

E. 2

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**



**PROPUESTA PARA LA CONSTRUCCION DE UN SISTEMA DE RELLENO SANITARIO PARA LA DISPOSICION FINAL DE LOS DESECHOS SOLIDOS DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL.**

PRESENTADO POR:

**GUILLERMO MOYA TURCIOS**  
**NEFI HELAMAN QUINTEROS ULLOA**  
**CIRIACO ANTONIO CONTRERAS BENITEZ**

PARA OPTAR AL TITULO DE:

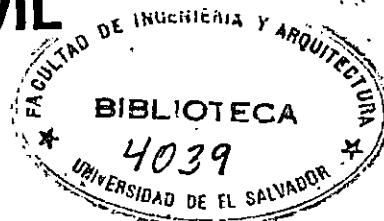
**INGENIERO CIVIL**

MAYO DE 1995

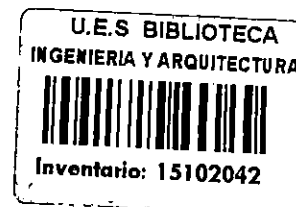
SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTROAMERICA

15102042

15102042



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**



**DR. FABIO CASTILLO FIGUEROA**  
**RECTOR**

**LIC. JUSTO ROBERTO CAÑAS LOPEZ**  
**SECRETARIO GENERAL**

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

**ING. JOAQUIN ALBERTO VANEGAS AGUILAR**  
**DECANO**

**ING. JOSE RIGOBERTO MURILLO CAMPOS**  
**SECRETARIO**

**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

**ING. JULIO EDGARDO BONILLA ALVAREZ**  
**DIRECTOR**

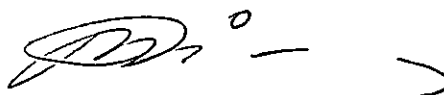
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

PROPUESTA PARA LA CONSTRUCCION  
DE UN SISTEMA DE RELLENO  
SANITARIO PARA LA DISPOSICION  
FINAL DE LOS DESECHOS SOLIDOS  
DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL.

TRABAJO DE GRADUACION APROBADO POR:



COORDINADOR: ING. MIGUEL ANGEL RIVAS MONTERROSA



ASESOR: ING. JOAQUIN SERRANO CHOTO



ASESOR: ING. JUAN GUILLERMO UMAÑA GRANADOS

SAN SALVADOR, MAYO DE 1995.

## DEDICATORIA

A DIOS TODOPODEROSO *por haberme iluminado la mente y hacer que las cosas fueran mas faciles.*

A mis queridos padres, Guillermo y Antonia Luisa *' por sus abnegados esfuerzos, dedicacion y el amor de sus sacrificios.*

A mis hermanas Carolina y Valeria  *com mucho carino.*

A mis demas familiares  *por su apoyo.*

A mis profesores  *por sus enseñanzas.*

A mis companeros y amigos  *por su desinteresada motivacion.*

Guillermo

*AGRADEZCO Y DEDICO ESTE TRABAJO :*

*A mi padre, BARTOLOME QUINTEROS, porque para el representa uno de sus mayores anhelos, y DIOS sabe, que sus esfuerzos han sido grandes.*

*A MARTA LIDIA con sincero reconocimiento, por su apoyo.*

*A MARTA LILIAN (Q.E.P.D.), con un imborrable y afectuoso recuerdo, por concluir lo que sus ojos no llegaron a ver.*

*A DIOS, por sobre todas las cosas.*

*Nefi H.*

*A mi querido PADRE CELESTIAL por permitirme coronar mi carrera.*

*A mis queridos padres Cresencio Humberto Contreras ( Q. E. P. D. ) con amor y respeto a su memoria, Maura Benitez V. de Contreras con mucho amor por su desinteresados sacrificios y valiosos consejos.*

*A mi esposa Rosa Maribel Mancia de Contreras con amor y carino.*

*A mi hija Teresa Maribel con profundo amor.*

*A mis hermanos Mario, Marcelino, Jose Humberto, Jose Vicente, Maria y Sandra con amor fraternal.*

*A mis maestros por haberme brindado sus conocimientos.*

*A mis familiares y amigos con mucho carino.*

*Ciriaco Antonio*

## INDICE GENERAL

### CAPITULO I

#### " INTRODUCCION "

1.0	INTRODUCCION GENERAL .....	1
1.1	DESCRIPCION DEL PROBLEMA .....	3
1.2	JUSTIFICACIONES .....	4
1.3	OBJETIVOS GENERALES .....	5
1.4	OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	6
1.5	ALCANCES .....	7
1.6	LIMITACIONES .....	8

### CAPITULO II

#### " MARCO TEORICO "

2.1	INTRODUCCION .....	9
2.2	DEFINICIONES .....	11
2.3	ETAPAS EN EL MANEJO DE LOS DESECHOS SOLIDOS.....	12
2.3.1	Generación .....	12
2.3.2	Almacenamiento .....	14
2.3.3	Recolección .....	19
2.3.4	Transporte .....	23
2.3.5	Tratamiento .....	27
2.3.6	Disposición Final .....	38
2.4	ASPECTOS TECNICOS IMPORTANTES EN UN RELLENO SANITARIO .....	42
2.4.1	Clima .....	43
2.4.2	Localización .....	44

2.4.3	Topografía .....	44
2.4.4	Suelos .....	45
2.4.5	Geohidrología .....	46
2.4.6	Uso Futuro .....	49
2.4.7	Selección del Sitio.....	50
2.5	METODOS PARA CONSTRUCCION DE RELLENOS SANITARIOS .....	54
2.5.1	Método de Trinchera .....	54
2.5.2	Método de Área .....	59
2.5.3	Método de Rampá .....	61
2.6	DISEÑO Y OPERACION DE UN RELLENO SANITARIO .....	63
2.6.1	Preparación del Sitio .....	63
2.6.2	Obras de Drenaje .....	64
2.6.3	Operación .....	72

### CAPITULO III

#### " DIAGNOSTICO DEL MANEJO DE LOS DESECHOS SOLIDOS EN LA CIUDAD DE SAN MIGUEL "

3.1	INTRODUCCION .....	77
3.2	BIOGRAFIA DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL .....	79
3.3	RESEÑA HISTORICA DEL MARCO LEGAL SOBRE EL MANEJO Y DISPOSICION FINAL DE LOS DESECHOS SOLIDOS EN LA CIUDAD DE SAN MIGUEL .....	81
3.4	DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL DE LOS DESECHOS SOLIDOS .....	86
3.4.1	Sección de Limpieza y Aseo .....	88
3.4.2	Sección de Saneamiento .....	89
3.4.3	Rutas de Recolección del Servicio de Aseo Actual	90



## CAPITULO IV

### " ANALISIS DEL SITIO ESCOGIDO PARA LA CONSTRUCCION DEL RELLENO SANITARIO "

4.1	INTRODUCCION .....	96
4.2	PARAMETROS PARA EVALUAR EL SITIO .....	97
4.2.1	Topografía .....	97
4.2.2	Suelos .....	98
4.2.3	Geología .....	106
4.2.4	Sismología .....	107
4.2.5	Vegetación .....	109
4.2.6	Climatología .....	110
4.2.7	Hidrología .....	112
4.2.8	Análisis del Sitio .....	116

## CAPITULO V

### " MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RECOLECCION DE DESECHOS SOLIDOS EN LA CIUDAD DE SAN MIGUEL "

5.1	INTRODUCCION.....	118
5.2	CANTIDADES DE BASURA .....	119
5.2.1	Aspectos Demográficos .....	119
5.2.2	Generación de Desechos Sólidos .....	121
5.2.3	Recursos .....	121
5.2.4	Metodología .....	123
5.2.5	Resultados .....	126
5.2.6	Análisis Estadístico .....	129
5.3	ALMACENAMIENTO .....	133
5.4	RECOLECCION .....	138
5.4.1	Cálculo del Número de Recolectores .....	138
5.5	BARRIDO MANUAL .....	142
5.5.1	Equipo .....	142
5.5.2	Frecuencia .....	145

5.6	ORGANIZACION .....	149
5.6.1	Consideraciones Finales .....	153

## CAPITULO VI

### " DISEÑO, OPERACION Y MANTENIMIENTO DEL RELLENO SANITARIO "

6.1	INTRODUCCION .....	154
6.2	SELECCION DEL METODO DE CONSTRUCCION PARA EL RELLENO SANITARIO .....	155
6.2.1	Area de Trabajo Principal .....	155
6.2.2	Area de Trabajo Secundario .....	156
6.3	DISEÑO .....	158
6.3.1	Cantidad de Desechos y Material de Cobertura a disponer para los Métodos de Area y Trinchera.	158
6.3.2	Terracería .....	162
6.3.3	Diseño de la Celda .....	162
6.3.4	Dimensiones de la Trinchera .....	164
6.3.5	Cálculo de la Vida Util .....	166
6.3.6	Obras de Drenaje .....	167
6.3.7	Instalaciones Auxiliares .....	177
6.4	OPERACION .....	189
6.4.1	Operación de los Tipos de R.S. ....	190
6.4.2	Material de Cobertura .....	193
6.4.3	Compactación .....	195
6.4.4	Flujo de Vehículos y Procedimientos Descarga ...	196
6.4.5	Equipo .....	198
6.4.6	Recursos Humanos .....	203
6.4.7	Horario de Trabajo .....	204
6.4.8	Seguridad de Trabajo .....	205
6.5	MANTENIMIENTO .....	207
6.5.1	Vectores .....	207
6.5.2	Control de Gases Explosivos .....	208
6.5.3	Control de Incendios .....	208
6.5.4	Control de Polvo .....	209
6.5.5	Material Disperso .....	209
6.5.6	Accesos .....	212
6.5.7	Contaminación de Aguas Superficiales .....	212
6.5.8	Control de Desechos Peligrosos .....	212

6.5.9	Monitoreo de Aguas Subterráneas .....	213
6.5.10	Control de Hurgadores de Basura .....	214
6.5.11	Registros e Informes .....	215
6.5.12	Mantenimiento Posterior a la Clausura .....	216

## CAPITULO VII

### " CLAUSURA Y USO FINAL DEL RELLENO SANITARIO "

7.1	INTRODUCCION .....	220
7.2	CLAUSURA DEL RELLENO SANITARIO .....	221
7.3	USO FINAL .....	223
7.4	EDUCACION AL PÚBLICO .....	226

## CAPITULO VIII

### " COSTOS ACTUALES Y COSTOS PARA EL SISTEMA DE LIMPIEZA PUBLICA PROPUESTO PARA LA CIUDAD DE SAN MIGUEL "

8.1	INTRODUCCION .....	228
8.2	COSTOS ACTUALES DEL SERVICIO .....	229
8.2.1	Recursos Humanos .....	229
8.2.2	Prestaciones Sociales del Personal .....	230
8.2.3	Equipo y Mantenimiento .....	232
8.2.4	Resumen de Costos .....	233
8.3	COSTOS APROXIMADOS ANUALES PARA LA PRESTACION DEL SERVICIO DE RECOLECCION Y DISPOSICION FINAL DE LOS D.S. ....	234
8.3.1	Recursos Humanos .....	234
8.3.2	Prestaciones Sociales .....	234
8.3.3	Costos de Inversión .....	235
8.3.4	Costos de Operación .....	242
8.3.5	Costos de Uso Final .....	243
8.3.6	Resumen de Costos .....	244

8.4	RESUMEN GLOBAL DEL COSTO DEL SISTEMA DE LIMPIEZA PUBLICA DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL .....	245
-----	---	-----

## CAPITULO IX

### " CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES "

9.1	CONCLUSIONES .....	246
9.2	RECOMENDACIONES .....	248
	BIBLIOGRAFIA .....	249
	ANEXOS .....	251

# CAPITULO I

## *INTRODUCCION*

## INTRODUCCION GENERAL

Se ha escrito relativamente poco en el país sobre desechos sólidos. Siguiendo esta información y el ritmo cambiante en los hábitos de consumo de la sociedad, se ha escrito sobre métodos de disposición de desechos sólidos que presentan técnicas ingenieriles excelentes, sin embargo, en la mayor parte de los casos, no son aplicables a las condiciones financieras en que se encuentran nuestras municipalidades.

En nuestro medio, el aspecto que menos se revisa es la educación de la población, especialmente en los aspectos sanitarios y ecológicos. Cuando la población adquiera un nivel de conciencia mayor en estas áreas, será posible incrementar impuestos y otros ingresos gubernamentales para implementar métodos y tratamientos más costosos y eficientes, para lograr una protección de alto nivel al medio ambiente y a la comunidad.

El método a considerar en este Trabajo de Graduación es el de " Relleno Sanitario ", tratamiento que por su bajo costo (relativamente), se ha convertido en el favorito de América Latina, no es el mejor método, pero si, el que más se adapta a nuestras condiciones.

El estudio comprende una recopilación bibliográfica acerca del manejo de los desechos sólidos y del Método de Relleno Sanitario como disposición final, un diagnóstico de la situación actual respecto al problema de la basura en la Ciudad de San Miguel, análisis del sitio elegido por la Alcaldía para la construcción del relleno sanitario, mejoramiento del sistema de almacenamiento y recolección de desechos, el diseño, operación, mantenimiento y uso final del terreno, así como un análisis de costos para su implementación.

Este documento, servirá como referencia para posteriores estudios respecto a la Disposición Final de los Desechos sólidos en el país.

Un volumen del trabajo realizado será entregado a la Alcaldía de la Ciudad de San Miguel, como un aporte de la Universidad de El Salvador a través de los Trabajos de Graduación, para contribuir con el bienestar social de nuestra población.

## 1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA.

La Ciudad de San Miguel al igual que la mayoría de las ciudades de nuestro país no goza de una metodología apropiada para el manejo y disposición final de los desechos sólidos, agudizándose el problema, debido al incremento poblacional experimentado en los últimos años.

El sistema de recolección de basura funciona con muchas deficiencias: el equipo es insuficiente y las frecuencias de recolección no están acordes con la demanda requerida, ocasionando condiciones extremas, como la de recurrir por algunas comunidades, al pago de transporte para la recolección de la basura en forma privada.

Lo anterior conlleva a la decisión arbitraria del público de disponer los desechos en "botaderos" , diseminados en distintas partes de la ciudad, tales como predios baldíos, a orillas de las carreteras y otros lugares clandestinos, constituyendo focos de contaminación severos para la comunidad. La municipalidad elimina la basura en un crematorio ubicado en las afueras de la ciudad, con gran deterioro al medio ambiente.



## 1.2 JUSTIFICACIONES.

- Este estudio se realiza atendiendo a uno de los más graves problemas que enfrentan actualmente la mayoría de las ciudades en nuestro país.
  
- Existen una serie de técnicas para el tratamiento y disposición final de los desechos de las cuales el que más se adapta a las condiciones locales es el Método de Relleno Sanitario.
  
- La recuperación final del terreno para fines recreativos o de reforestación, es un ofrecimiento atractivo para la comunidad, por lo que se convierte en una ventaja para la implementación de este proyecto.

### 1.3 OBJETIVOS GENERALES.

- Disminuir problemas de salubridad ocasionados por la acumulación de desechos en forma incontrolada.
  
- Proponer directrices que contribuyan al mejoramiento del sistema de recolección de desechos, que actualmente funciona en la Ciudad de San Miguel.
  
- Ofrecer a la comunidad un adecuado sistema de disposición final de desechos, aportando las bases técnicas, para evitar contaminación al medio ambiente.

#### 1.4 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Proponer técnicas que permitan un adecuado almacenamiento de los desechos sólidos.
  
- Proponer las rutas de recolección y el equipo adecuado para tal actividad, así como la frecuencia con la que ha de llevarse a cabo la recolección.
  
- Realizar el análisis técnico del sitio escogido por la municipalidad para la disposición final de los desechos y diseñar el Sistema de Relleno Sanitario apropiado.

## 1.5 ALCANCES

- El presente estudio, solamente contempla el manejo y disposición final de desechos de naturaleza no peligrosa.
- El análisis técnico realizado está referido al sitio previamente adquirido por la Alcaldía.
- El muestreo realizado para obtener la generación per cápita de desechos, responde a una determinada época del año.

## 1.6 LIMITACIONES

- La bibliografía y estudios nacionales referentes al tema son limitados e incompletos.
- No se dispuso de equipo con la precisión deseada para desarrollar los estudios de campo.

# CAPITULO II

*MARCO TEORICO*

## 2.1 INTRODUCCION.

El problema de los residuos sólidos, se viene agravando como consecuencia del acelerado crecimiento de la población y su concentración en las áreas urbanas, del desarrollo industrial, de los cambios en los hábitos de consumo, etc; factores que conllevan a la contaminación del medio ambiente y al deterioro de los recursos naturales, poniendo en riesgo la salud de la población.

Para iniciar este capítulo, es importante presentar al lector un panorama general sobre lo que son y lo que se hace con los desechos sólidos (D.S). Este capítulo es una investigación bibliográfica sobre las etapas en el manejo de los desechos sólidos como son el origen, almacenamiento, recolección y disposición final, haciendo énfasis en los aspectos más importantes en el Diseño de un Relleno Sanitario.

## 2.2 DEFINICIONES.

A continuación se presenta la definición establecida en la Propuesta del Reglamento para el Manejo de los Desechos Sólidos ( MAG/SEMA ) y en la Ordenanza Municipal.

Desechos sólidos son todos aquellos materiales sólidos o semi-sólidos, descartados por las actividades del hombre (públicas, comerciales, industriales, agrícolas y domésticas) y que no teniendo una utilidad mediata, se transforman en indeseables.

Para efectos del presente trabajo, se entenderá como sinónimos las palabras Basura Domiciliar y Desechos Sólidos Ordinarios, en los cuales se consideran:

- a) Desperdicios de la alimentación y el consumo doméstico.
- b) Desperdicios sólidos no putrescibles incluyendo artículos de casa y oficina como, papel, vidrio, hojalata, cartón, madera, loza, etc.
- c) Escombros procedentes de pequeñas reparaciones.
- d) Producto de la poda de plantas.
- e) Producto del barrido de las aceras: polvo, hojarasca, pasto, estiércol, materiales que caen de los vehículos.
- f) Cenizas resultantes de la cremación de cualquiera de los materiales enunciados.



Serán considerados Desechos Sólidos Peligrosos lo siguiente:

- a) Residuos o cenizas industriales procedentes de la industria química, metalúrgica, papelera, curtiembre y textiles.
- b) Desechos de hospitales, funerarias y clínicas.
- c) Restos de plaguicidas, fertilizantes y otros materiales de la agroindustria.
- d) Animales muertos.
- e) Emanaciones gaseosas o líquidas industriales.
- f) Desechos de industrias ordinarias que por su características y cantidad no pueden ser recogidos junto con los de origen doméstico: desperdicios de mataderos, establos y granjas.

## 2.3 ETAPAS EN EL MANEJO DE LOS DESECHOS SOLIDOS.

El manejo de los desechos sólidos comprende las siguientes etapas:

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

A continuación se describen cada una de las etapas en el proceso del manejo y disposición de los desechos.

### 2.3.1 Generación..

Es la etapa inicial del proceso, es generada por la actividad humana en donde diversos materiales son catalogados como carentes de valor e inservibles y son descartados. Las características de estos desechos, es decir, sus componentes y el lugar de donde provienen, son la base para decidir el tratamiento y disposición final adecuados.

La situación actual de la generación de desechos sólidos es crítica, debido principalmente a la falta de conciencia de la población, falta de estrategias y políticas que reduzcan la cantidad de artículos desechables, empaques, etc. por los sectores industrial y comercial.

La reducción en la generación de desechos se conseguirá, inculcando al ciudadano común la cultura del reciclaje.

El desinterés de las autoridades responsables del manejo de los desechos, desmotiva al público, por tal razón, es necesario crear estrategias que involucren directamente a la comunidad a través de directivas de barrios y colonias, clubes, instituciones de servicio no gubernamentales y la propia municipalidad para diseñar programas de recuperación y reciclaje de desechos.

### 2.3.2 Almacenamiento.

El almacenamiento es la acción de retener los desechos sólidos en un lugar tal que no cause contaminación del ambiente, ni problemas sanitarios, ni de bienestar, hasta que sean entregados al servicio de recolección.

El acondicionamiento adecuado de basura considera básicamente:

- a) Aspectos Sanitarios: control de moscas y roedores.
- b) Aspectos de bienestar: confort y estética.

El almacenamiento apropiado de los desechos comprende:

#### 2.3.2.1 Selección del recipiente adecuado.

Características de los recipientes:

- Forma troncocónica para permitir ser vaciado con facilidad.
- Capacidad del recipiente de 4 a 7 litros/persona para recolección diaria, se recomienda como máximo de 100 litros ( 30 kg. de peso, considerando una densidad de  $300 \text{ kg/m}^3$  ).
- Pueden ser de metal, plástico, caucho o bolsas plásticas, evitándose el uso de cajas de cartón, de madera, canastas o paquetes envueltos en papel.
- Deben tener tapadera que ajuste perfectamente sin bordes cortantes o peligrosos y provisto de asas.
- La basura proveniente de actividades industriales, comerciales, agrícolas y públicas, podrá ser depositada en barriles de 55 galones de capacidad máxima y 100 libras como peso máximo.
- Las bolsas de plástico llenas no excederán de 30 libras de capacidad y un espesor tal que no se rompan y provoquen derrames en un uso normal (película de espesor recomendable 0.06 mm).
- En mercados, escuelas, hospitales o en pequeños conjuntos habitacionales, pueden usarse recipientes especiales de gran

capacidad, a veces dotados de rodos.

En la Tabla NQ 2.1 se describen los recipientes más utilizados para el almacenamiento de desechos sólidos en nuestro medio.

## RECIPIENTES USADOS PARA EL ALMACENAMIENTO DE DESECHOS SOLIDOS.

Tipo de Recipiente	Volumen medio (LITROS)	Tiempo de vaciado (SEGUNDOS)	Tiempo de vaciado de 1 litro ( $\frac{SEG}{LIT}$ )	Ventajas	Desventajas
Cajas de cartón chicas.	44.2	13.4	0.30	SON DE FÁCIL ADQUISICIÓN PUES HAY ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES QUE LAS DESCARTAN CONTINUAMENTE.	SE ROMPEN FÁCILMENTE Y LA BASURA ESTA EXPUESTA AL MEDIO, SE INTRODUCEN RATAS PERMITE LA REPRODUCCIÓN DE MOSCAS.
Cajas de cartón grandes.	156.5	16.4	0.10		
Cajas de madera chicas.	42.5	13.8	0.33	SE PUEDEN CONSTRUIR DE LOS DESECHOS EN LOS ASERRADEROS. PINTANDOLAS DURAN MAS Y SON AGRADABLES A LA VISTA.	SE INTRODUCEN RATAS, PERMITE LA REPRODUCCIÓN DE MOSCAS Y LOS DESECHOS SE PODRÍAN DESPARRAMAR POR EL SUELO, SON INCOMODAS PARA SU MANIPULEO.
Cajas de madera grandes.	173.5	21.1	0.12		
Barriles de 55 galones.	171.6	34.3	0.21	DURAN MUCHO TIEMPO MANEJÁNDOLES ADECUADAMENTE.  SON A PRUEBA DE SALIDA DE LÍQUIDOS.  SON DE GRAN CAPACIDAD.	PELIGROSOS POR SU PESO EXCESIVO, TIENEN UN COSTO ELEVADO. NECESITA DE 2 HOMBRES PARA MANEJARLO.
Cubeta o barril medio.	116.8	20.4	0.18		DEBEN TENER ASAS PARA EL MANEJO FÁCIL, COMO SU VOLUMEN ES MENOR QUE EL BARRIL SE USAN EN PEQUEÑOS COMERCIOS.
Bolsas de plástico.	40.0	3.5	0.09	REDUCEN EL TIEMPO DE RECEPCIÓN. NO HAY DERRAMAMIENTO DE DESECHOS. REQUIERE MENOR ESFUERZO PARA LOS OPERARIOS. NO HAY ATRACCIÓN DE ROEDORES. ELIMINA EL RUIDO DE DESCARGA.	LAS BOLSAS GRANDES Y RESISTENTES SON CARAS.  LOS PERROS VAGABUNDOS LAS ROMPEN PARA HURGAR LA BASURA.

