓN “B”**

**ANEXO 12**  
**DETALLES CONSTRUCTIVOS**