TABLA No 2.1

#### 2.3.2.2 Adecuada manipulación de los desechos orgánicos.

Es conveniente envolverlos en papel lo que reducirá los olores desagradables, y la accesibilidad de las moscas, se reduce la corrosión de los recipientes puesto que se lavarán con menor frecuencia.

El uso de bolsas de plásticos para los residuos putrescibles es un hábito ventajoso para el público y el servicio de recolección.

#### 2.3.2.3 Conservación de los recipientes y sus alrededores en condiciones higiénicas.

El cuidado y limpieza es importante porque gran parte de la reproducción de moscas ocurre en los desechos acumulados en el fondo y los lados del recipiente. El tratamiento de los recipientes con insecticidas también es conveniente.

El acondicionamiento de la basura puede mejorarse considerablemente construyendo bases para sostener los recipientes, bien pueden ser, estructuras de hierro o de madera, distanciadas 30 cm. del suelo como mínimo, para evitar la corrosión, facilitar la limpieza, impedir que las ratas se abriguen bajo los recipientes y evitar que éstos sean fácilmente volcados.

#### 2.3.2.4 Colocación de los depósitos para la recolección.

El lugar donde se colocan los depósitos tiene importancia para la rapidez, y, por lo tanto, para el costo de recolección de basura. La colocación en la orilla de la acera durante el día tiene la ventaja de facilitar la rápida recogida, pero ofrece un aspecto desagradable y estorba el tránsito de personas y vehículos. Por cuestión higiénica sería preferible que los desechos no permaneciesen de un día para otro, principalmente en las ciudades de clima muy caliente; la basura debe ser colocada afuera de la vivienda el día de su recolección.

Para el almacenamiento de grandes cantidades de desechos, por ejemplo, en parques, terminales de buses, mercados, etc. es preferible utilizar recipientes especiales; estos son contenedores de acero, su capacidad varía de 2.0 - 8.00 m<sup>3</sup>

Las características que deben reunir los contenedores son:

- Los contenedores deben ser del tipo de vaciado en el mismo lugar donde están ubicados, es decir, que no debe trasladarse el contenedor con su contenido de desechos hasta el sitio de disposición final, por el esparcimiento de basura en las calles .
- Deben ser fabricados con chapa metálica de 4 mm de espesor y reforzados con ángulo de 1/8" x 1 1/2", además de estar protegidos con pintura anticorrosiva.



- Deben tener en la parte inferior agujeros de 5 cm. de diámetro para el escurrimiento de líquidos y una altura máxima de 1.20 mts.

### 2.3.3 Recolección.

Esta fase es la más costosa en el servicio de limpieza pública, además por estar expuesta en forma directa con la ciudadanía, está sujeta a muchas críticas, por lo que requiere una organización del servicio muy completa.

El problema de organización está ligado a diversos factores, de los cuales los más importantes son:

- Cantidades de basura
- Frecuencia y horario de la recolección
- Diseño de rutas
- Tipo de servicio (privado, público y/o mixto)

#### 2.3.3.1 Cantidades de Basura.

El análisis de la generación, así como de la composición física y química de los desechos sólidos, constituye una herramienta necesaria para el diseño del equipo de recolección y almacenaje.

### 2.3.3.2 Frecuencia y Horario de la Recolección.

La frecuencia de la recolección varía de acuerdo con la cantidad generada por día en una unidad de generación o la comunidad y se define como el número de servicios que se presta a cada casa o establecimiento por semana (N).

De manera general, en nuestro medio se puede recomendar la siguiente frecuencia, adaptada del libro Desechos Sólidos de Alvaro Jaramillo, (Colombia, 1980) :

TABLA Nº 2.2

Zona	N
- Centro de la ciudad, calles de intenso comercio, restaurantes, establecimientos comerciales, institucionales y en donde predominan los desechos sólidos de origen orgánico.	6 serv./sem
- Zona residencial, vías públicas con baja producción de desechos.	3 serv./sem (en verano) 2 en invier.

En otros países, la recolección se hace combinada, es decir, diurna y nocturna, este proceder permite el uso de los mismos vehículos, lo que facilita extender la recolección, pero requiere de mejores y mayores cuidados de operación y

mantenimiento.

La recolección nocturna ofrece las siguientes ventajas:

- La temperatura más baja alivia la tarea del personal
- Se consigue un rendimiento mayor, ya que el tráfico es mucho menor.
- Pasa relativamente desapercibida
- La ciudad mejora su aspecto, los desechos recogidos por el servicio de barrido que no fueron llevados al sitio de disposición final, son recolectados por la noche y no estarán expuestos mucho tiempo.

Desventajas:

- Necesidad de iluminación en la descarga
- En el sector residencial no es popular, por el ruido que acompaña a la recolección.
- Necesidad de vigilancia.

En nuestro medio este sistema no resulta factible en la mayoría de los municipios por la falta de iluminación de sus calles y alto costo de instalación de iluminación en el sitio de disposición final, y requiere de mayor vigilancia.

### 2.3.3.3 Tipo de Servicio.

EL tipo de servicio de recolección, se puede clasificar en general en tres formas :

- Recolección Municipal, hecha por la municipalidad con

su propio equipo y personal.

- Recolección por Contrato, en la cual el usuario o la municipalidad le paga a una compañía o empresa particular por el trabajo.
- Sistema de Recolectores mixto, en donde la Alcaldía pone a disposición de microempresarios los equipos y lugares de disposición y éstos se encargan de administrar los sistemas de aseo.

#### 2.3.3.4 Diseño de Rutas.

Esta parte define lo que constituye el rendimiento de toda la etapa de Recolección. Para trazar un buen itinerario no basta sólo considerar los lugares de mayor generación de desechos sólidos; el problema se vuelve más complejo, tratándose de ciudades en desarrollo como en el caso de la ciudad de San Miguel. Hay que estudiar el ordenamiento vehicular de la ciudad, ubicación de posibles polos de desarrollo, zonificación comercial y residencial.

Básicamente el objetivo de un diseño de rutas, es dividir la ciudad en zonas que permitan a los equipos de recolección realizar un eficiente servicio de aseo.

Las características que deberán tener las rutas son:

- Evitar recorridos en tránsito y retornos innecesarios
- Deben contemplar las disposiciones de tránsito
- Aprovechar toda la capacidad de los vehículos

recolectores y toda la jornada legal de trabajo.

- Lograr que el tiempo productivo sea el máximo posible, tiempo productivo es aquel en el que se realiza la recolección e improductivo es el tiempo en llegar al sitio de disposición final.

Es recomendable, que un supervisor o inspector de la municipalidad, verifique el itinerario de cada unidad en una vuelta completa, anotando lo siguiente:

- Longitud de recorrido de cada ruta
- Comprobar la transitabilidad de las calles en cualquier época del año.
- Problemas de circulación
- Tiempo necesario para dar el servicio
- Casas o manzanas deshabitadas que no necesitan servicio
- Promontorios de basura o vertederos clandestinos
- Obtener rendimiento de los trabajadores y verificar el consumo de combustible.

#### 2.3.4 Transporte.

Para la adquisición de un determinado equipo, hay que considerar ciertos factores, que entre otros están: área y

población, estado de urbanización (tamaño de calles, ordenamiento vial), naturaleza de los desechos.

Existen muchos tipos de vehículos utilizados en el transporte, pero en general pueden ser:

- Sin sistema de compactación de la basura, éstos a su vez pueden ser abiertos o cerrados.
- Con sistema de compactación de la basura

A continuación en la Tabla Nº 2.3 se describen las ventajas y desventajas de los camiones compactadores y convencionales y en la Figura Nº 2.1 se muestra el equipo que funciona actualmente en nuestro medio.

#### 2.3.4.1 Tamaño de la tripulación

La cuadrilla o tripulación necesaria para cada camión recolector depende o estará en relación con los lugares en donde se coloquen los depósitos, densidad de población y el tiempo disponible para la recolección.

EQUIPO DE RECOLECCION	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>Vehículos Compactadores</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acarrear una carga eficiente, la basura suelta se comprime.</li> <li>- La carga puede vaciarse rápido.</li> <li>- Poca elevación del compartimiento de carga.</li> <li>- Fabricados para resistir corrosión, raspaduras, etc.</li> <li>- Caja a prueba de escapes.</li> <li>- Su apariencia demuestra funcionamiento del servicio y da confiabilidad al público.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los camiones deben ser importados.</li> <li>- El mecanismo de compactación aumenta el consumo de combustible.</li> <li>- Mantenimiento especial, piezas de repuesto hay que importarlas</li> <li>- El costo de inversión de un compactador es mucho mayor que el de un camión convencional.</li> </ul>
<p>Vehículos de Recolección de Caja Abierta</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El costo de inversión como el de operación es bastante menor que el de un vehículo compactador.</li> <li>- Permite llevar artículos voluminosos, poda de árboles, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Posible derrame de desechos en vías públicas.</li> <li>- Posibilidades de accidente debido a que los operarios pueden resbalar y caer en las ruedas de los vehículos.</li> <li>- Exposición del material a la vista del público.</li> <li>- Altura del borde de la carrocería a 1.70 m. del suelo lo que dificulta la carga.</li> </ul>

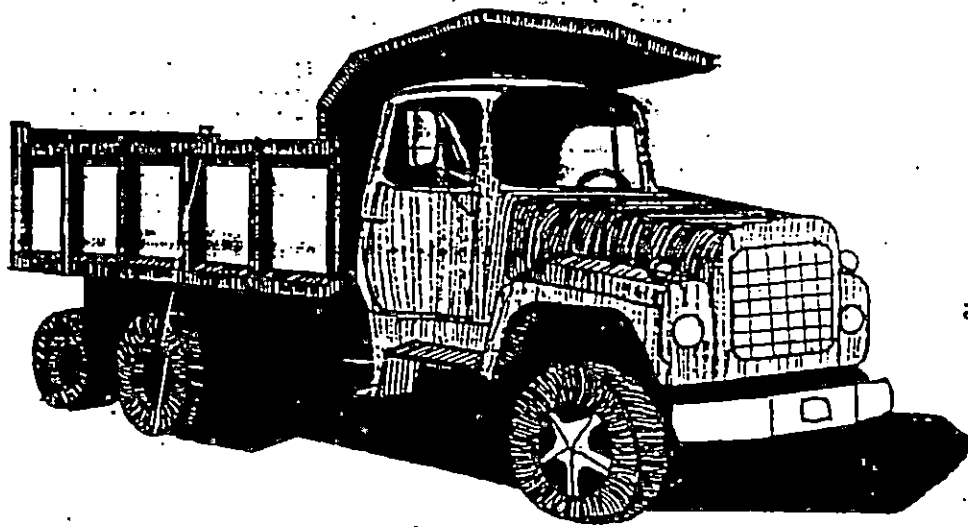
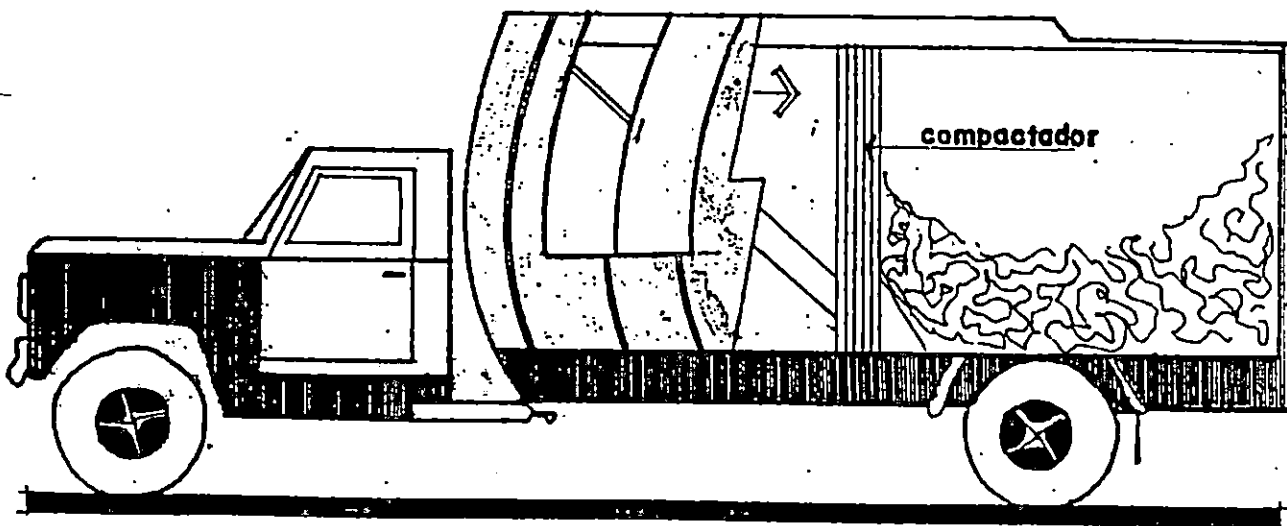
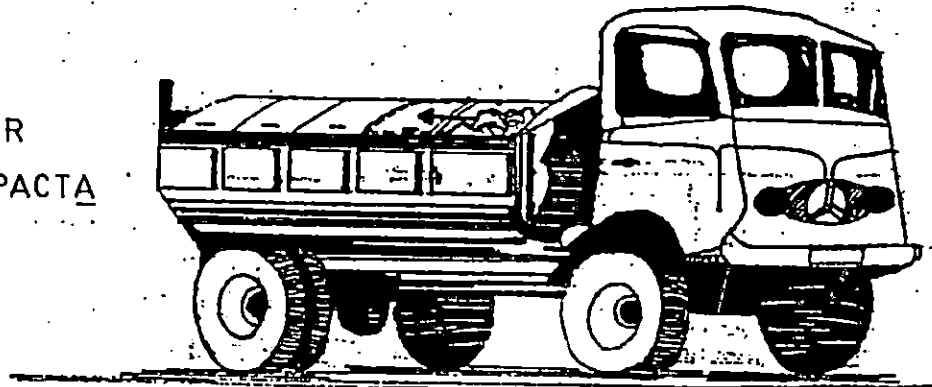


FIG. Nº 2.1

a) CAMION DE VOLTEO.

b) CAMION RECOLECTOR  
CERRADO SIN COMPACTA  
CION.



c) CAMION RECOLECTOR CERRADO CON COMPACTACION.



### 2.3.5 Métodos de Tratamiento.

Los diferentes métodos utilizados para el tratamiento de la basura, deben ofrecer el menor riesgo a la salud y al medio ambiente, considerando las características propias de cada localidad. El método de tratamiento que se seleccione deberá procurarse que sea sostenible en el tiempo.

A continuación se describen los métodos más comunes para tratar la basura:

#### 2.3.5.1 Incineración.

La incineración es un proceso de combustión controlada que transforma los residuos sólidos en dióxido de carbono, otros gases, vapor de agua y cenizas, reduciendo su volumen y peso inicial (cerca del 90% de su masa inicial), por lo que también puede ser considerado como una forma de disposición final. Tal reducción es obtenida en hornos especiales de gran tamaño operando a temperaturas del orden de los 1000° C, provistos de parrillas móviles, inyectores de aire (turbulencia) controladores de quema y emanaciones gaseosas, etc. Una mala combustión generará humos, gases tóxicos y olores indeseables.

El proceso de incineración posibilita la recuperación de energía, la cual puede ser utilizada en la producción de vapor para la generación de energía eléctrica, a través de una

planta de vapor, en procesos industriales de salinización y otros que requieran de este tipo de energía.

### Ventajas

- Es un procedimiento sanitario de eliminación de basura que se puede emplear en cualquier lugar en donde la zona para establecer vertederos sea muy reducida.
- Con este proceso se destruyen todos los organismos y microorganismos patógenos.
- Los incineradores de gran tamaño permiten el aprovechamiento de la energía calorífica en forma de vapor, agua caliente y electricidad, cuando son construídos para este fin.
- El incinerador puede ser localizado a corta distancia de los centros de recolección, disminuyendo los gastos de transporte, el proceso es sanitario, y si es bien ejecutado no presenta malos olores ni mal aspecto.

### Desventajas

- Costo elevado de instalación, operación y mantenimiento.
- Contaminación atmosférica, si no son instalados con control de emisiones gaseosas.
- Necesita de un método de disposición final para los residuos obtenidos del proceso.

- Se necesitan técnicos calificados.
- Destrucción de materiales que podrían ser recuperados y reciclados.
- En ocasiones se requiere de combustible auxiliar, ya que el poder calorífico de la basura es bajo y contiene mucha humedad.
- Se requieren equipos de control para evitar la contaminación del aire, ya que ningún incinerador produce una emisión enteramente libre de contaminantes.

#### 2.3.5.2 Pirólisis o Destilación Destructiva.

Es la descomposición térmica (carbonización) de compuestos orgánicos en un ambiente carente de oxígeno libre ocurre a temperaturas inferiores a las de incineración, produciendo líquidos o gases de alto poder energético sin contaminación atmosférica apreciable. La cantidad de residuos es mayor que en la incineración.

Esto se realiza en una especie de balón, herméticamente cerrada, giratoria, que funciona en condiciones de alta temperatura y presión de forma continua y automática.

Se realiza en 3 fases:

- FASE 1: gaseosa, en la que se produce esencialmente hidrógeno, carbono, metano y una pequeña cantidad de otros gases.

- FASE 2: líquida, en la que se genera una mezcla de ácidos orgánicos simples, alcoholes y combustibles.
- FASE 3: sólida, en la que se genera carbón y materiales no inertes, no combustibles.

La pirólisis ha sido usada desde hace mucho tiempo en la industria siderúrgica (arte de extraer y trabajar el hierro) para producción de gases y líquidos combustibles, a partir del carbón vegetal. Con respecto a los residuos sólidos domésticos, la pirólisis se encuentra en fase experimental; esto se debe principalmente a la composición heterogénea de los residuos, y a los diferentes patrones de consumo de la población, dependiendo del clima y estación del año.

De una tonelada de desechos se puede obtener los siguientes productos:

- Residuos carbonizados (70 a 105 kg).
- Alquitrán (2 a 20 lts).
- Aceite ligero (6 a 8 lts).
- Sulfato de amonio (8 a 11 lts).
- Líquido (320 a 530 lts), y gas (100 a 170 m<sup>3</sup>).

### Ventajas

- Mediante la destilación destructiva o pirólisis en desechos industriales, se ha encontrado que pueden recuperarse productos valiosos como, carbón, alquitrán,

- aceite ligero, sulfato de amonio y gas.
- El equipo para la pirólisis es esencialmente un sistema cerrado y, por consiguiente, no descarga contaminantes en la atmósfera.

#### Desventajas

- Es un proceso demasiado caro en cuanto a inversión.
- Siempre necesita de un método de disposición final para los residuos últimos.
- La pirólisis necesita una gran flexibilidad operacional de sus instalaciones, debido a la composición heterogénea de los residuos, lo cual no se ha logrado todavía.

### 2.3.5.3 Procesamientos Biológicos.

#### 2.3.5.3.1 Procesos Aeróbicos.

Es más higienico y productivo para compostificación y para estabilización del R.S., puesto que sus productos principales son: agua, CO<sub>2</sub>, y calor, siendo éste suficiente para elevar la temperatura de la masa a nivel fatal para los microorganismos patógenos, huevos y gérmenes.

Como la basura presenta muchos espacios vacíos llenos de aire y humedad, las bacterias y otros organismos aeróbicos aprovechan este ambiente favorable y oxidan la materia orgánica.

Para maximizar la acción aeróbica, se deben controlar la

temperatura, el pH, la humedad óptima (40 a 60% en el ambiente), y la materia digerible (C/N entre 30 y 50).

#### Ventajas

- Es más higiénico que otros procesos biológicos.
- El producto de este tratamiento, puede seguirse transformando en abono orgánico mediante otros métodos.
- El producto resultante es esterilizado por medio del calor.

#### Desventajas

- Necesita de mecanismos y personal técnico para controlar ciertas variables fundamentales (pH, humedad, temperatura).
- Siempre se genera metano o biogas, aunque en menor cantidad.

#### 2.3.5.3.2 Digestión Anaeróbica (Producción de Biogas)

Consiste en la degradación de la materia orgánica existente en la basura, por medio de bacterias, sin la presencia de oxígeno; con la consiguiente generación de gas combustible, como metano y gas carbónico.

Basicamente el proceso consiste en introducir materia orgánica en un recipiente hermético, denominado digestor el cual debe ser mantenido en condiciones óptimas para una buena producción del gas. Dentro de estas condiciones se mencionan:

a) Temperatura. No debe sufrir variaciones bruscas, manteniendose entre 25°C y 40°C, para las bacterias mesofílicas y entre 55°C y 65°C, para las bacterias termofílicas.

b) pH. debe ser mantenido entre 6.8 y 7.3.

c) Nutrientes. Los principales nutrientes necesarios para el crecimiento adecuado de las bacterias son: Nitrógeno (N) y fósforo (P). La proporción ideal de estos nutrientes, con relación al contenido de carbono (C) del residuo son:

$$C/N = 30 \quad \text{y} \quad C/P = 150$$

d) Tiempo de fermentación. No hay reglas generales para el tiempo de fermentación, pues este varía de acuerdo al tipo de material a ser procesado, tipo de digestor empleado y temperatura.

#### Ventajas

- Obtención de minerales.
- Obtención de biogas o gas metano (CH<sub>4</sub>).
- El residuo obtenido es un buen abono orgánico.

#### Desventajas

- El costo de inversión inicial y de operación es elevado.
- No se puede trabajar cualquier tipo de basura.

#### 2.3.5.4 Compost.

El compost es un producto homogéneo constituido por materia orgánica, mineral, cerca del 40% de agua y pH neutro, o poco alcalino. Este es obtenido de la degradación de los desperdicios orgánicos existentes en la basura, resulta de la descomposición aeróbica y anaeróbica, el proceso se efectúa por medio de bacterias, y se obtiene un residuo de valor potencial, como acondicionador del suelo y contiene pequeña cantidad de nutrientes en solución coloidal.

Se acostumbra designar como abono a este producto saliente del proceso, aunque el compost es un material tipo humus bioquímicamente estable, constituido de materia orgánica libre de bacterias patógenas, no es un abono, si no un mejorador del suelo, que lo esponja cuando es arcilloso y le permite retener agua cuando se trata de un material muy permeable. Usualmente, se utiliza en este proceso sólo basura doméstica, por contener gran cantidad de materia orgánica.

El abono devuelve al suelo las sustancias químicas consumidas en la cosecha, principalmente nitrógeno, fósforo y potasio, los que el compost solo tiene en forma limitada.

En El Salvador hubo dos plantas de este tipo, en San Salvador y en Santa Ana, que se debieron cerrar en 1960 y 1970 por falta de mercado.

#### Ventajas



- Plantas de compost podrían justificarse cuando la agricultura lo necesite como mejorador del suelo.
- Es un proceso que permite una recuperación de áreas dañadas por el hombre, protegiendo el medio ambiente.
- Constituye un medio efectivo para la erradicación de basura en comunidades marginales, industrias alimenticias, granjas, etc., ya que su producto es un excelente auxiliar a la fertilización del suelo.

#### Desventajas

- La factibilidad económica no es satisfactoria, debido a que se puede confundir el compost como abono para crecimiento, no pudiendo competir con potentes abonos químicos que usan nuestros agricultores.
- Se necesita una separación previa al proceso, generalmente de papeles, metales, vidrios, etc.
- Si se considera necesario, hay que someter a un análisis previo los desperdicios para detectar si contienen determinadas sustancias nocivas al proceso o perjudiciales a la agricultura.
- Se necesita personal capacitado para la operación de la planta.

#### 2.3.5.5 Recuperación.

El manejo de los residuos sólidos, ha sido principalmente el trasladar materiales de un lugar a otro y a proceder a su eliminación final al menor costo.

Actualmente, el manejo de las basuras está siendo sometido a reconsideración, por los nuevos tipos de materiales de consumo, el continuo crecimiento de la generación de desechos sólidos, las presiones por alcanzar normas ambientales más alta.

La recuperación puede dividirse en tres categorías:

- La reutilización o reuso directo de un producto o material que se ha limpiado, reparado (botellas y envases, cajas de cartón) o vuelto a armar (motores).
- El reciclaje, proceso mediante el cual los desechos se incorporan al proceso industrial como materia prima para su transformación en un nuevo producto de composición semejante (vidrios rotos, papel, metales, plásticos, etc.).
- Uso constructivo y transformación de desechos en diferentes productos (recuperación de tierras por rellenos sanitarios, conversión de desechos orgánicos en compost) o en fuente de energía (biogas producido por la digestión anaeróbica de los desechos orgánicos, recuperación de calor proveniente de la incineración de las basuras).

### Ventajas

- Genera empleo organizado.
- Aumenta la vida útil de los rellenos sanitarios.
- Se obtienen ingresos que podrían cubrir parcialmente los costos del servicio de aseo.
- Conserva los recursos naturales y protege el ambiente.

### Desventajas

- Alto costo de inversión y operación.
- Es necesario un método de disposición final para los residuos obtenidos del proceso.

### 2.3.6 Disposición Final de los Desechos.

A continuación se presentan las principales formas utilizadas comunmente como disposición final de basura:

- relleno sanitario
- vertido a corrientes de agua o al mar
- botadero a cielo abierto
- quema al aire libre
- alimentación de animales

De éstos, el relleno sanitario es considerado como el UNICO admisible, ya que no representa mayores molestias ni peligros a la salud pública.

El lanzamiento de las basuras al agua, es inaceptable debido al desequilibrio ecológico que produce, por la adición excesiva de nutrientes, posibles residuos de alta contaminación (residuos industriales químicos).

El abandono de los desechos a cielo abierto ocasiona serios problemas de salud pública por la proliferación de insectos y roedores transmisores de múltiples enfermedades.

La quema, descarga al aire cantidades graves de dióxido de carbono, gas metano, cenizas y otros gases perjudiciales al hombre, a los animales y en general el deterioro del paisaje natural.

La alimentación de animales con desechos crudos debe prohibirse por el alto riesgo de transmisión de enfermedades al hombre.

A continuación se describe el método de disposición final

de desechos sólidos que más se adapta a las condiciones económicas y sanitarias en nuestro medio como es el Relleno Sanitario.

#### 2.3.6.1 Relleno Sanitario.

La "American Society of Civil Engineers - ASCE" ofrece la siguiente definición: "Relleno Sanitario, es una técnica para la disposición de la basura en el suelo, sin causar perjuicio al medio ambiente y sin causar molestias o peligro para la salud y la seguridad pública, método que utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área menor posible, reduciendo su volumen al mínimo practicable, y cubrir la basura depositada con una capa de tierra, por lo menos, al fin de cada jornada".

(\*) Otra definición, pudiera ser la siguiente: "Sistema de recuperación y renovación de áreas de terreno", atendiendo a la necesidad de planificación y optimización de la tierra, así por ejemplo, ingenieros japoneses le han ganado terreno al mar, mediante este tipo de rellenos, la Feria Mundial de Nueva York de 1939-40 fue instalada sobre terrenos que habían sido utilizados para este método de erradicación de basuras.

\* Definición dada por el Ing. Walter Engracia de Oliveira, consultor de la OPS/OMS.

Este método es original de los Estados Unidos, adoptado y recomendado por el ejército norteamericano; en seguida muchos países latinoamericanos pusieron en práctica este sistema, convirtiéndose en un método de bajo costo, para la disposición final de la basura, sin dañar el ambiente.

De cualquier definición que se utilice, lo cierto será que el Diseño de un Relleno Sanitario consistirá en compactar la basura para que ocupe el mínimo volumen posible y cubrirla diariamente con una capa de tierra, con el fin de someterla a un tratamiento biológico, sin causar perjuicio al medio ambiente y a la salud pública, según las normas dictadas por la ingeniería.

#### 2.3.6.1.1 Proceso Efectuado en un Relleno Sanitario.

Los desechos sólidos sufren una descomposición después de enterrados, lo cual genera producción de biogás y algunos gases con características explosivas como el metano, provocándose además asentamientos y producción de líquidos productos de la descomposición y la filtración de las aguas lluvias, que necesitan de canalización para su tratamiento.

Después de la compactación y entierro de los desechos, permanecen en ellos, bacterias, hongos y protozoos que metabolizan la materia orgánica. Los compuestos orgánicos

altamente putrescibles se descomponen rápidamente agotándose el oxígeno existente, para luego pasar a la descomposición anaerobia, efectuada en ausencia del oxígeno molecular, siendo el proceso más lento y de mayor importancia en este método.

El metano es explosivo en concentraciones entre el 5-15 % por volumen en el aire, como no es soluble en el agua se concentra dentro del relleno hasta que comienza a moverse a través de los espacios vacíos, alcanzando finalmente la atmósfera. Si esto no se prevee, existe la posibilidad de que el gas se embolsille y eventualmente explote.

Es obligatorio usar sistemas que canalicen la salida de los gases a la atmósfera: filtros de piedra, tuberías perforadas, etc.

### Ventajas

- No es necesario separar la basura.
- El lugar del relleno puede estar cerca de la población disminuyendo costos de transporte.
- Permite la recuperación de terrenos para convertirlos en zonas de recreación.

### Desventajas

- La operación negligente e inadecuada puede provocar la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas.

- Deben tomarse precauciones en relación a los gases que se producen principalmente el metano que es inflamable y explosivo.
- El esparcimiento del material de cobertura debe ser continuo, de lo contrario se descontrola el desenvolvimiento de insectos y roedores.

#### 2.4 ASPECTOS TÉCNICOS IMPORTANTES EN UN RELLENO SANITARIO

Todo diseño de Relleno Sanitario deberá contar con estudios ingenieriles que garanticen la buena operación y mantenimiento, estableciendo medidas para evitar o disminuir los riesgos a la salud y al medio ambiente, pudiéndose establecer como necesario el análisis de los siguientes aspectos:

- Clima
- Localización
- Topografía
- Suelos
- Geohidrología
- Uso Futuro
- Selección del sitio



#### 2.4.1 Clima

Las zonas lluviosas exigen una localización lejana para un R.S., especialmente sino se puede controlar la afluencia de agua al R.S. esto causa, entre otras cosas malos olores, debido a la producción de  $H_2S$  por causa de la anaerobiosis.

En climas secos no se presentan este tipo de molestias; sin embargo, este clima reduce la velocidad de la descomposición, requiriéndose mucho más tiempo para tener el relleno sanitario estabilizado.

La dirección del viento predominante es importante, debido a las molestias que puede causar tanto en la operación, por el polvo y papel que se levantan, como por el posible transporte de malos olores a las áreas vecinas. La ubicación del relleno sanitario deberá estar de tal manera que el viento circule desde el área urbana hacia él. En caso contrario, deberán preverse algunas medidas para contrarrestar ese aspecto, como rompevientos, por ejemplo, árboles y vegetación espesa en toda la periferia del relleno, colocación de vallas para atrapar papeles, etc.; adicionalmente la velocidad del viento es definitiva para la altura requerida para este tipo de valla.

#### 2.4.2 Localización

La ubicación del terreno juega un papel fundamental en la explotación del sistema, por cuanto la distancia y el tiempo al centro urbano de gravedad (plaza principal), repercute en el costo del transporte de los desechos sólidos.

Además de disminuir los costos de transporte, permite tener una mayor vigilancia y supervisión permanente.

Se recomienda también que los límites de un relleno estén trazados a una distancia mayor de 200 Mts. del área residencial más cercana.

El terreno debe estar cerca a una vía principal, las vías internas deben permitir el ingreso fácil, seguro y rápido a los vehículos recolectores hasta el frente de trabajo en todas las épocas del año.

#### 2.4.3 Topografía

La topografía del sitio escogido para un relleno sanitario es de crucial importancia en cuanto a la operación: esta característica determina el tipo de operación a seguir en el relleno sanitario. Este puede efectuarse, en general, de tres maneras distintas:

- Método de trinchera.
- Método de área.
- Método de excavación progresiva o de la pendiente.

Los rellenos sanitarios pueden efectuarse, "a groso modo", en zonas secas y zonas húmedas. Las primeras pueden ser hondonadas, pendiente o zonas planas. Las últimas se refieren a ciénagas y pantanos, y otras zonas inundadas.

#### 2.4.4 Suelos

Un estudio adecuado del suelo nos interesa, sobre todo por la calidad requerida para suelo de cobertura.

El terreno tiene que ser relativamente blando para que las máquinas puedan operar en forma ágil y a un costo razonable. Terrenos rocosos o excesivamente ripiosos no son apropiados, a menos que sean depresiones naturales en las cuales se hará un relleno de-área. Los terrenos excesivamente gredosos (arcilla arenosa) pueden presentar ocasionalmente grietas en la capa de recubrimiento motivada por los asentamientos naturales del relleno y en los accesos interiores por el constante tráfico.

El terreno debe tener abundante material de cobertura, ser fácil de extraer y, en lo posible, con buen contenido de arcilla por su baja permeabilidad y elevada capacidad de adsorción de contaminantes.

La tierra arenosa a marga arenosa ( "Sandy loam" ) es generalmente el tipo de material de cobertura ideal, sin embargo, otros tipos de suelos tienen características que son útiles para ciertos propósitos específicos, según la siguiente

tabla, (adaptada del libro Desechos Sólidos, Alvaro Jaramillo):

TABLA Nº 2.4

CARACTERISTICAS DE DIVERSOS TIPOS DE SUELOS						
FUNCION	GP	GW	SL	SM	M	C
Control de roedores	B	R-B	B	M	M	M
Control de moscas	M	R	M	B	B	E
Minimiza humedad en el R.S.	M	R-B	M	B-E	B-E	E
Mejora apariencia	E	E	E	E	E	E
Crecimiento vegetal	M	B	M-R	E	B-E	R-B
Desalojar gases	E	M	B	M	M	M

E: Excelente  
R: Regular

B: Bueno  
M: Malo

GP: Gravas limpias  
SL: Arenas limpias  
M : Limos

GW: Grava con finos  
SM: Arena limosa  
C : Arcilla

#### 2.4.5 Geohidrología

Es necesario evaluar la profundidad del manto freático, dado que es necesario mantener por lo menos una distancia de tres metros entre las aguas subterráneas y los desechos sólidos, así mismo, es preciso identificar las características del suelo, en cuanto a su permeabilidad y capacidad de absorción. La permeabilidad está influenciada por el tamaño de las partículas, espacio de los vanos y la estructura del

suelo. La Figura N<sup>o</sup> 2.2 ilustra la relación entre el tipo de gramo y el coeficiente de permeabilidad.

La terminología para permeabilidad utilizada en la Guía de Drenaje de Illinois, EE.UU., clasifica a los diferentes tipos de suelo como sigue:

- 1- Rápidamente permeable (más de 15 cm/hora) y moderadamente rápida ( 5 a 15 cm/hora )
- 2- Moderadamente permeable ( 1.5 a 5 cm/hora )
- 3- Moderada y lentamente permeable ( 0.5 a 1.5 cm/hora )
- 4- Lentamente permeable ( 0.15 a 0.5 cm/hora ) y muy lentamente permeable ( menos de 0.15 cm/hora )

Para el diseño de un relleno sanitario, la tercera clasificación es la más deseable, el ser muy impermeable dificultaría la salida de los gases, el otro extremo, provocaría demasiada infiltración de los líquidos percolados.

El Reglamento para el Manejo de Desechos Sólidos no Peligrosos (Propuesto en 1994), en la sección VII, literal (b), sugiere un coeficiente máximo permisible de impermeabilidad de  $K = 1 \times 10^{-7}$  cm/seg para garantizar la conservación de los acuíferos existentes en la zona.

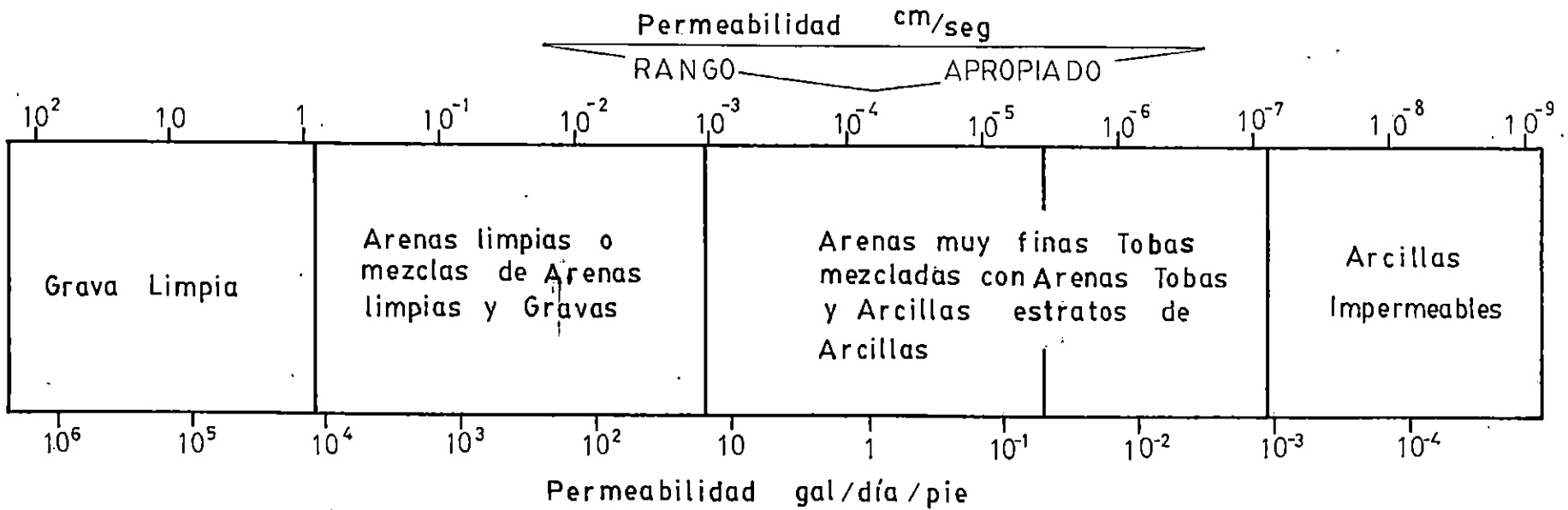


FIG. Nº 2.2

RELACION ENTRE EL TAMAÑO DE GRANO Y EL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD.

#### 2.4.6 Uso Futuro

En todo proyecto de construcción de un R.S. se debe tener en mente la probabilidad de su utilización futura; una vez terminada su vida útil, el R.S. debe integrarse perfectamente al ambiente natural, económico y social.

A continuación se presentan algunas alternativas para su probable uso:

- Parque y clubes: es el uso más extendido, requiere cobertura final de al menos 0.6 mts., no requiere cuidados especiales, solamente en zonas de parqueo y de edificaciones.
- Agricultura: la cubierta debe tener 0.6 mts. o más; si hay regadío, se debe analizar muy bien la posibilidad de la contaminación de las aguas.
- Estacionamientos y aeropistas: se debe planear, en el caso de pistas la capacidad de absorción de cargas vivas del suelo, y solamente considerar aviones pequeños. Los D.S. deben ser bien compactados con una cubierta de unos 0.6 mts.
- Edificaciones: este caso es muy delicado, todas las precauciones en cuanto a la adecuada expulsión de gases e infiltraciones deben ser tomadas, el asentamiento no debe exceder de el 10 %, el cubrimiento final debe tener 1.0 mts., las fundaciones deben proyectarse con

prudencia, utilizando pilotes si es necesario, las edificaciones deben ser de un sólo nivel y de material ligero.

- Areas deportivas: canchas de fútbol, basketbol, etc.
- Viveros y Reservas.

#### 2.4.7 Selección del sitio.

Anteriormente se han enumerado los factores que rigen la elección del lugar, los cuales pueden resumirse, utilizando un método de Listado de Preguntas que analizan un posible sitio para R.S.

##### Area requerida.

- ¿Existe el área requerida?
- ¿Hay potencial de recuperación del terreno?
- ¿Está el área en zona que permite tal uso?

##### Potencial de molestias.

- ¿Qué tan cerca está el sitio elegido de edificios, zonas residenciales y comerciales?
- ¿Qué efecto tendrá en los vecinos?

##### Diastancia de transporte.

- ¿Es este lugar, entre otros, el más cercano a su comunidad?
- ¿Cuánto cuesta el acarreo?
- ¿Hay suficientes vías de acceso?
- ¿Es relativamente fácil llegar a él?

##### Servicios.

- ¿Hay servicios de agua, energía, etc. cerca?



- ¿Cuánto cuesta obtenerlos?

#### Suelos.

- ¿Qué características tiene el suelo disponible?
- ¿A que profundidad y distancia se obtiene el más utilizable para fines de R.S.
- ¿Es la tierra buena para usar como cobertura?

#### Potencial de contaminación.

- ¿Profundidad del nivel freático?
- ¿Cercanía de fuentes superficiales?
- ¿Soplan los vientos predominantes en dirección contraria a la zona residencial?
- ¿Puede el suelo retener los contaminantes e impedir que se cuelen a las áreas circundantes y a las fuentes de abastecimientos de agua?

#### Operación.

- ¿Se adapta el terreno a las operaciones normales?
- ¿Hay facilidad de drenar las infiltraciones?

#### Costo de la tierra.

- ¿La tierra es valiosa?
- ¿Es marginal?
- ¿Cuánto cuesta?

#### Uso futuro.

- ¿Se podrá aprovechar el lugar cuando el relleno esté completo y cerrado?
- ¿Aceptará el público el destino que se le dé?

Las respuestas a las preguntas anteriores, determinarán el potencial que tiene un sitio para ser desarrollado como R.S.

A continuación se presenta un criterio práctico y sencillo para evaluar, cuantitativamente, diferentes sitios candidatos para un relleno sanitario. En la Tabla Nº 2.5 se le asigna un valor a cada uno de los conceptos que influyen en la selección. Este valor se ha determinado de acuerdo a la importancia que tiene cada uno de ellos y se les ha asignado una cantidad en la columna de valores. En las columnas de opciones aparecen los siguientes conceptos.

Excelente	1.00
Buena	0.85
Regular	0.70

Al multiplicar cada concepto por su columna de valores correspondientes se tendrá un resultado; el sitio que tenga la suma más alta, será la mejor opción para el relleno sanitario.

**TABLA 1 EVALUACION Y VALORES PARA LA SELECCION DEL SITIO  
PARA RELLENO SANITARIO**

TABLA Nº 2.5

Conceptos que influyen en la Selección del Sitio	Valores	Excelente	Bueno	Regular
Vida Útil	1.00	Mayor de 10 años (1.00)	De 5 a 10 años (0.850)	Menor de 5 años (0.700)
Tierra para cobertura	0.700	Autosuficiente (0.700)	Acarreo cercano (0.595)	Acarreo lejano (0.490)
Topografía	0.200	Minas a cielo abierto abandonadas (0.200)	Inicio de cañadas, manglares contaminados (0.170)	Otros (0.140)
Vías de acceso	0.250	Cercanas y pavimentadas (0.250)	Cercanas transitables (0.212)	Lejanas y transitables (0.175)
Vientos dominantes	0.050	En sentido contrario a la mancha urbana (0.050)	En ambos sentidos de la mancha urbana (0.042)	En sentido de la mancha urbana (0.035)
Ubicación del sitio	0.400	De 3 a 12km de la mancha urbana (0.400)	Entre 1 y 3km de la mancha urbana (0.340)	Mayor de 12km y menor de 1km de la mancha urbana (0.280)
Geohidrología	0.400	Más de 30m de profundidad (manto acuífero) (0.400)	Entre 10 y 30m de profundidad (0.340)	Menor de 10m de profundidad (0.280)
Geología	0.400	Impermeables (0.400)	Semi-impermeables (0.340)	Permeables (0.280)
Hidrología Superficial	0.300	No hay corrientes superficiales (0.300)	Lejano de corrientes superficiales (0.255)	Cerca de corrientes superficiales (0.210)
Tenencia de la tierra	0.700	Terreno propio (0.700)	Terreno rentado a largo plazo (0.595)	Terreno rentado a corto plazo (0.490)

Fuente

"El Manejo de los Desechos Sólidos  
como un Servicio Público"

Ministerio de Salud.

## 2.5 METODOS PARA CONSTRUCCION DE RELLENOS SANITARIOS

### 2.5.1 Método de Trinchera o de Zanja.

Se utiliza cuando el terreno disponible es plano, o tiene pequeñas depresiones, y que además los terrenos pueden ser excavados utilizando equipos normales de movimiento de tierras y preferiblemente sin encontrar agua subterráneas.

El R.S. tipo zanja puede resumirse así:

- a) Excavación de la zanja. Se abre una zanja en posición normal a la dirección de los vientos predominantes de la región para evitar que éstos arrastren los papeles. La zanja puede excavarse por completo antes de iniciar en ella el vaciado de los desperdicios, o progresivamente a medida que avanzan los trabajos; otras veces la zanja se excava diariamente con la capacidad requerida para disponer las basuras del día siguiente, es conveniente prever que la excavación de la trinchera se efectúe de manera tal de permitir el auto drenaje de la misma. El ancho de las zanjas varía de 5; 7, hasta 10 Mts., podría fijarse un ancho de 1.5 veces el ancho del tractor para permitir una compactación en toda la superficie. La profundidad es variable, pudiendo recomendarse de 1.5, 1.8 y hasta 3.0 Mts., y si el

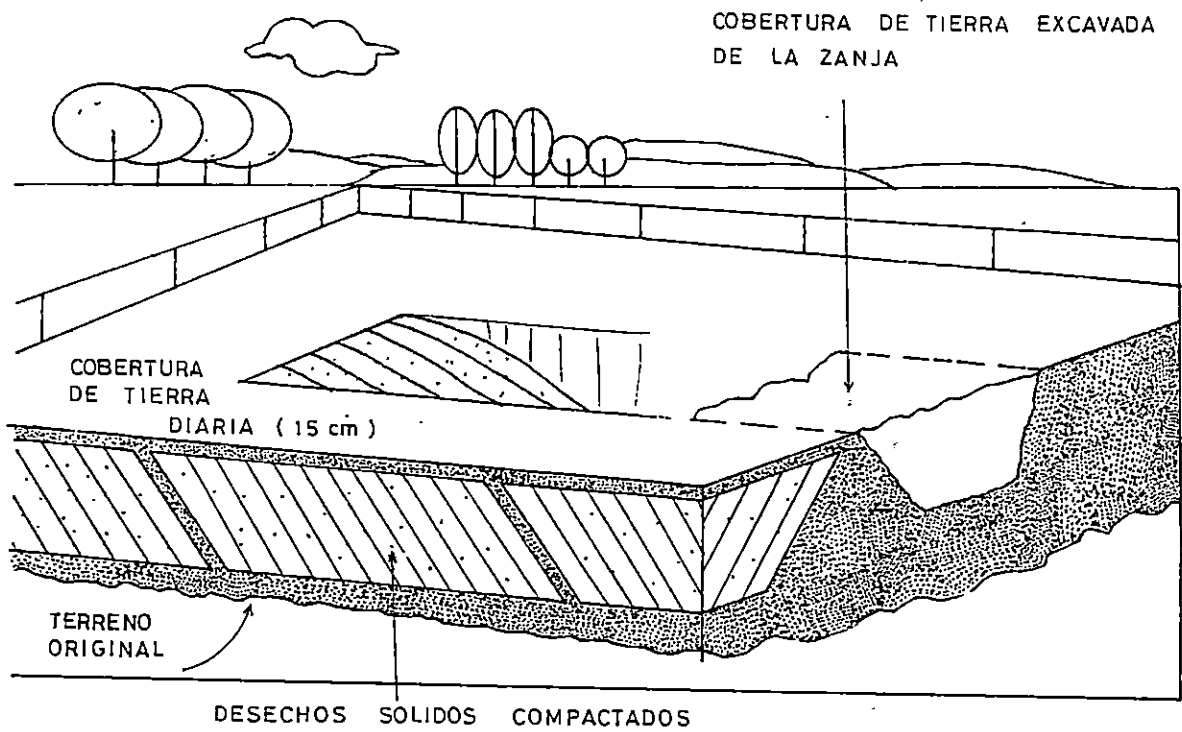
viento causa problemas puede profundizarse hasta 6 Mts. La longitud varía de 20, 120, y 200 Mts. de largo. La trinchera deberá ubicarse paralelamente, separada una de la otra de 2.0 a 3.0 Mts., o lo suficiente para permitir el tránsito y la maniobra de los vehículos; también para garantizar la estabilidad de los taludes de las mismas.

- b) Vaciado de los desperdicios. Se vierte la basura que han transportado los camiones, en el frente de operación de la zanja, el esparcimiento se hace con tractores y para la compactación se utilizan las orugas de acero del mismo.
- c) Recubrimiento diario. Se realiza con tierra proveniente de la excavación de la zanja, en capas inclinadas de 15 cm de espesor, el camión de recolección que se desplaza por sobre la zanja rellena, realiza el complemento de la compactación.
- d) Recubrimiento superior o sello sanitario. Cuando se alcanza la altura establecida, se cubren con una capa compactada horizontal de 60 cm de espesor, cuyo nivel final coincida con la cota indicada en los planos respectivos.

e) Cambio de zanja. Una vez alcanzado el nivel deseado en toda la longitud de la zanja, se continúa el trabajo en una zanja adyacente separada por un muro de terreno natural de aproximadamente 0.90 Mts.

f) Siembra del relleno. Cuando el R.S. está terminado se procede a sembrar para evitar la erosión.

Se debe tener cuidado en época lluviosa dado que las aguas pueden inundar la zanja. Por lo tanto, se deben construir canales perimetrales para captarlas y desviarlas e incluso proveerlas de drenajes internos. Las paredes longitudinales de la zanjas tendrán que ser cortadas de acuerdo con el ángulo de reposo del suelo excavado. Los terrenos rocosos no son apropiados debido a las dificultades de excavación. Las figuras N<sup>o</sup> 2.3 y N<sup>o</sup> 2.4 muestran claramente el método de trinchera.



RELLENO SANITARIO TIPO TRINCHERA

FIG. Nº 2.3

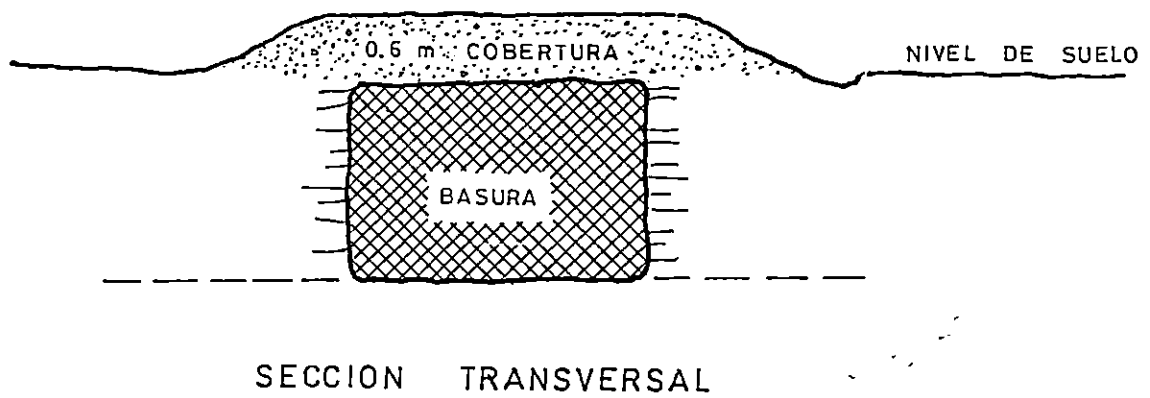
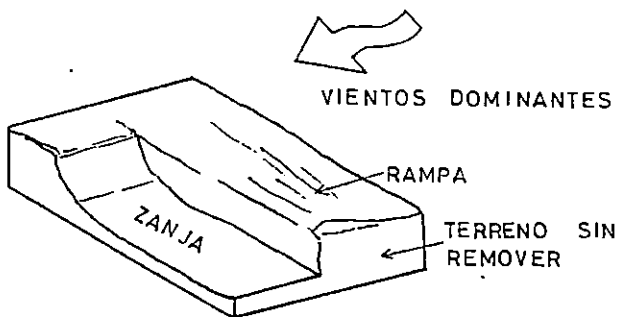
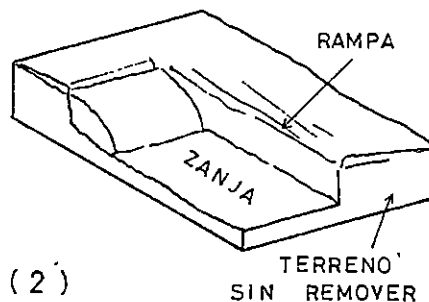


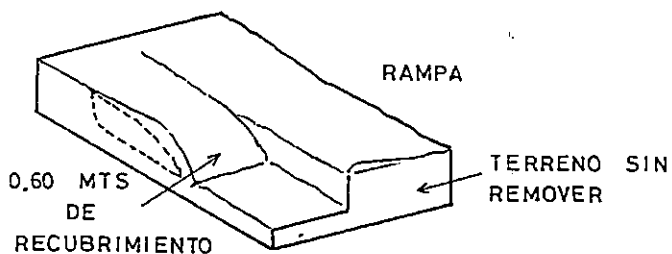
FIG. Nº 2.4



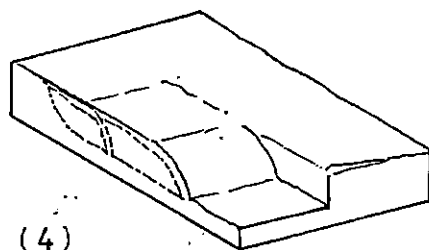
(1) Empezando la primera etapa



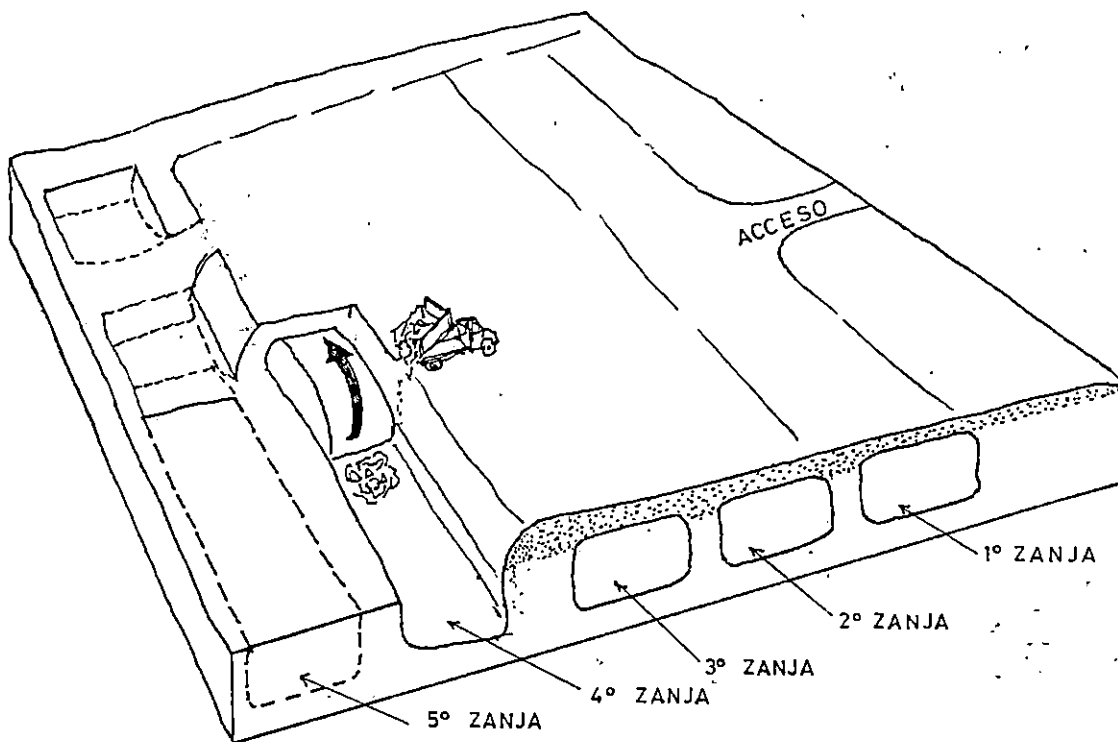
(2) Basura compactada primera celda



(3) Recubrimiento compactado en la primera celda



(4) Segunda celda compactada y cubierta



(5) Compactando basuras vaciadas en la cuarta zanja con material proveniente de la quinta zanja

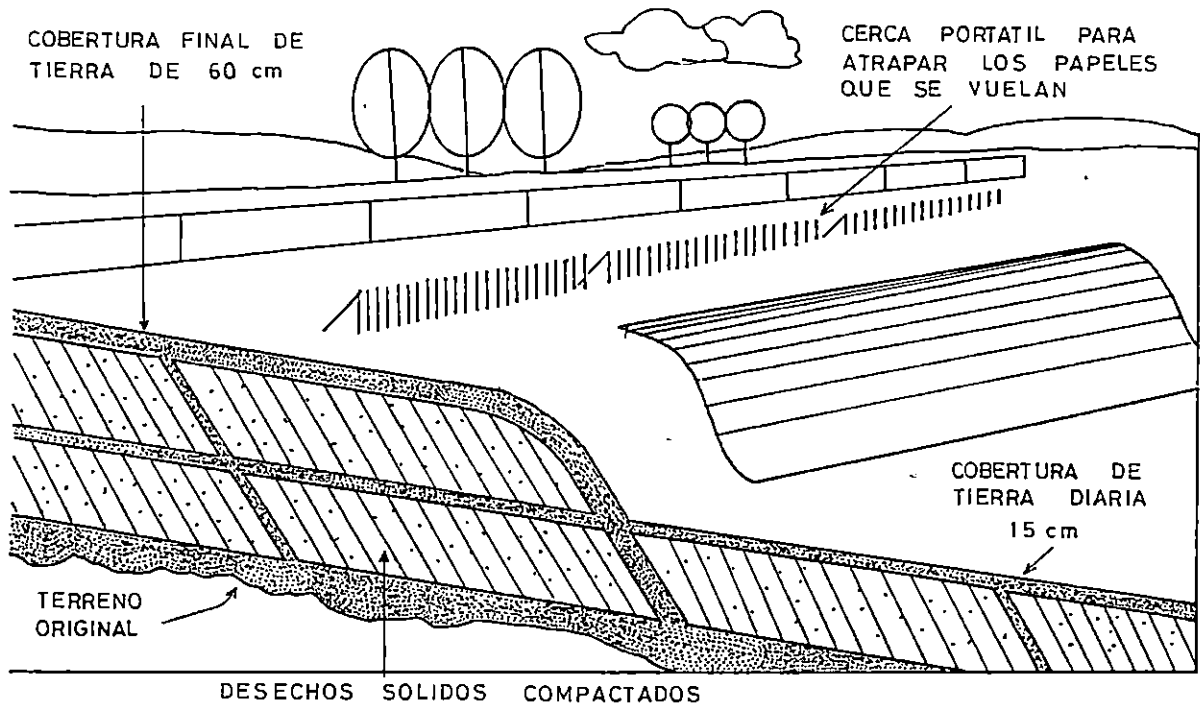


### 2.5.2 Método del Area.

Se utiliza para llenar depresiones de algunos metros de profundidad: hondonadas naturales o artificiales, pozos producidos por extracción de materiales, pantanos, barrancas, canteras, y donde el nivel freático está localizado próximo a la superficie.

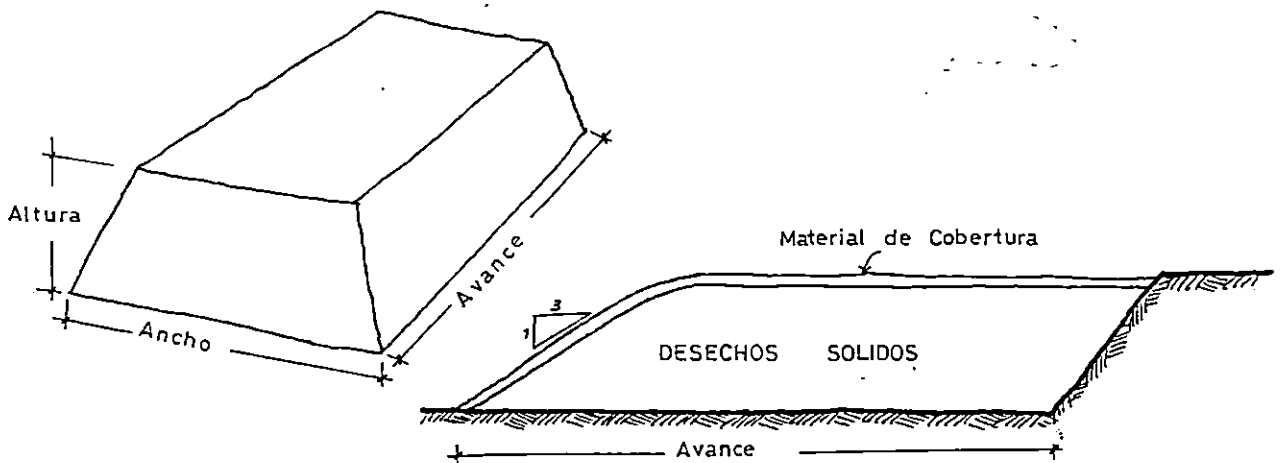
En estos terrenos se aprovechan las condiciones naturales, la tierra de recubrimiento se obtiene de las laderas adyacentes a los mismos o acarreándola.

El procedimiento empleado en este método es casi el mismo que el de trincheras, excepto el literal (a) ya que en este caso la depresión ya existe, la basura es depositada directamente en ésta siguiendo los mismos pasos descritos en el método anterior. Ver figura N<sup>o</sup> 2.5.



RELLENO SANITARIO TIPO AREA

FIG. Nº2.5

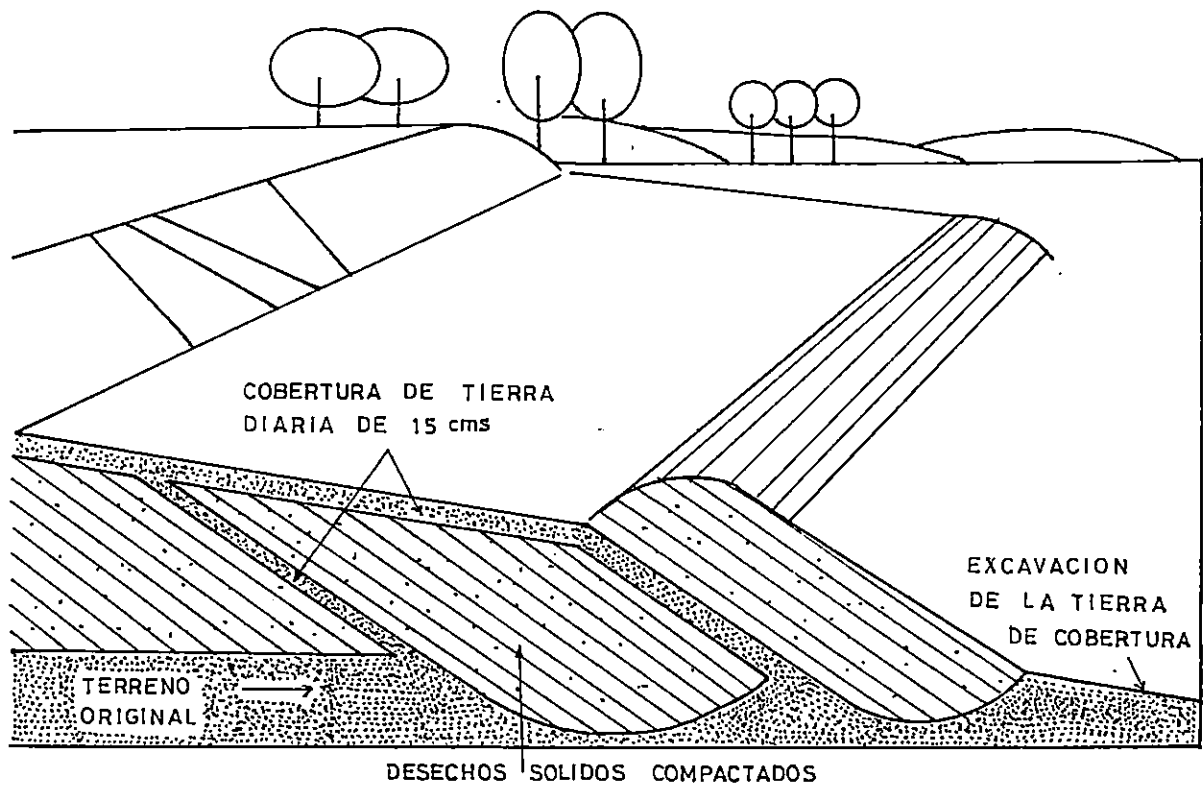


CELDA

### 2.5.3 Método de Rampa.

El relleno tipo rampa es una combinación del método de trincheras y de área en el cual la basura es depositada, esparcida y compactada sobre una rampa previamente preparada de aproximadamente 30°. La tierra de cobertura se extrae directamente del área del terreno donde se comenzará la siguiente célula, para luego esparcirla y compactarla sobre la basura. La excavación se hace el día anterior antes de comenzar la próxima célula.

La compactación es fundamental para reducir al máximo los asentamientos posteriores ( 10% para el primer año ), una buena compactación también inhibe la combustión, suprime olores y la posibilidad de crianza de ratas y moscas. Ver figura Nº 2.6.



RELLENO SANITARIO TIPO RAMPA

FIG. Nº 2.6

## 2.6 DISEÑO Y OPERACION DE UN RELLENO SANITARIO

### 2.6.1 Preparación del Sitio.

Antes de comenzar a recibir desechos sólidos en el terreno, se deben realizar ciertas mejoras a fin de que el sitio cumpla con las exigencias del diseño.

Estas actividades constructivas son las siguientes:

- \* Limpieza del fondo de la depresión y desmonte en general (observar medidas de precaución contra la erosión).
- \* Corte de árboles cuando sea indispensable.
- \* Vías de acceso internas. Son caminos temporales, hechos en el suelo apisonados, con una capa de balasto para épocas de lluvia.
- \* Movimientos de terracería. Incluye los cortes, estabilización de taludes y tratamiento del suelo de soporte. El corte de material es una etapa que requiere de gran experiencia para dejar los niveles indicados en el plano, los taludes del terreno se dejan para dar estabilidad al relleno, generalmente de 3:1 (H:V). Las terrazas deben tener una pendiente mínima del 2 %.

Todas las actividades anteriores deben de estar supervisadas por un ingeniero civil.

## 2.6.2 Obras de Drenaje.

### 2.6.2.1 Drenaje Pluvial.

Es conveniente realizar obras que intercepten y desvíen lo más que se pueda, el escurrimiento de las aguas de lluvia hacia afuera del R.S., esto reduce el volumen del líquido percolado y mejora las condiciones de operación.

La sección de la canaleta se calcula de acuerdo con las condiciones de precipitación local, área tributaria, características del suelo, vegetación y topografía; un ejemplo práctico puede ser el que muestra la Fig. N<sup>o</sup> 2.7, una canaleta o un tubo de concreto cortado por la mitad, el cual debe tener una pendiente mínima del 2% y si es necesario, debe tener dispositivos que disipen la energía hidráulica en pendientes empinadas; como por ejemplo, conducción del agua en zig-zag controlado, a través de pantallas desviadoras incorporadas en el desagüe o construyendo escalones dentro del mismo.

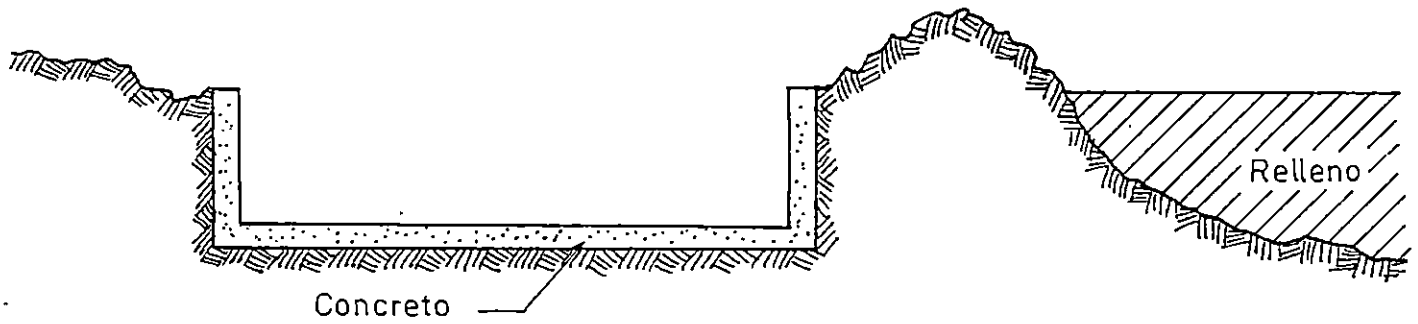
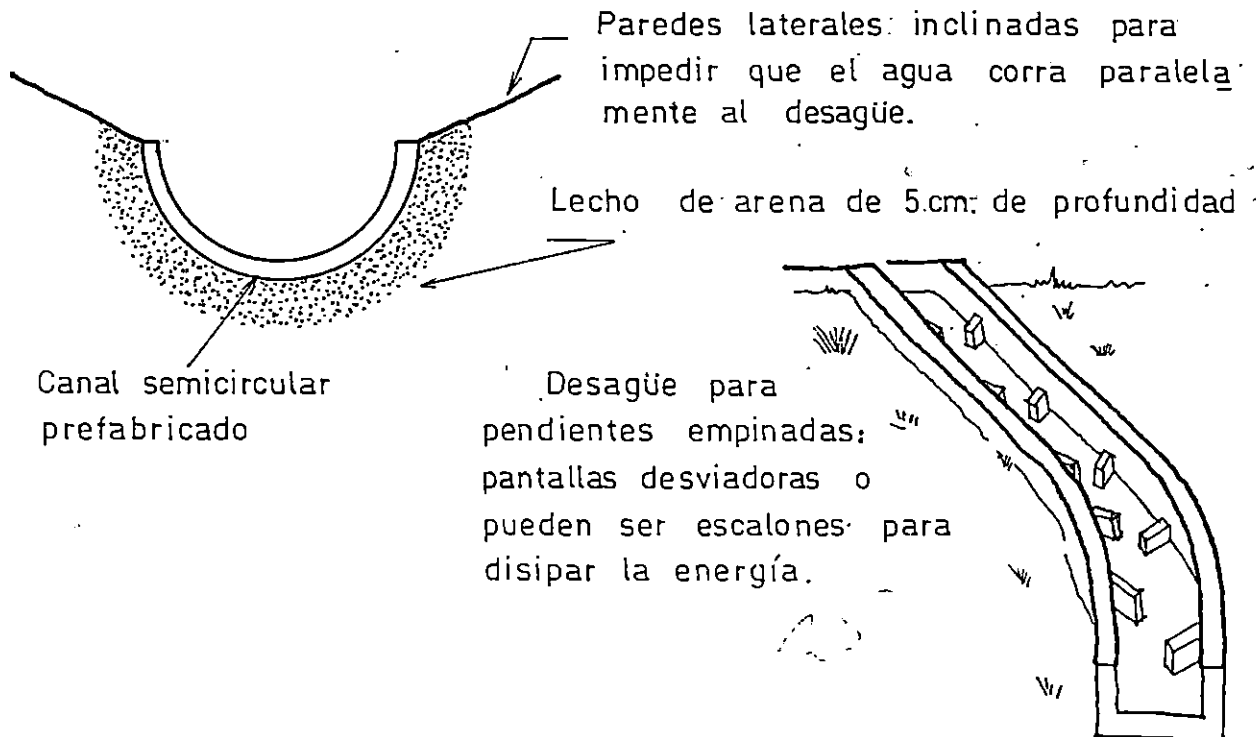


FIG. Nº 2.7

DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES



El procedimiento de cálculo para dimensionar la sección de la canaleta que va a evacuar las aguas lluvias es el siguiente:

- Se aplica la Fórmula Racional, "  $Q = CIA$  ", por que es un método hidrometeorológico que da muy buenos resultados para cuencas pequeñas (menores de 2.5 km<sup>2</sup>).
- Para dimensionar se utiliza la fórmula de Manning, ya que es la más adecuada para diseñar canales.
- Los datos que se necesitan para aplicar la fórmula racional son: el coeficiente "C" de escurrimiento, la intensidad pluvial máxima "I", y el área de captación "A".
- Para estimar la intensidad máxima o de diseño, se calcula el Tiempo de Concentración "  $T_c$  " de la cuenca en estudio, con este tiempo, que es el que tardaría una gota de agua en recorrer desde el punto más alto al más bajo de la cuenca, se escoge el rango de intensidades que más se acercan a nuestro  $T_c$ , estos datos son proporcionados por la estación más cercana.
- Estos datos se plotean en Papel Gumbel, se traza al "ojo" para cada duración, en este caso no se puede aplicar un test de confiabilidad, ya que es la única estación en la zona.
- Se escoge un Período de Retorno de 25 años, atendiendo



al tiempo de descomposición de la basura y a recomendaciones de normas estadounidenses, se interpola entre las líneas de los diferentes períodos de duración el  $T_c$ , luego se intercepta en el eje vertical (intensidades) y se obtiene la intensidad buscada.

- Para obtener el coeficiente de escorrentía se emplea el Método de Vente Chow. (Ver Anexo N° 2).
- Con la información necesaria, se calcula el caudal y se iguala a la fórmula de Manning para obtener las dimensiones del canal.

#### 2.6.2.2 Drenaje del líquido Percolado

Los jugos percolados llamados también Jugos de Lixiviación, Chorume o simplemente Lixiviados, son líquidos que se han drenado a través de un desecho sólidos.

Este líquido es de color oscuro, mal oliente, presenta materiales solubles y suspendidos, elevado potencial de contaminación, debido a la elevada demanda bioquímica de oxígeno que posee.

##### 2.6.2.2.1 Construcción del Drenaje para Lixiviados

Se prepara el trazado por donde se ubicará el drenaje en el terreno, el cual puede ser similar al de un sistema de alcantarillado. El drenaje puede ser hecho con canaletas

(aproximadamente 50 x 50 cms.), abiertas sobre la celda de desechos sólidos, rellenas de piedra N° 4, una vez que se tengan las zanjas llenas con piedra, se recomienda colocar sobre ellas un material que permita infiltrar los líquidos y retener las partículas finas (geotextil) en el interior debe haber una tubería de concreto con la mitad perforada (Dren Francés). Ver fig. N° 2.8 b.

Otra solución sería, utilizar solamente piedra N° 4 envuelta en tela geotextil para que capte y pase el agua a través de él, pero sin permitir el paso del suelo fino. Ver Fig. N° 2.8 c.

Los drenes deben tener una pendiente mínima del 2% e ir en la parte más profunda del R.S. sobre la capa impermeable de arcilla, esto se aplica a cualquier tipo constructivo de drenes.

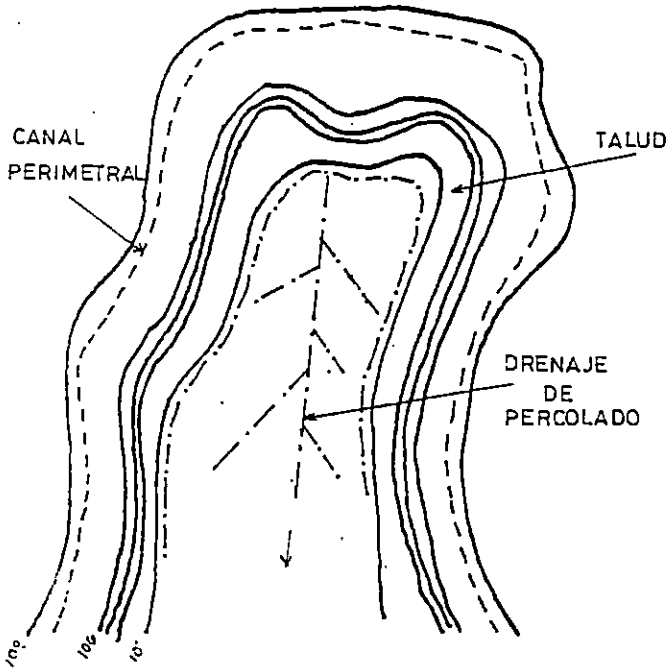
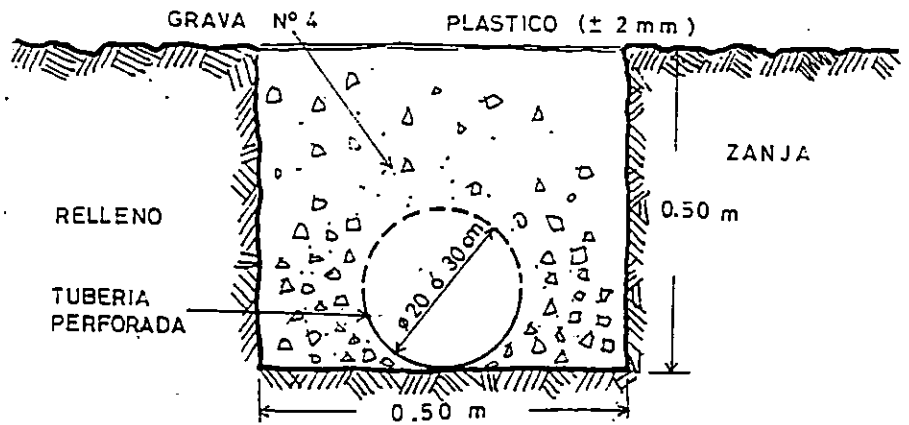
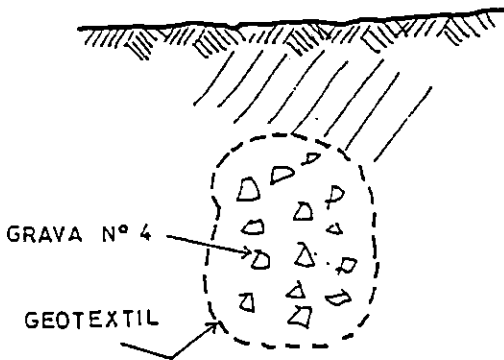


FIG. N° 2.8

( a )



( b )



( c )

### 2.6.2.3 Drenaje de Gases

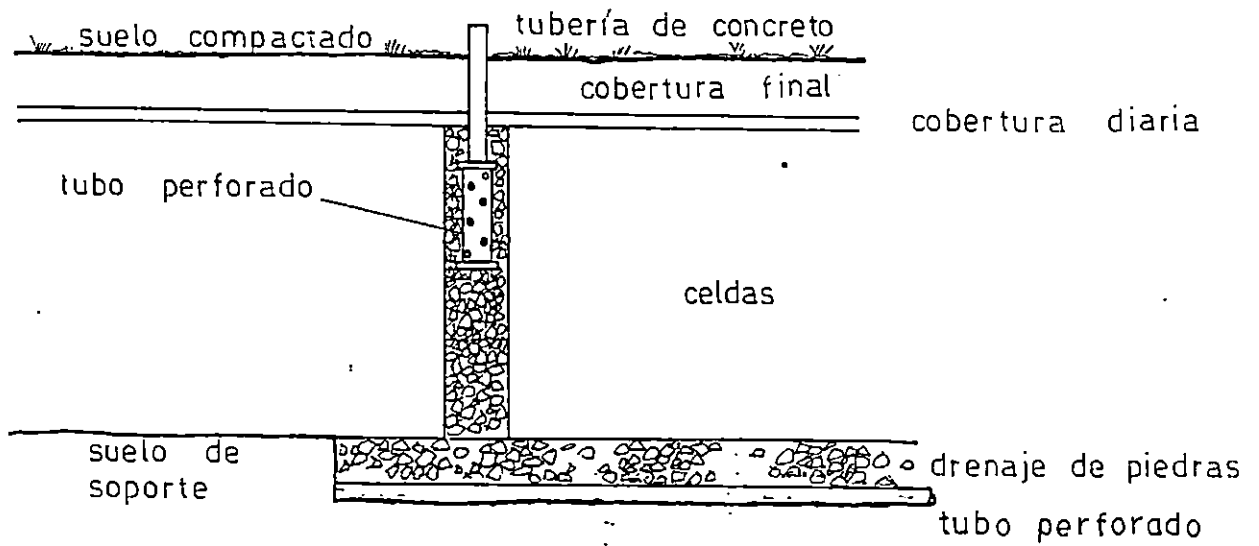
Los gases se evacúan del R.S. principalmente por dos razones, evitar asentamientos diferenciales, y sobre todo despejar la posibilidad de explosiones. Si se crea un conducto espontáneo de evacuación de gases hacia una edificación, el metano (  $C H_4$  ) puede alcanzar concentraciones altas (5≈15%) y accidentalmente causar una explosión.

El drenaje de gases es un sistema de ventilación en piedra con una chimenea de tubería perforada de concreto

Las chimeneas se construyen verticalmente a medida que avanza el relleno, vigilando la compactación alrededor de dichos tubos.

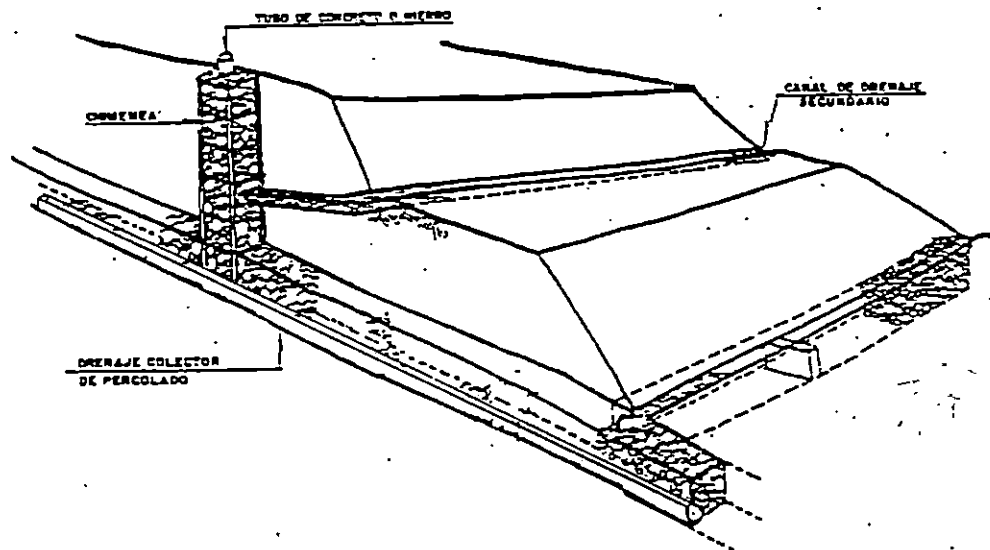
Las tuberías perforadas de concreto pueden ser entre 30 a 60 cms. de diámetro, instaladas entre 50 y 100 mts.; en las áreas con casas cerca, la separación debe de ser de 20 a 30 mts.- Las bases de la tubería deberán estar dentro de la piedra de los drenes de los jugos percolados.

A continuación se muestran las ilustraciones de las chimeneas de gas. Figura N<sup>o</sup> 2.9.



METODO PERMEABLE DE DESVIACION DE GASES

FIG. N°2.9



### 2.6.3 Operación.

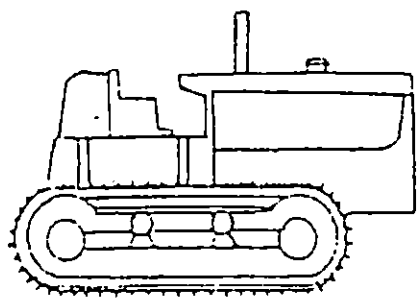
#### 2.6.3.1 Equipo.

Existe una serie de equipos para realizar la operación completa del relleno sanitario, estas máquinas prestan diversos servicios, como por ejemplo:

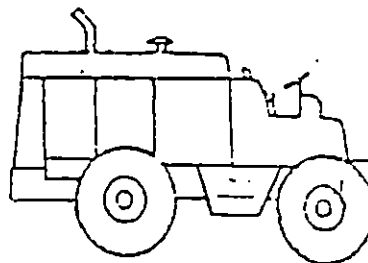
Ejecutar la excavación del terreno, compactar y regar los desechos sólidos, remoción de la tierra de recubrimiento y otras operaciones de apoyo. Los equipos que normalmente se utilizan son los siguientes. Ver Figura N° 2.10.

Hay varios factores que deben considerarse antes de elegir un equipo, entre otros están:

- Tonelaje y tipos de desechos a manejar
- Cantidad y tipo del material de cobertura
- Distancia a que se debe de acarrear el material de cobertura
- Tipo de relleno sanitario
- Necesidades de compactación
- Condiciones climáticas
- Presupuesto disponible
- Tipo y accesorios del equipo.

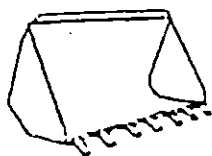


TRACTOR ORUGA

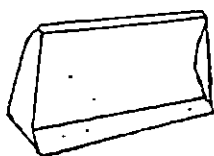


TRACTOR DE NEUMATICOS

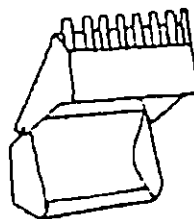
ACCESORIOS DELANTEROS



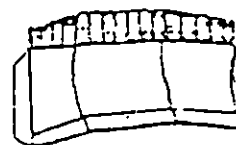
CUCHARON



CUCHILLA FRONTAL



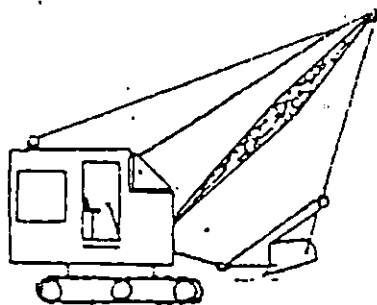
CUCHARON  
UNIVERSAL



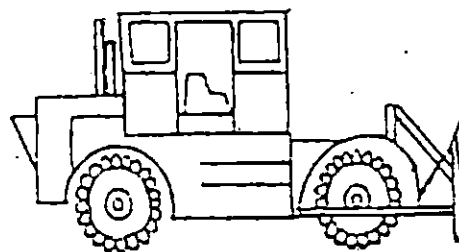
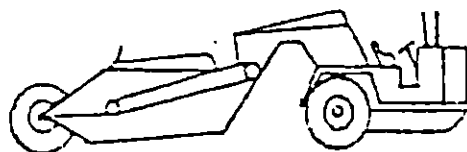
CUCHILLA ESPECIAL  
PARA VERTEDEROS

EQUIPOS ESPECIALES

TRAILLA



DRAGALINA



COMPACTADORA DE RUEDAS DE ACERO

FIG. Nº 2.10

EQUIPO MAS UTILIZADO EN UN  
RELLENO SANITARIO.

Es muy importante la selección correcta de las máquinas, el trabajo de un relleno sanitario es duro para éstas, por lo tanto, es necesario que sean lo suficientemente recias para aceptar el rigor de la aplicación. A continuación se describirá el equipo de más uso en rellenos sanitarios:

#### Tractor de cadenas.

Es la máquina más popular, ésta hace los trabajos preliminares de preparación de obras derribando árboles, construyendo caminos de acceso, también esparcen y compactan los desechos, desgarran el material de cobertura, lo esparcen y compactan sobre los desechos, y se adapta bajo cualquier condición climática y tipos de suelos.

El tractor de cadenas logra densidades de compactación de 474 a 593 Kg/m<sup>3</sup> y puede mover económicamente el material a distancias de hasta 91 mts., aunque se recomienda no transportar o empujar materiales a distancias mayores de 80 mts.

#### Camión cisterna.

Un carro tanque es una pieza de equipo valiosa en cualquier relleno sanitario. Se usa para el abastecimiento de agua necesaria para el aseo y otras utilidades del personal



instalado en el proyecto, aplaca el polvo en los caminos de acceso, limpieza diaria del tractor (usando su capacidad de alta presión saca los escombros de los radiadores), también ayuda a apagar pequeños incendios. Si no se puede adquirir un camión cisterna, lo más recomendable es construir una pila para acopio de agua de aguas lluvias o adquirir barriles de 200 litros metálicos o de plástico para recoger estas aguas provenientes del techo de las instalaciones del personal, para el agua de consumo es necesario traerla de la ciudad en recipientes cerrados.

#### **Báscula.**

Es necesario el pesaje diario de cada vehículo recolector, municipal o particular, la estimación de la generación per cápita de desechos sólidos es aproximada, así mismo, los datos poblacionales de la ciudad, por lo que se hace indispensable la adquisición de una báscula (con capacidad de pesaje de unos 30,000 Kg) para obtener datos fidedignos y proyectar mejor en el futuro.

#### **Herramientas.**

Sirven para el mantenimiento de las vías de acceso y drenajes pluviales, recolección de papeles y otros desechos; pueden ser las siguientes:

- Carretilas de obra civil
- Palas
- Azadones
- Rastrillos
- Baldes
- Piochas
- Barriles

**Equipo auxiliar.**

La mayoría de los rellenos sanitarios mecanizados necesitan de un equipo auxiliar de servicios generales. Este equipo puede ser permanente o eventual según los requerimientos en la vida útil del relleno, se recomienda la adquisición o alquiler del siguiente equipo:

- Un tanque con bomba para combustible (permanente).
- Una motoniveladora (eventual).
- Un Pick-Up para usos generales (permanente).
- Un nivel de trípode con estadia e implementos topográficos, parte de este equipo lo posee la Alcaldía (eventual).
- Un camión de volteo (permanente).

## CAPITULO III

DIAGNOSTICO DEL MANEJO  
DE LOS  
DESECHOS SOLIDOS  
EN LA CIUDAD DE SAN MIGUEL

### 3.1 INTRODUCCION.

Casi en las puertas del siglo XXI, en donde se han logrado importantes avances tecnológicos, aún no se ha podido inventar un método o dispositivo capaz de erradicar la basura en forma total a bajos costos, lejos de eso, se genera más basura y los métodos usados para eliminarla perjudican en mayor o menor grado el medio ambiente.

Ninguna era ha producido tanta basura como la nuestra, los planificadores urbanistas coinciden, en que es imposible sostener el ritmo actual del consumo y desperdicio.

En América Latina y en otros países sub-desarrollados todavía operan botaderos al aire libre, o en el mejor de los casos mal llamados "rellenos sanitarios" que no cumplen con las normas ambientales que exigen la comunidad internacional.

En El Salvador hasta ahora, no existe un verdadero relleno sanitario que cumpla con los requisitos fundamentales para preservar el ambiente, ni siquiera en la ciudad capital, que decir de otros centros urbanos importantes, que aunque cuentan con un sistema de recolección regular de los desechos, no existe un lugar adecuado para arrojarlos en forma sanitaria.

Para saber que tenemos un grave problema, basta ver las calles de nuestras ciudades, con la basura que pisamos a diario, promontorios de desechos alojados en las esquinas o en predios baldíos, tragantes sepultados con desperdicios o los bordes de las carreteras salpicados de desechos.

En este capítulo, se expondrá como se ha realizado el manejo de la basura en la ciudad de San Miguel, equipo actual y rutas de recolección.

3.2

BIOGRAFIA DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL.

Fecha de fundación : El día 8 de mayo de 1574, la ciudad obtuvo el título de Villa por orden de Pedro de Alvarado y ejecución de Luis de Moscoso y a fines del año, se le concedió el título de Ciudad.

Ubicación : La ciudad esta situada en un valle al NE del volcán Chaparrastique, 132.5 kms. al E de la ciudad de San Salvador y a una elevación de 110 msnm.

Coordenadas : 88° 10' 40" LWG

Geográficas 13° 28' 53" LN

Límites : Linda al norte con Quelepa, Moncagua, Jurisdiccionales Chapeltique, Comacarán y Uluazapa del Depto. de San Miguel, y Jocoro en el Departamento de Morazán. Al este, con la Jurisdección de Comacarán y Uluazapa, del Depto. de la Unión. Al sur con Chirilagua y San Rafael Oriente; y al Oeste con la Jurisdicción de San Rafael Oriente, Chinameca,

Moncagua y Quelepa.

- Clima : Está situada en la zona de las sabanas tropicales calientes.
- Servicios Públicos : Alcaldía Municipal, mercados, rastro, correo, agua potable, alumbrado, telecomunicaciones, ferrocarril, autobuses, transporte aéreo, cuerpos de seguridad, aseo, alcantarillado, hospitales, cruz roja, ISSS, asilo de ancianos, administración de rentas, radiodifusoras, juzgados de primera instancia, paz y tránsito, escuelas, agencias bancarias, iglesias.
- Actividades Económicas : Se destaca la transacción comercial de frutas y verduras, concentrada en los alrededores del parque "Gerardo Barrios" (centro de la ciudad). Sobresale el cultivo de la caña de azúcar, henequén, maíz.

### 3.3 RESEÑA HISTORICA DEL MARCO LEGAL, HECHOS E INVESTIGACIONES REALIZADAS PARA EL MANEJO Y DISPOSICION FINAL DE LOS DESECHOS SOLIDOS EN LA CIUDAD DE SAN MIGUEL.

A continuación se destacan las fechas más importantes con el manejo de los desechos sólidos en la República de El Salvador y particularmente en la ciudad de San Miguel.

- 1854 : Es emitida la Ley de Policía, la que contemplaba artículos que obligan a la limpieza de poblaciones, barrido de calles, recolección y disposición de basuras, así como la selección de sitios más adecuados de disposición final.
- 1930 : Se promulga el Código de Sanidad, conteniendo artículos que consideraban aspectos sobre limpieza de viviendas, de mercados, fábricas o talleres, hospitales, escuelas y cuarteles.
- 1940 : En la ciudad de San Miguel, ante el crecimiento poblacional, organizaciones privadas se encargan de la recolección de basuras, así comienza a funcionar el tren de aseo, que era una carreta halada por bueyes, la disposición final la realizaban en un



botadero abierto, ubicado cerca del actual balneario "Altos de la Cueva".

- 1961 : Es emitido el Reglamento General sobre Seguridad e Higiene de los Centros de Trabajo (Decreto Ejecutivo No. 7). el cual ordenaba el cumplimiento del aseo diario y la correcta disposición de basuras dentro del ambiente de trabajo (incineración o enterramiento).
- 1966 : Se adquiere en San Miguel el primer camión de volteo, controlado por la Municipalidad, también se colocaron contenedores en distintos lugares de la ciudad, para el almacenamiento de la basura.
- 1968 : En esta ciudad ya opera otro botadero abierto ubicado en la colonia Milagro de la Paz, quedando clausurado el anterior, desconociéndose las condiciones de su cierre.
- 1970 : Se incrementa el número de camiones en San Miguel, para incorporar a las zonas sub-urbanas al programa de saneamiento.
- 1978 : El Ministerio de Salud Pública solicita asistencia técnica a la OPS/OMS, y se realiza el primer estudio

sobre desechos sólidos, a cargo del Ing.

Estadounidense Troy Marceleño Saldaña, titulado:

"Programa para el desarrollo de la Industrialización de los desechos sólidos, particularmente en la Ciudad de San Salvador", éste no se concretó por la dificultad financiera para optar a los procesos industriales indicados por el autor.

1979 : Se contrata al ing. mexicano Joaquín Tello, quién elaboró el "Plan Nacional de Desechos Sólidos de la República de El Salvador", en el que se abarcaron ciudades importantes en el interior del país, el estudio no dió su fruto por la crisis socio-política en ese momento (Golpe de Estado en contra del General Romero, octubre 1979).

1982 : Se iniciaron nuevamente los estudios mediante la asesoría externa y es contratado el ing. Walter Engracia de Oliveira de nacionalidad brasileña, quien revisó el Plan propuesto en 1979 y elaboró otro plan titulado: "Desarrollo de los Servicios de Aseo Urbano de la ciudad de San Salvador y del Resto del País".

- 1983 : La Constitución Política de la República, hace referencia a los D.S., en el ámbito de la conservación de los recursos naturales y el control de las condiciones ambientales.
- 1985 : Se elaboró el "Plan Maestro de Desechos Sólidos para el AMSS" como primera etapa, quedándose la ciudad de Santa Ana como segunda etapa y la ciudad de San Miguel como la tercera.
- 1986 : En el Código Municipal, de ese año se indica que es competencia de los municipios, la promoción y desarrollo de programas de saneamiento ambiental.
- 1988 : Es emitido el Código de Salud, basado en el código de 1930, este documento es actualizado y normaliza el manejo de los desechos sólidos.
- 1994 : El botadero de la ciudad de San Miguel está caduco, y la municipalidad adquiere un terreno en el cual se pretende llevar a cabo la construcción de un relleno sanitario. Es propuesto el primer Reglamento para el Manejo de los Desechos Sólidos de Naturaleza No Peligrosos, por el M.A.G./ S.E.M.A., este documento trata en forma directa el uso del Relleno Sanitario

como alternativa adecuada a nuestro medio y normaliza las directrices a seguir para la ejecución de este método.

Como se puede notar, desde hace años se viene tratando de resolver el problema de la disposición de los desechos sólidos, notándose también la abundancia de estudios que no van más allá de ser documentos archivados y aunque existen leyes que amparan, normalizan y establecen las penas para salvaguardar al medio ambiente de cualquier disposición inapropiada de los desechos sólidos, éstas no se aplican y quedan en manos de políticos decisiones técnicas de las que dependen el correcto manejo y disposición final de la basura.

Sin embargo, ante el grave problema las municipalidades han tenido que actuar y con ayuda de instituciones como ISDEM, asesoría externa de la OPS/OMS y ONG'S se han logrado retomar estos estudios actualizarlos y de esta forma, ya esta funcionando un Relleno Sanitario en la ciudad de Sonsonate, se construirá otro en la ciudad de San Miguel, en San Salvador se estan estudiando alternativas como plantas para el reciclaje de los desechos, obteniendo material de construcción, así también otros centros urbanos gestionan ayuda internacional para poder solucionar el problema de la basura.

### 3.4 DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL DE LOS DESECHOS SOLIDOS

Es competencia de la Alcaldía de San Miguel, prestar el servicio de aseo, barrido de calles, recolección y disposición final de la basura, de acuerdo al Art. 4, numeral 19 del Código Municipal. En toda la República, por decreto, las Municipalidades son las responsables del manejo de los desechos sólidos.

El Código Municipal emite y aprueba la Ordenanza del Aseo de la ciudad de San Miguel, documento que dicta las disposiciones generales, así como las sanciones, en lo que respecta al aseo de vías públicas, recolección y evacuación de los desechos sólidos.

La Sección de Limpieza es el aparato encargado de realizar las labores anteriormente descritas. A continuación se muestra el Organigrama de dicha Sección y el recurso humano con que cuenta la Municipalidad para llevar a cabo la limpieza pública.

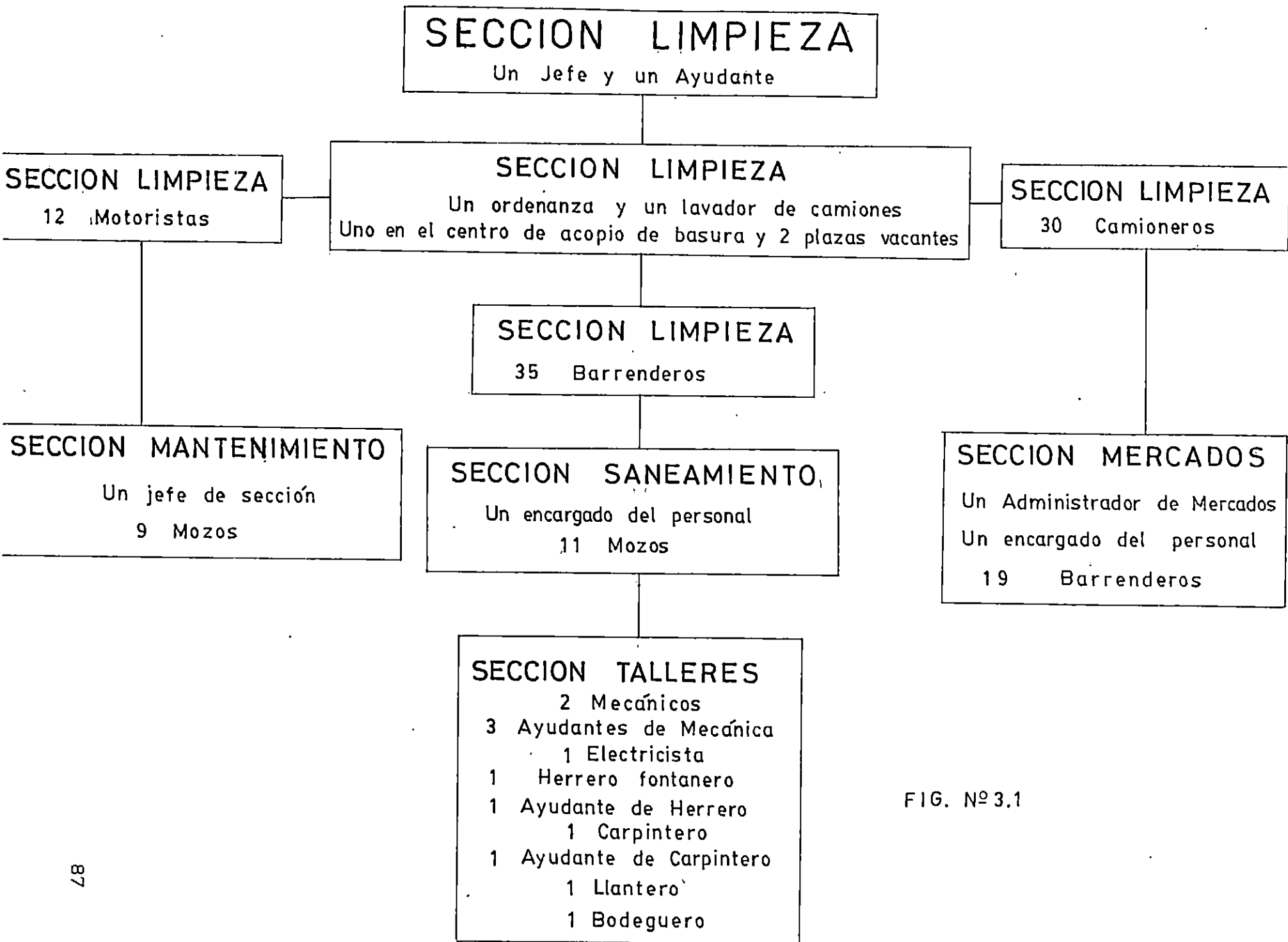


FIG. Nº 3.1

### 3.4.1 Sección de Limpieza y Aseo.

Es la sección encargada de la recolección y transporte de la basura hasta la disposición final.

El servicio cuenta con una flota de vehículos de tipo "Recolector con Compactación" y "Camión de Volteo" , la capacidad de estos camiones es de aproximadamente de 8 Toneladas. Actualmente, diez unidades son usadas en forma regular y una en calidad de reserva.

Cada unidad recolectora la componen una cuadrilla de trabajadores, tres cargadores y un motorista, éste último se encarga de reportar las fallas mecánicas de cada vehículo.

El barrido de calles es responsabilidad de esta sección, se cuentan con 35 barrenderos, con un promedio de 20 cuabras por c/barrendero, usando equipo manual, constituido por una carretilla de obra civil, una escobilla y una pala.

La municipalidad cuenta con depósitos para la basura ubicados en diferentes lugares de la ciudad, éstos son barriles comunes y recipientes donados por empresas privadas, y no se cuenta con depósitos adecuados de mayor tamaño (contenedores).

### 3.4.2 Sección de Saneamiento.

Esta sección es la otra herramienta que tiene la municipalidad para la limpieza pública.

Se encarga de la limpieza de tragantes, canales, desagües en colonias. También tiene la responsabilidad de evacuar la basura de botaderos periféricos o piratas, como por ejemplo: los lavaderos del Zamorano, El Tejar, El Tiscuco, etc. y de evacuar los lodos de los mercados.

La sección cuenta con 8 personas con un equipo de pala, piocha, azadón y carretilla.



### 3.4.3 Rutas de Recolección del Servicio de Aseo actual.

Segun información proporcionada por el encargado de la Sección de Limpieza de la municipalidad de San Miguel, el servicio de recolección de la basura está distribuido de tal forma que, con el equipo disponible (actualmente funcionan 8 camiones recolectores) se tienen cubiertas diez rutas, cinco de ellas para realizar un servicio de recolección diario, orientado al área central de la ciudad y zona comercial.

Las cinco restantes se encargan del servicio en colonias y barrios, urbanizaciones y otros sectores, cubriendo un total de 72 colonias, recogiendo la basura tres días por semana.

Siempre se dispone de un camión para atender emergencias, como por ejemplo, cuando un camión se descompone o para recoger los desechos de botaderos clandestinos denunciados por el público.

Lamentablemente la sección de limpieza no cuenta con báscula para controlar el peso de la basura, no se tiene un estudio sobre la producción per cápita de desechos y el registro del kilometraje de cada camión es incompleto, por lo que es urgente llevar a cabo estudios para tener un mejor control sobre el manejo de los desechos sólidos.

A continuación se presenta un resumen de las rutas de recolección y equipo disponible. Ver Cuadro Nº 3.1.

3.4.3.1 Resumen de Areas Urbanas y Sub-urbanas Cubiertas con  
Recolección de Basura.

Equipo N<sup>o</sup> 1

Centro de acopio de basura "El Tamarindo", con servicio diario cubierto por un camión exclusivamente para este centro.

Equipo N<sup>o</sup> 2

Calles: 8<sup>o</sup>, 6<sup>o</sup>, 4<sup>o</sup>, 2<sup>o</sup>, Siramá y Chaparrastique, 1<sup>o</sup>, 3<sup>o</sup>, 5<sup>o</sup>, limitadas al oriente con la 6<sup>o</sup>, 8<sup>o</sup> Av y al poniente por la Av. Roosevelt, con un total de 109 cuadras, esta es una ruta de recolección de basura cubierta por un camión diariamente.

Equipo N<sup>o</sup> 3

Avenidas: de la 6<sup>o</sup>, 6<sup>o</sup> bis, 4<sup>o</sup>, 2<sup>o</sup>, Gerardo Barrios y José Simeón Cañas, 1<sup>o</sup>, 3<sup>o</sup>, 5<sup>o</sup>, 7<sup>o</sup>, 9<sup>o</sup> y 11<sup>o</sup>, limitadas al norte por la 14<sup>o</sup> calle y al sur por la 7<sup>o</sup> calle con un total de 106 cuadras, esta es una ruta cubierta por un camión diariamente.

Equipo N° 4

Esta ruta esta comprendida de la 7º calle hasta el sur entre Av. José Simeón Cañas al oriente, Av. Roosevelt al poniente y Ruta Panamericana al sur, en esta zona esta comprendido el Barrio San Nicolás, con servicio diario de recolección de basuras, por un camión.

Equipo N° 5

Sector de la 8º Av. hasta el oriente, con servicio de recolección de basuras todos los días por un camión.

Colonias: Belén, Pasadena, América I y II, Río Grande, El Molino, Gavidia, Siramá, Jucuapa y Jardines de Bolonia.

Equipo N° 6

Sector de la Av. Roosvelt hasta el poniente, con servicio diario de recolección de basuras por un camión. Urbanización Ciudad Jardín hasta la 27º Av.

Urbanizaciones: San Antonio, Cataluña, Santa María, Santa Gertrudis, Los Almendros, Urbeza, Hirleman, Los Pinos.

#### Equipo N° 7

Este sector esta comprendido de la 10ª calle hacia el norte, este servicio se esta dando en forma alterna de 3 días por semana a cada grupo de comunidades, cubiertas por un camión.

Colonias: Lopez, Granillo, La Esperanza, Andalucía, Altos del Molino, El Palmar, Kury, Conde, Los Vásquez, Las Rosas, Medina Ruta Militar de la 10ª a la 4ª Av. y El Barrio san Francisco ( todos los días).

#### Equipo N° 8

Este sector esta ubicado al sur oriente de la ciudad, limitado al costado norte por la 15ª calle oriente, al oriente por la calle a La Presita, al sur por la col. El Tesoro y al poniente por la col. Milagro de La Paz, esta ruta se le da servicio alterno por 3 días por semana a cada grupo de comunidades, cubierto por una camión recolector.

Colonias: San José, Buenos Aires, 14 de Julio, Cuscatlán, 21 de Noviembre, Panamericana, Santa Julia, El Hoyo, Barrio Concepción, Ruta Panamericana de Av. Roosevelt a YSCF.

#### Equipo N° 9

Esta ruta está ubicada en una zona al sur oriente y una al norte, con servicio de recolección de basura alterno de 3 días a cada grupo de comunidades.

Urbanizaciones: 18 de Mayo. María Julia, Jardines del Río, Altos del Río. El Tesoro I y II, Monte María.

Colonias: San Juan. abdelá I y II, Chaparrastique, 15 de Septiembre, Metrópolis. La Chacra. Esmeralda, Urbina, santa lucía, Floresta. Los Angeles. Escolán y la Universidad Nacional.

Equipo Nº 10

Esta ruta esta ubicada al norte de la ciudad, formada por dos grupos de comunidades, a las cuales se les dá 3 días de servicio de recolección de basura por semana, cubiertas por un camión recolector.

Sector sur-oriente

Urbanización California

" Sevilla  
" Palo Blanco  
" Jardines de Calif.  
" Ciudad Real de  
Oriente.

Sector oriente

Urbanización Santa Emilia

" Las Mercedes  
" San Francisco  
" Ciudad Satélite  
de Oriente

Las rutas anteriores están diagramadas tal como lo muestra el Plano del anexo Nº 3.

# INVENTARIO DE VEHICULOS RECOLECTORES DE BASURA. SECCION DE LIMPIEZA Y TALLER.

No	MARCA	MOTOR	TIPO CAMION	ESTADO FISICO	SITUACION
1	INTERNACIONAL S 1800	INTER 190	COMPACTACION	REGULAR	FUNDIDO
2	INTERNACIONAL S 1800	INTER 190	COMPACTACION	REGULAR	CIRCULANDO
3	INTERNACIONAL S 1800	INTER 190	COMPACTACION	REGULAR	CIRCULANDO
4	INTERNACIONAL S 1800	INTER 190	COMPACTACION	REGULAR	FUNDIDO
5	INTERNACIONAL S 1800	PERKIN 354	VOLTEO	MAL	CIRCULANDO
6	INTERNACIONAL S 1750	CATERPILLAR 38	VOLTEO	REGULAR	FUNDIDO
7	WHITE 9000	CUMMINS	VOLTEO	REGULAR	FUNDIDO
8	KIA K 4100	KIA	VOLTEO	REGULAR	CIRCULANDO
9	KIA K 4100	KIA	VOLTEO	REGULAR	CIRCULANDO
10	INTERNACIONAL LOASTAR	PERKIN 354	VOLTEO	MAL	CIRCULANDO
11	INTERNACIONAL LOASTAR	PERKIN 354	VOLTEO	MAL	FUNDIDO
12	DODGE 600	CUMMINS	COMPACTACION	BUENO	CIRCULANDO
13	DODGE 600	CUMMINS	COMPACTACION	BUENO	CIRCULANDO
14	DODGE 600	CUMMINS	COMPACTACION	BUENO	CIRCULANDO
15	DODGE 600	CUMMINS	COMPACTACION	BUENO	CIRCULANDO

TABLA N°3.1

## CAPITULO IV

ANALISIS DEL SITIO ESCOGIDO  
PARA LA CONSTRUCCION  
DEL RELLENO SANITARIO

#### 4.1 INTRODUCCION

En este capítulo se trata de analizar el terreno escogido por la municipalidad y determinar su condición para funcionar como relleno sanitario.

Para esto, se han tomado en cuenta los parámetros técnicos que inciden grandemente en la selección del sitio; cada aspecto está acompañado de análisis teóricos y de campo.

Es indudable que existen otros aspectos que no se han tomado en cuenta, pero, los contemplados en este capítulo son los de mayor importancia sanitaria y ambiental.



## 4.2 PARAMETROS PARA EVALUAR EL SITIO.

### 4.2.1 Topografía.

Para el levantamiento altimétrico y planimétrico se usó el equipo con que cuenta la municipalidad, que consiste en:

- Teodolito (Wild T-16)
- Estadal milimétrico
- Cinta, trompos y plomadas

La configuración topográfica general de la zona consiste en una pequeña vaguada con pendiente suave, modificándose en sus márgenes con ondulaciones fuertes, constituyendo pequeñas lomas. En una de las esquinas, existen elevaciones y pendientes abruptas que definen un parte-aguas que limita la cuenca de una quebrada de invierno.

La topografía del terreno limita el volumen aprovechable para relleno.

Algunas elevaciones presentan fuertes pendientes que dificultaría el trabajo de la maquinaria de terracería.

Se debe efectuar una combinación de los métodos de relleno sanitario para aprovechar al máximo el área de trabajo en el terreno, pudiendo un 40% del área, ser utilizada para relleno en trinchera inicialmente para luego desarrollar el tipo área.

#### 4.2.2 Suelos.

El estudio de los suelos que predominan en el lugar, tiene como objetivo principal conocer las propiedades de éstos, para saber si son aptos como material de cobertura, es decir, nos interesa determinar la permeabilidad del suelo, si hay presencia de arcilla (lo cual es beneficioso como material de fundación), y en forma aproximada, la resistencia que pueda ofrecer el terreno al equipo de terracería.

Para tal fin, se hizo uso de mapas y cuadrantes de clasificación de suelos, además, se tomó información de dos pozos artesanales para abastecimiento de agua que están ubicados en la zona.

Según la Regionalización \*Pedológica de nuestro país, observada en los mapas y cuadrantes mencionados en el párrafo anterior, se determina que el lugar escogido para funcionar como R. S. se encuentra localizado en zonas clasificadas como: Latosoles (arcillo-rojizos), Litosoles y Entisoles.

##### Latosoles (arcillo-rojizos).

Estos suelos se reconocen por su color rojo, textura arcillosa. La topografía donde se encuentran varía desde ligeramente ondulada hasta áreas montañosas muy accidentadas y de fuertes pendientes. La roca madre de estos suelos puede ser

\* La Pedología estudia el origen y desarrollo de los suelos.

lavas basálticas o andesítica (Pleistoceno), tobas cafesosas, escorias (Lapilli) pumicíticas y aglomerados volcánicos. El drenaje natural de estas áreas varía de bueno a excesivo. En algunos suelos, los horizontes del subsuelo tienen manchas negras debido a precipitaciones de algún elemento, como por ejemplo, manganeso, que indica arrastre o lavado de este elemento de los horizontes superiores y depositados en estratos inferiores o bien debido a condiciones de drenaje imperfecto. Son suelos moderadamente ácidos (pH de 5.5 a 6.0) y de moderada fertilidad.

#### Litsoles.

Son suelos que han estado sujetos a severa erosión; también comprende esta clase, aquellos suelos que inician su formación a partir de la desintegración o intemperización de la roca. Son de baja productividad debido a su poca profundidad, y se encuentran ubicados en las áreas más abruptas y diseccionadas de cualquiera de los paisajes naturales.

#### Entisoles.

Estos suelos son jóvenes, están desarrollándose de materiales transportados por agua, es decir, compuestos de materiales de deposición fluvial o lacustre. Se encuentran en lugares de topografía plana adyacentes a ríos o lagunas.

Se sondearon dos pozos artesanales, uno en el interior del terreno y otro localizado a 9 Mts. de una de las esquinas del terreno. Ver Figura N<sup>o</sup> 4.1. Desafortunadamente, no existen otros pozos cercanos para establecer más perfiles estratigráficos.

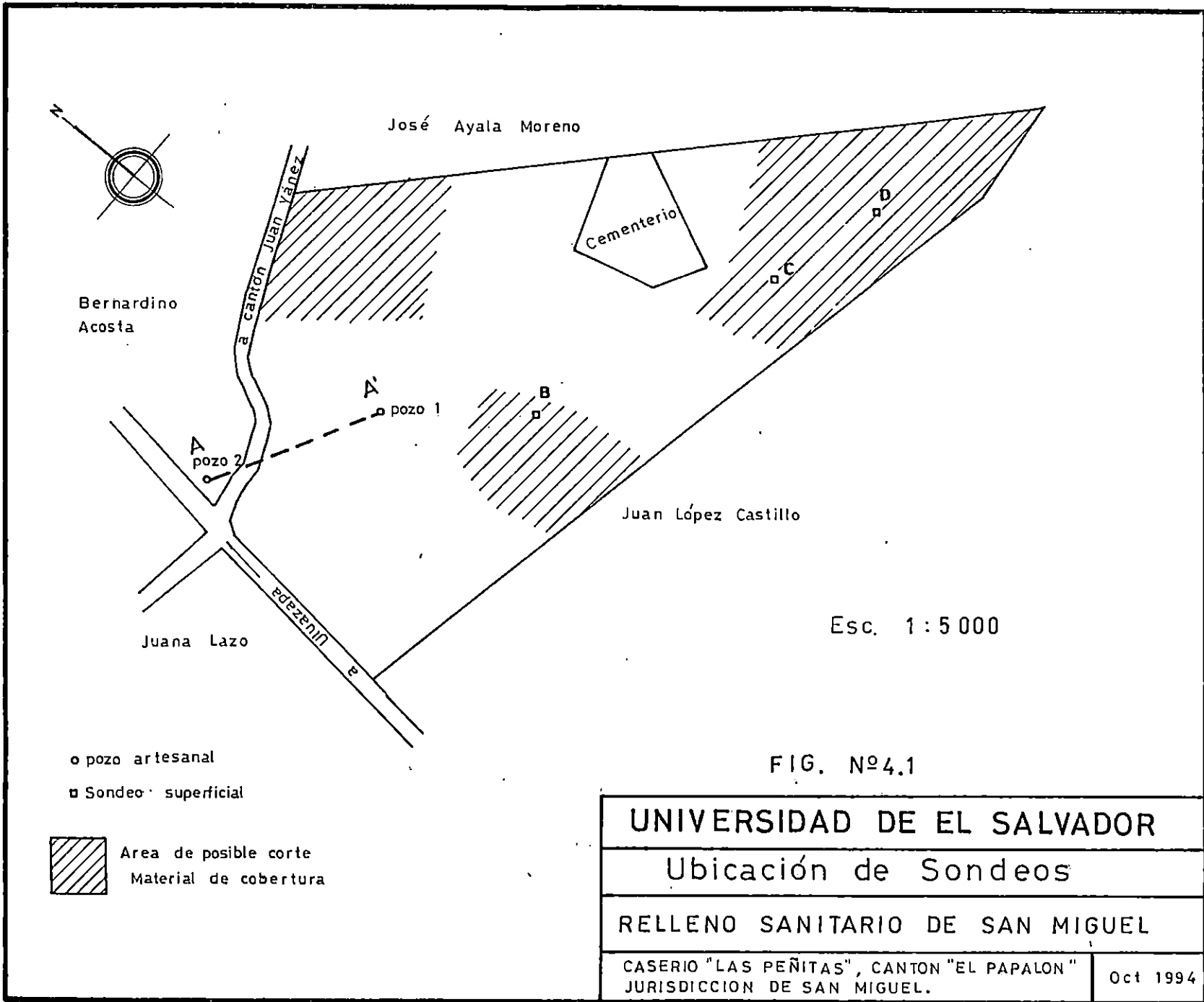
Se extrajeron muestras de los pozos y se analizaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la UES.

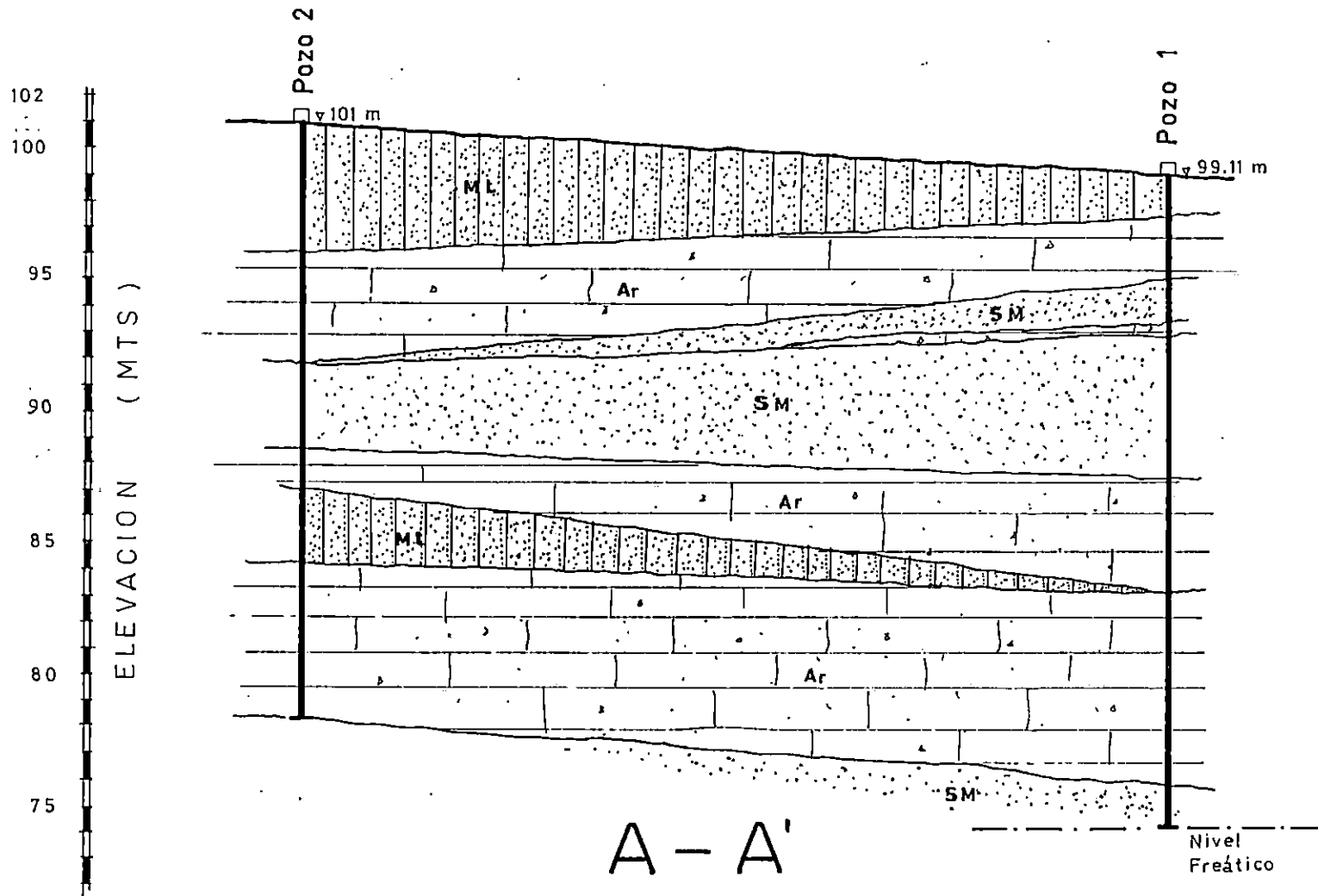
Solamente se realizaron ensayos de identificación, inspección visual manual, tenacidad, brillantez a la navaja. También se realizó el Análisis Granulométrico y el de Límites de Atterberg, para muestras superficiales de la zona, en el Laboratorio de Suelos y Pavimentos de la Dirección General de Caminos (MOP). Los resultados se muestran en las Fig. N<sup>o</sup> 4.2, N<sup>o</sup> 4.3, tablas N<sup>o</sup> 4.1 y N<sup>o</sup> 4.2.

Según los sondeos realizados en los pozos artesanales, el material de la zona lo constituye en general la toba (limos de baja plasticidad), aglomerados volcánicos (areniscas) y arenas limpias. Los estratos de arena son de poco espesor, por lo que el material se podría clasificar como impermeable.

El ensayo granulométrico, muestra un material bien graduado con alto porcentaje de finos. Ver figura N<sup>o</sup> 4.3

El ensayo de los límites muestra que el suelo superficial del terreno es adecuado para servir como material de cobertura. El aglomerado volcánico, ofrecerá bastante resistencia al corte.





- ML Limos, arenosos cementados (Toba)
- SM Arena limosa
- Ar Arenisca, aglomerado

A - A'

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR		
Perfil Estratigrafico		
RELLENO SANITARIO DE SAN MIGUEL		
Caserío "Las Peñitas" Cantón "El Papalón" San Miguel.	ESC. HORIZONTAL 1:1250	
	ESC. VERTICAL 1:25	OCT, 1994

FIG. Nº 4.2

# TABLA N°4.1

## LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROCEDECENCIA DE LA MUESTRA RELLENO SANITARIO SAN MIGUEL  
 ESTACION B-C PROFUNDIDAD 0.50 m FECHA 5 Octubre 1994

<u>PESO VOLUMETRICO</u>	<u>DENSIDAD</u>	<u>ABSORCION</u>
PESO BRUTO: _____ Kg.	PESO SECO (1) _____	PESO HUMEDO (3) _____
TARA: _____ "	VOLUMEN (2) _____	PESO SECO (1) _____
PESO NETO: _____ "	DENSIDAD (1) _____	AGUA. ABSOR. (3)+(1)=(4) _____
VOLUMEN: _____ M <sup>3</sup>	DENSIDAD (2) _____	% ABSORCION (4) 100
PESO VOLUM.: _____ Kg./M <sup>3</sup>	DESGASTE % _____	(1)

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PESO BRUTO \_\_\_\_\_ TARA \_\_\_\_\_ PESO NETO \_\_\_\_\_

#### MATERIAL GRUESO

MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL Gm.	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULATIVO	% QUE PASA LA MALLA	OBSERVACIONES
3"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
No. 4					
Pasa No. 4	0	0	0	100	
SUMAS					

MATERIAL TAMIZADO POR MALLA No. 4 - PESO NETO: 700

MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL Gm.	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULATIVO	% QUE PASA LA MALLA	OBSERVACIONES
No. 8					
" 10	7.2	1.2 ~ 1	1	99	W <sub>sc</sub> 597.8 grs
" 16					
" 20					
" 30					
" 40	57.8	9.7 ~ 10	11	89	
" 50					
" 60					
" 80					
" 100					
" 200	170.6	28.5 ~ 28	39	61	
Pasa No. 200	362.2	60.6 ~ 61	100	0	
SUMAS	597.8	100			

#### OBSERVACIONES

Limo Arenoso; color café oscuro --  
 39 % de Arena fina media y gruesa  
 fino de media plasticidad ML

A-4

Recipiente No.	50
Peso Suelo Húmedo + Tara	108.8
Peso Suelo Seco + Tara	94.9
Peso de Agua	13.9
Tara	13.7
Peso de Suelo Seco	81.2
Contenido de Agua %	17.1

# TABLA Nº 4.2

## LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

### LIMITES DE ATTERBERG

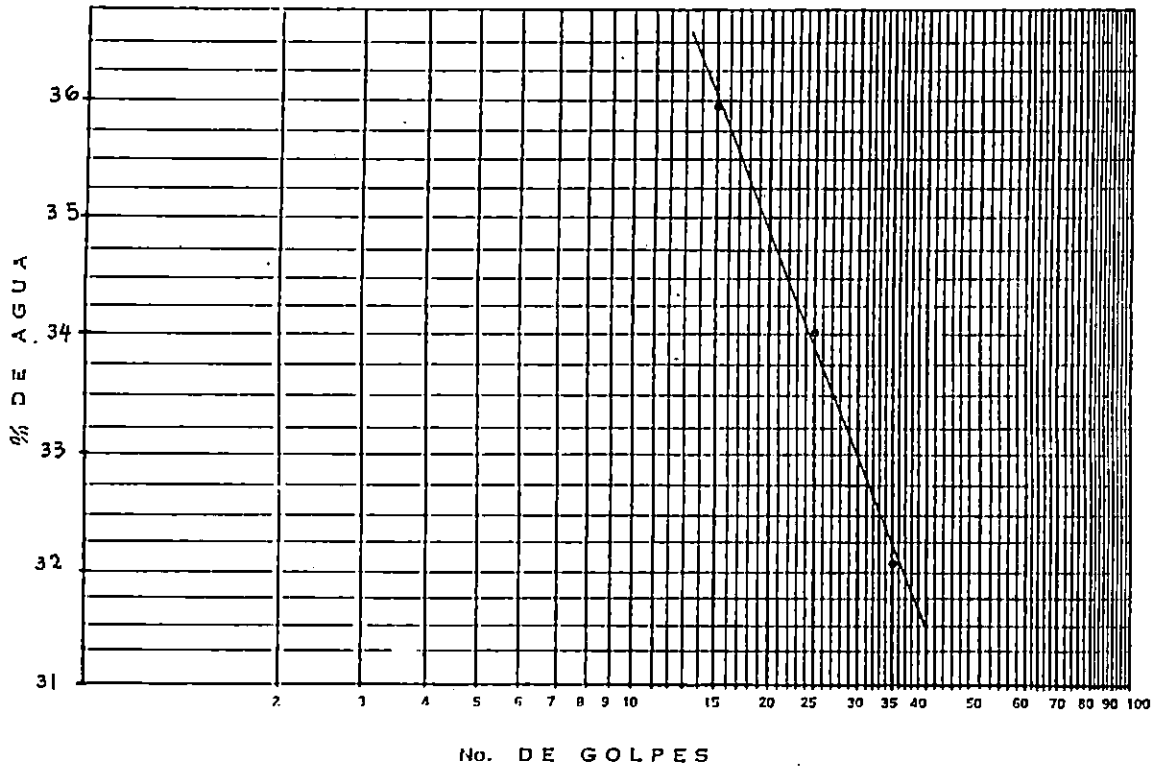
POZO No. B-C MUESTRA No. 1 PROFUNDIDAD 0.50 m ESTACION \_\_\_\_\_

ORRA RELLENO SANITARIO DE SAN MIGUEL

LOCALIZACION Caserío Las Peñitas, Cantón El Papalón, Jurisdicción de San Miguel

PRUEBA No.	LIMITE LIQUIDO						LIMITE PLASTICO			
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4
No. DE GOLPES	35	25	15							
CAPSULA No.	94	106	102				23	10	125	
PESO HUMEDO + TARA	31.8	35.9	34.4				29.9	28.9	34.6	
PESO SECO + TARA	27.3	30.9	29.3				26.2	25.1	30.2	
PESO AGUA	4.5	5.0	5.1				3.7	3.8	4.4	
TARA	13.3	16	15.1				14.2	12.5	16.0	
PESO SECO	14.0	14.7	14.2				12.0	12.6	14.2	
CONTENIDO DE AGUA %	32.1	34.0	35.9				30.8	30.2	30.9	

Prom = 30.6%



LIMITE LIQUIDO (L.L.)	33.9
LIMITE PLASTICO (L.P.)	30.6
INDICE PLASTICO (I.P.)	3.3
INDICE DE FLUENCIA (I.F.)	
I.T. - I.P.	
CR - I.P.	
CONSISTENCIA RELATIVA	
LL - W <sub>c</sub>	
CR - I.P.	

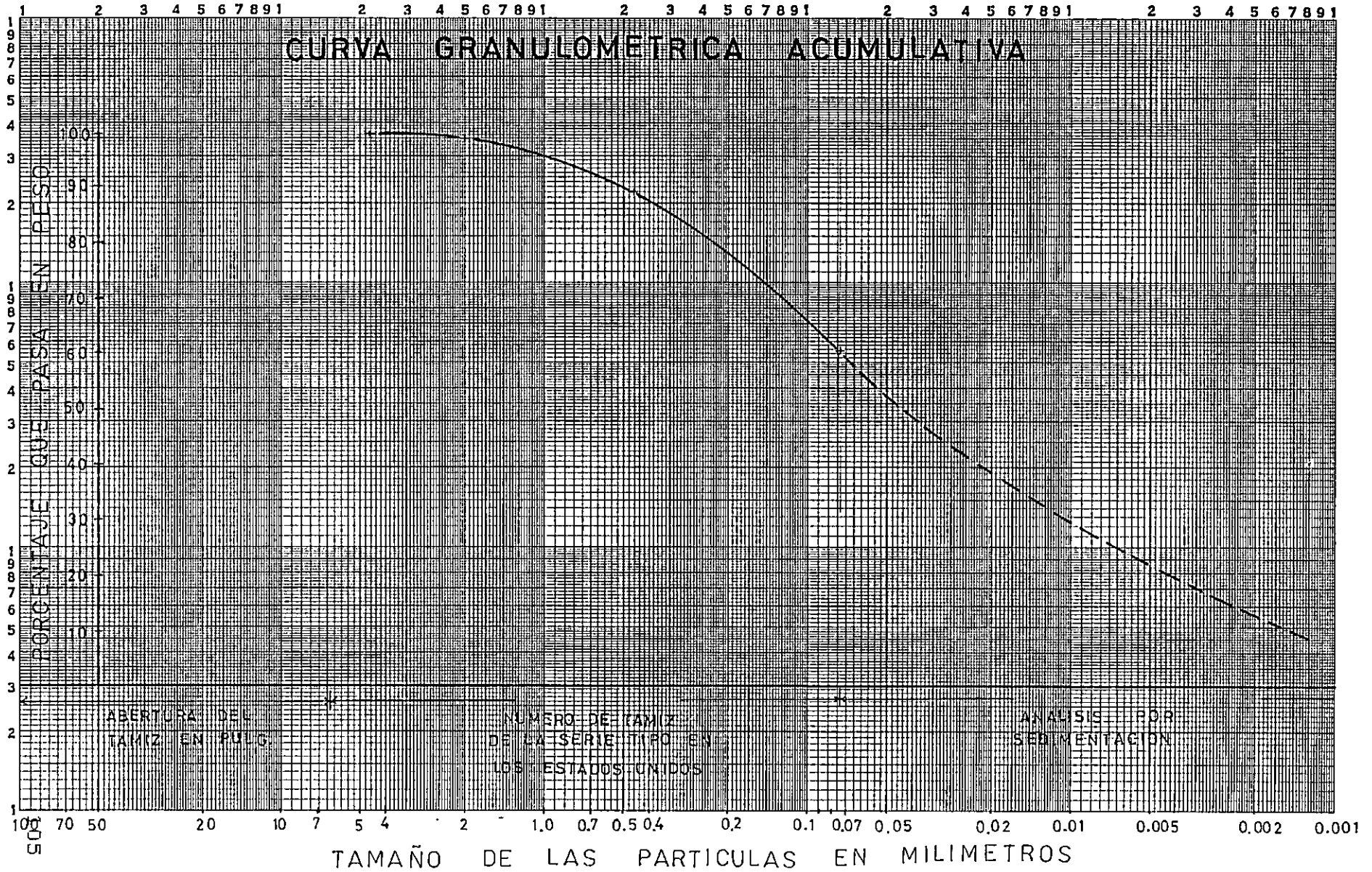
LABORATORISTA \_\_\_\_\_ REVISO MILTON CHÁVEZ FECHA 5 Oct 1994

OBSERVACIONES ML Limo Arenoso de media plasticidad color café oscuro con 45% de arena fina media y gruesa

CONSULTORES \_\_\_\_\_



FIG. N<sup>o</sup> 4.3



#### 4.2.3 Geología.

Para la localización geológica del terreno, se utilizaron cartogramas y mapas del Centro de Investigaciones Geotécnicas.

El material data de la Era Cenozoica. Período Cuaternario y Epoca del Pleistoceno; aunque en algunos mapas se reconocen materiales del Holoceno hasta el Plioceno superior.

El material que constituye esta zona está formado por:

- Formaciones de Lahars con intercalaciones de toba y corrientes de lava del Plioceno; arenas y arcillas en las cuencas de los ríos, aluvión. (Fuente: Mapa Geológico Preliminar de la República de El Salvador), 1973).

- Productos efusivos de la cadena volcánica joven, corrientes de lava, cenizas volcánicas endurecidas, tobas fundidas, tobas pómez, intercalaciones de sedimentos lacustres y fluviales. (Fuente: Mapa Geológico 1:100,000 Misión Geológica Alemana, 1977).

Las formaciones son en general rocas volcánicas cuaternarias, compuesta en su mayoría de interestratificaciones de tobas escoriáceas y pumíticas, expulsadas probablemente por el volcán de San Miguel.

La cercanía de ríos y lagunas indica transporte de material, aluvión, arenas medianas y finas que se alojaron en las depresiones (Cuencas fluvio-lacustres).

#### 4.2.4 Sismología.

Desafortunadamente el Centro de Investigaciones Geotécnicas no cuenta aún con mapas de Zonificación Sísmica definitivos. los cuales se encuentran elaborando o en estudio; sin embargo, de estudios preliminares se ha obtenido lo siguiente:

- La sismicidad de la zona indica un intensidad de Mercalli modificada promedio de 7 (Mapa Preliminar de Regionalización Sísmica, Schultz 1965).
- El área se encuentra en la zona central más fallada de la región (Mapa Estructural de El Salvador, Geologische Übersichtskarte der Republik El Salvador, Hannover, 1974).
- El terreno se encuentra dentro de la zona I, cuya aceleración horizontal promedio es de 0.1 g (Norma Técnica de Diseño por Sismo).

El terreno se encuentra en una franja de alta sismicidad que atraviesa nuestro país, que coincide con la cadena volcánica central. La falla más próxima se encuentra a una distancia de 1 km en la dirección sur-este. Aparentemente no existe peligro alguno para el proyecto debido a que la falla es supuesta y de acuerdo a la Descripción de la Legislación Estadounidense sobre Rellenos Sanitarios (1973) y la Propuesta del Reglamento para el Manejo de los Desechos Sólidos de

Naturaleza no Peligrosa (1994), las instalaciones para R. S. se ubicarán a 60 Mts. o más de las fallas que hayan tenido desplazamientos durante el Holoceno.

Se recomienda actualizar los estudios, una vez se tengan mapas de zonificación sísmica reciente y la comprobación de fallas supuestas en el área. De caer el terreno en una zona de "Impacto Sísmico", la cual es aquella que tiene una probabilidad del 10% o más, que la aceleración horizontal en roca dura (expresada como porcentaje de la fuerza de gravedad), exceda de 0.10 g en 250 años; de ser así, las estructuras incluyendo taludes, sistemas de control de aguas superficiales y de lixiviados, etc., deberán estar diseñados para resistir la aceleración local.

#### 4.2.5 Vegetación.

En la zona, se distinguen las siguientes formaciones vegetales:

Sabanas semi-húmedas y secas (vegetación de tierra caliente - de 0 a 1000 m.s.n.m.)

Estas sabanas se caracterizan por la abundancia de jicarales, matorrales y arbustos de izcanal.

En visitas de campo se observó la deforestación que azota la zona, producto de la necesidad de los pobladores de cultivar sus parcelas; se sabe que el terreno anteriormente tenía uso agrícola, sembrándose maíz; posteriormente y hasta la fecha existe pasto, arbustos de izcanal y jícaros.

Es imperativo la siembra de árboles en el perímetro del terreno, aunque los datos climatológicos arrojan que el viento tiene poca fuerza. La deforestación se extiende demasiado y esto ocasiona que el viento se desplace continuamente con mayor velocidad en las proximidades de la tierra, provocando el transporte de malos olores, moscas y basuras livianas (bolsas, cartones, papeles, etc.) hacia las áreas vecina pobladas. Se recomienda la siembra de árboles de crecimiento rápido y autóctonos del lugar. Se pueden coordinar proyectos de servicio social entre instituciones educativas y los viveros municipales o de la Dirección General de Caminos para la siembra de árboles.

#### 4.2.6 Climatología.

La información climatológica y meteorológica se obtuvo de la estación tipo "A" El Papalón, ubicada aproximadamente a 3.5 km. en la dirección sur-este sobre la calle de acceso a éste. las coordenadas son las siguientes: Latitud: Norte 13 26.4'; longitud: Oeste 88 07.6' y una elevación de 80 mts. sobre el nivel del mar; los datos se resumen a continuación.

TABLA Nº 4.3

INFORMACION CLIMATOLOGICA	CANTIDAD						
Precipitación Anual Promedio	1443 mm						
Temperatura Anual Promedio	26.9 C						
Humedad Relativa Promedio	70 %						
Nubosidad	5.2 %						
Evapotranspiración Potencial Promedio	164 mm						
Viento Rumbo Dominante	Sur - Este						
Fuerza del Viento Promedio (Escala Beaufort)	1.20, ventolina 5 km/hora						
Intensidades de Precipitación Máxima Absoluta para Diferentes Períodos ( en mm/min )							
5	10	15	20	30	45	60	90
5.44	3.78	3.17	2.71	1.96	1.70	1.41	1.17

En las visitas periódicas al campo, se pudo observar siempre un cielo despejado, lo que concuerda con el 5 % de nubosidad registrado en la estación.

La estación El Papalón o San Miguel, es del tipo "A", es decir, es del tipo de estación más completa de la red meteorológica del país; mide variables climáticas, temperatura, viento, presión, evaporación, precipitación en cantidad y calidad y radiación solar, contando con más de 25 años de registro.

Afortunadamente la estación El Papalón, está lo suficientemente cerca para arrojar datos representativos y consistentes del clima para el terreno.

La dirección del viento que ha predominado en el lugar (SE) indica que el viento sopla del terreno alejándose de la mancha urbana, sin embargo, el caserío Las Casitas se ve afectado grandemente por el transporte de malos olores y moscas.

La precipitación anual promedio es de 1443 mm., esta lámina de agua es necesario evacuarla por medio de un sistema de drenaje adecuado.

#### 4.2.7 Hidrología.

Este termino es indicador, entre otros aspectos, del estudio sobre la profundidad del manto freático y la hidrología superficial del terreno.

El terreno se localiza en una unidad hidrogeológica compuesta de materiales volcánicos predominando las tobas ácidas, líticas y fundidas con intercalaciones de piroclásticos y sedimentos aluvionales. Los índices de infiltración de estos materiales se resumen a continuación:

TABLA Nº 4.4

UNIDAD LITOLÓGICA	INDICE DE INFILTRACION
Lavas recientes del cuaternario	0.40
Tobas y sedimentos fluviales	0.10
Aglomerados	0.05

Los índices de infiltración indican aproximadamente, en porcentaje la cantidad de precipitación que se infiltra en estos suelos representados por las unidades litológicas, así por ejemplo, los aglomerados que son arenas consolidadas, impermeables, su índice de infiltración es del orden del 5% de la cantidad de precipitación.

En visitas de campo, se sondearon pozos artesanales para abastecimiento de agua, principalmente a la orilla del acceso principal al terreno, en una distancia de 4 kms. a partir del

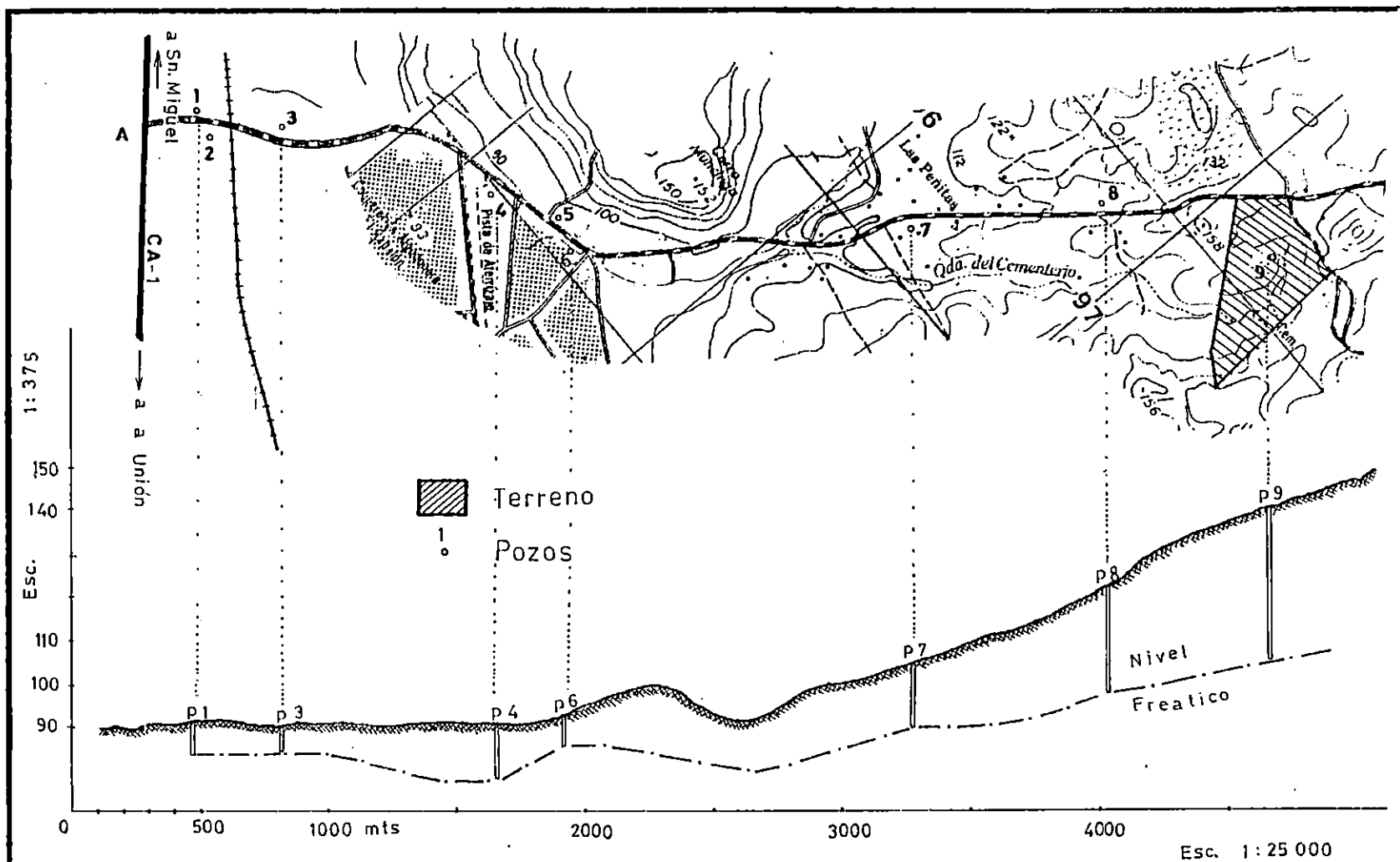


desvío. en la carretera, hacia el terreno. En los primeros 2 kms. de recorrido hacia el terreno, el nivel freático presenta 6.5 mts. de profundidad; el pozo ubicado dentro del terreno tiene una profundidad del manto freático de 36 mts.; pozos ubicados al rededor y dentro de un radio de 1 km. con respecto al terreno, muestran una profundidad del freático entre 15 y 25 mts.

La Fig. N<sup>o</sup> 4.4 presenta los pozos sondeados y las elevaciones aproximadas del nivel freático en el área.

El área del terreno es impermeable, ya que el estudio de suelos muestra el predominio de limos arenosos de baja plasticidad, tobas y aglomerados volcánicos para los cuales, los coeficientes de permeabilidad (K) oscilan entre los valores de  $10^{-5}$  y  $10^{-7}$  cm/seg., coincidiendo con el coeficiente máximo de impermeabilidad de  $10^{-7}$  cm/seg. que pide la Propuesta del Reglamento sobre el Manejo de Desechos Sólidos no Peligrosos de El Salvador (1994). Los datos anteriores coinciden con los índices de infiltración dado por las unidades litológicas.

El bajo nivel del manto freático observado a inmediaciones de la carretera, demuestra la existencias de depósitos fluviales (arenas limpias) en los estratos y otros materiales de drenaje regular, debiéndose también a la cercanía del río Grande de San Miguel y a la laguna de Aramuaca.



Pozo	Distancia desde desviación (A) mts	Distancia desde orilla de calle 2 mts	Profundidad del agua
1	200	2	6.50 mts
2	250	6	6.30
3	550	70	6.30
4	1400	10	12.40
5	1450	10	6.30
6	1640	5	6.30
7	3100	7	15.80
8	3850	25	26.60
9	4700	15	36

FIG. Nº 4.4

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Perfil Sondeos de Nivel Freático

RELLENO SANITARIO DE SAN MIGUEL

CASERIO "LAS PEÑITAS", CANTON "EL PAPALON"  
 JURISDICCION DE SAN MIGUEL

OCT 1994

Es necesario tener mayor información sobre el nivel freático de la zona, realizar un mapa de curvas isofreáticas con la asesoría de instituciones como PLANSABAR y el Departamento de Hidrogeología del ANDA, para determinar si se trata del nivel freático real o si son acuíferos confinados o lentes de agua.

En el terreno, se inicia el cauce de una quebrada llamada "Quebrada del Cementerio", que junto a la quebrada "Las Brujas", forman el Río Chucuyo o Las Peñitas a 2 kms. aguas abajo del terreno, el cual desemboca en el Río Grande de San Miguel.

La cercanía de fuentes superficiales de agua es un parámetro en contra de la localización del terreno, ya que pone en peligro la contaminación de éstas, principalmente por el uso como abastecimiento para personas y animales, regadíos, etc., que los pobladores le dan a estos recursos.

Se recomienda principalmente la protección de la quebrada El Cementerio, se puede modificar el cauce de dicha quebrada mediante movimientos de terracería, iniciándose nuevamente la quebrada en las afueras del terreno.

#### 4.2.8 Análisis del Sitio.

En el capítulo II se presenta un criterio para evaluar diferentes sitios probables para un R. S.; sin embargo, en este caso se analiza el sitio propiedad de la municipalidad. Se han retomado los conceptos que influyen en la selección del sitio, evaluándolo sólo en calidad, así, se tiene la Tabla Nº 4.5 que se anexa a continuación.

El resultado, atendiendo a la prioridad de cada concepto o parámetro señalado, es el siguiente:

El terreno escogido por la municipalidad se califica como **REGULAR** para proyectarse en él, un relleno sanitario, se le adversa el poco volumen de relleno aprovechable, la cercanía de corrientes superficiales (alto poder de contaminación); pero presenta las ventajas de un nivel freático profundo (mayor de 20 mts.), impermeabilidad en las capas de fundación y la de ser propiedad de la Alcaldía Municipal de San Miguel.

El terreno según su configuración topográfica no presenta una depresión tal que pueda almacenar por largo tiempo (unos 10 años) el volumen generado de basura, modificando el relieve podría aumentarse grandemente su capacidad, ya que se cuenta con una extensión de 25 manzanas, sin embargo, efectuar demasiados cortes, llevaría a ser "imposible" el financiamiento de este proyecto.

T A B L A N° 4.5

Parámetros del Análisis Actual del Sitio:	EXCELENTE	BUENO	REGULAR	MALO
Topografía				NO HAY MUCHO VOLU - MEN DE RELLENO APR.
Acceso		VIA TRANSITABLE CO - NECTADA A V. PRINC.		
Geología	IMPERMEABLE			
Hidrología				CERCA DE CORRIEN - TES SUPERFICIALES
Vientos dominantes			SE ALEJAN DE MANCHA URB, AFECTA CASER.	
Material de cobertura (calidad)		LIMOS ARENOSOS		
Material de cobertura (cantidad)			EL ESTRATO DE ML ES POCO Y HAY ARENISCA	
Servicios públicos				NO HAY AGUA POTAB., ALCANT., NI ELECT.
Tenencia de la tierra	TERRENO PROPIO			
Está el terreno en área que permite tal uso				TERRENO USO AGRICOLA ZONAS PLANAS
Distancia del sitio a la mancha urbana	DE 3 A 12 KM :			
Potencial de recuperación		BENEFICIO PARA LOS POBL. CANCHAS DEPOR.		
Hay facilidad de drenar aguas pluviales y lixiviad.			ES NECESARIO LAG. DE ESTABILIZACION	
Cercanía de poblados			500 MTS	

## CAPITULO V

MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE  
RECOLECCION DE DESECHOS  
SOLIDOS EN LA CIUDAD DE  
SAN MIGUEL

## 5.1 INTRODUCCION.

El objetivo de este capítulo es proponer las directrices para un sistema de recolección de desechos sólidos para la ciudad de San Miguel, el cual tenga como parámetro principal el control sanitario de la basura.

La ciudad de San Miguel, se puede clasificar como "limpia", comparada con otras ciudades; hasta la fecha, el servicio de aseo de la municipalidad ha realizado un buen trabajo, por sobre la carencia de recursos físicos y humanos, el sistema de recolección de basura ha funcionado sin mayores problemas.

Actualmente, se podría estimar como en un 70% la cobertura que presta el servicio de recolección de desechos, para la ciudad, el objetivo es ampliar esta cobertura hasta un 90%.

## 5.2 CANTIDADES DE BASURA

### 5.2.1 Aspectos Demográficos

Es necesario conocer como información básica el número de habitantes a servir. A continuación se mencionan los datos confiables acerca de la población urbana de la ciudad de San Miguel:

TABLA Nº 5.1

ANO	POBLACION URBANA	F U E N T E
1930	17,330 Hab.	Diccionario Geográfico de El Salvador.
1950	28,000 "	* Uso del Suelo de San Miguel ( VMVU ), 1977
1972	60,170 "	IV Censo Nacional
1977	77,600 "	Uso del Suelo de San Miguel ( VMVU ), 1977
1985	84,737 "	Diccionario Geográfico de El Salvador.
1992	122,025 "	V Censo Nacional (Resultados preliminares a Febrero de 1993)

\* Para llevar a cabo este estudio del Uso del Suelo, se realizaron censos de viviendas en el área urbana.

Como se puede notar, transcurrieron 20 años entre los últimos censos, en consecuencia, es difícil efectuar una proyección confiable de la población.



El crecimiento poblacional se puede estimar por métodos matemáticos, o vaciando los datos censales en una gráfica y haciendo una "proyección" de la curva dibujada.

En nuestro caso, se usará el Crecimiento Geométrico, el cual asume una tasa de crecimiento constante.

Se aplican las siguientes fórmulas:

$$P_f = P_o ( 1 + r )^n$$

Donde:

P<sub>f</sub> = Población futura  
P<sub>o</sub> = Población actual  
r = Tasa de crecimiento  
n = ( t<sub>f</sub> - t<sub>o</sub> ) intervalo en años.

$$r = \sqrt[\Delta t]{\frac{P_1}{P_o}} - 1$$

Donde:

r = tasa de crecimiento  
P<sub>1</sub> = población final  
P<sub>o</sub> = población inicial  
Δt = intervalo de tiempo en años.

Entonces, para efectuar una proyección exponencial se necesitan dos censos ( t<sub>o</sub>, P<sub>o</sub> ) y ( t<sub>1</sub>, P<sub>1</sub> ) y se aplica la fórmula.

Aplicando la fórmula anterior a los datos censales de la Tabla N<sup>o</sup> 5.1 , se obtuvo una tasa de crecimiento promedio de:

$$r = 2.355 \% \text{ anual}$$

La tasas calculadas entre los censos de 1972 - 1977, y 1985 - 1992 no fueron tomadas en cuenta para el promedio

anterior, debido a que los datos de población de 1977 y 1985 fueron de censos locales, no se realizó un censo nacional por la crisis socio-política, el último censo refleja un aumento súbito debido a la migración de la zona rural a la ciudad.

Utilizando la tasa calculada y como población inicial la correspondiente a 1992 , se tiene:

$$P_{1995} = 130,851 \text{ habitantes.}$$

#### 5.2.2 Generación de Desechos Sólidos.

Este estudio, se limitó al análisis de la producción de la basura, densidad de basura suelta y composición física de ésta, para los exámenes químicos se necesita de un laboratorio especialmente adecuado para tales propósitos, para el diseño de un relleno sanitario no es necesario conocer la composición química basura.

#### 5.2.3. Recursos

##### 5.2.3.1 Recurso Humano.

Para realizar el estudio de la producción y composición física de los desechos en una muestra poblacional se recomienda como mínimo un equipo de cuatro personas.

##### 5.2.3.2 Recurso Material.

Se necesita del siguiente recurso:

- Vehículo para transportar las bolsas.
- Tablero o mesa de 2 x 5 m. para segregar la basura manualmente, sino, se tiene que construir en el suelo una plataforma de concreto pulido.
- Báscula de piso, con capacidad de 200 kgs.
- Bolsas de polietileno de 1.10 m. x 0.90 m. y calibre mínimo del N° 200
- Palas curvas.
- Escobas.
- Implementos de protección personal ( guantes, mascarilla, gorro, guarda polvo. )
- Cilindro con capacidad de 200 litros.
- Papelería y otros ( formulario de informe de campo, calculadora, marcadores, ligas, etc. )
- Botiquín de emergencia con vacuna antitetánica.

Elección de la Muestra Poblacional. Como la generación de la basura, y sus características físicas, varían en función de los niveles socio-económicos de los productores, se recomienda seleccionar tres estratos sociales representativos de cada distrito.

- Estrato Alto: ubicado en zonas residenciales de clase media y media-alta, con un ingreso económico familiar mucho mayor que el mínimo legal.
- Estrato Medio: urbanizaciones antiguas (barrios) densamente pobladas y con servicios en mal estado, el ingreso económico familiar es igual o poco mayor que el mínimo legal.
- Estrato Bajo: asentamiento humanos de viviendas improvisadas, con grave carencia o ausencia total de servicios, el ingreso económico es por debajo del mínimo.

La ciudad de San Miguel, aunque experimenta un desarrollo, éste es aparente, basado solamente en flujo de dinero; no hay bases que sustenten este desarrollo (zonas industriales, agropecuarias, turísticas), las empresas grandes y sus propietarios generalmente no residen en la ciudad, por lo que el estrato alto es mínimo y disperso en el área urbana.

Se optó por considerar la mayor parte de la población, como un estrato bajo-medio, de acuerdo a sus ingresos económicos, prueba de ello son alrededor de quince colonias y urbanizaciones tipo His-80 (OPAMSS), que son representativas de esta clase de estrato y que fueron construídas en los últimos 10 años.

Se analizaron por tanto dos muestras en este tipo de urbanizaciones.

#### 5.2.4 Metodología.

Para realizar el muestreo por casa, se procede de la siguiente manera:

- Escogida una determinada zona de uno de los estratos mencionados, se ubica el universo de trabajo, de 300 a 500 casas en un plano de la ciudad.

- Se selecciona el riesgo " $\alpha$ " y el tamaño de la premuestra "n".

- Se ubican las casas de la premuestra por el método de los números aleatorios, se recomienda designar viviendas de

reposición.

- Se distribuye una bolsa para almacenar la basura producida durante un día, en esta cita se le explica a la población el procedimiento a seguir. Ver Anexo N° 8.

- Al día siguiente, se recolecta la bolsa con los desechos, entregando una bolsa vacía, se repite este paso sucesivamente durante ocho días, siendo la primera muestra descartada para el estudio.

- Se trasladan diariamente las bolsas al lugar de procesamiento de muestras.

- Para hallar la producción per cápita (PPC) se toma el peso de las muestras recolectadas durante siete días consecutivos de estudio, y se aplica la siguiente fórmula:

$$PPC = \frac{\text{Kg. recolectados / día}}{\text{Número de habitantes}}$$

- Para la clasificación física general de los desechos, se enumeran los posibles elementos que podrían componer una pequeña muestra de basura, por ejemplo: desechos de alimentación, papel, cartón, plásticos, cueros, textiles, cauchos, maderas, vidrios, metales, tierra, etc. La mejor forma de medir las cantidades de los residuos, es pesándolos y expresando su peso en un porcentaje en peso, o a veces en volumen; para obtener la composición física, se vuelca el contenido de cada cilindro en una mesa de trabajo o en una

superficie pulida, donde los residuos se separan manualmente y se pesan:

$$\% \text{ de la fracción} = \frac{\text{peso de la especie o fracción separada}}{\text{peso total de los desechos sólidos}}$$

- La densidad se mide llenando un cilindro de 200 litros o de un volumen conocido hasta el ras, se golpea levantándolo 10 cms. sobre el suelo y se deja caer tres veces, hasta llenarlo; se anota el peso y se obtiene la densidad "IN SITU".

- A los datos promedio de cada casa del valor de la generación per cápita de basura, se les aplica un método estadístico para averiguar la confiabilidad del muestreo.

Los párrafos anteriores son un resumen de la Propuesta de Normas para la Determinación de Parámetros de Diseño de Sistemas de Manejo de Desechos Sólidos Municipales - MAG/SEMA 1994:

Norma DS - 01 Muestreo-Método de Cuarteo

Norma DS - 02 Desechos Sólidos Municipales-Peso Volumétrico  
IN SITU.

Norma DS - 03 Desechos Sólidos Municipales-Selección y  
Cuantificación de Subproductos.

Norma DS - 05 Desechos Sólidos Municipales

## 5.2.5 Resultados.

### 5.2.5.1 Producción Percápita Media de Desechos.

La PPC Media según el muestreo realizado, dió un resultado de 0.6517 kg/hab.-día.

### 5.2.5.2 Composición Física de los Desechos.

En la Tabla Nº 5.2 se presenta el valor promedio de los sub-productos encontrados en la composición física de los desechos sólidos de la Colonia Santa Emilia de esta ciudad.

### 5.2.5.3 Composición Química.

No se realizó ningún tipo de análisis químico, ya que para el diseño de un R.S. no se considera necesario dicha información; sin embargo, se muestran las características que presentan los desechos sólidos del AMSS, similares a la ciudad de San Miguel.

Humedad	60.10 %
Ceniza	69.21
Sólidos volátiles	30.79
Nitrógeno	2.37
Fósforo	0.36
Potasio	0.52
Calcio	3.00
Carbono	41.80

Fuente: Laboratorios de CENTA, 1985.

#### 5.2.5.4 Humedad.

Este dato es variable ya que va en función de la época del año y las condiciones climatológicas en el momento que se toma la muestra. En nuestro estudio no se tomaron datos de contenido de humedad, pero este porcentaje oscila entre los siguientes valores para desechos sólidos domésticos:

Estación seca	43 - 47 %
Estación húmeda	49 - 52 %



T A B L A N° 5.2

FORMULARIO, DE INFORME DE CAMPO PARA LA DETERMINACION DEL PESO VOLUMETRICO "IN-SITU", SELECCION Y CUANTIFICACION DE SUBPRODUCTOS DE LOS DESECHOS SOLIDOS MUNICIPALES.

Localidad Colonia Santa Emilia Municipio San Miguel

Fecha y hora de análisis \_\_\_\_\_

Condiciones climatológicas \_\_\_\_\_

Tara del recipiente 3.2 kgs. Capacidad 0.0654 m<sup>3</sup>

Tara de las bolsas 0.107 kgs.

Peso bruto de la muestra \_\_\_\_\_ kgs.

Peso neto de la muestra \_\_\_\_\_ kgs.

Peso neto de la muestra para los subproductos 54.67 kgs.

Peso volumétrico "in-situ" 321.93 kgs/m<sup>3</sup>

P	SUBPRODUCTOS	PESO EN Kg.	% EN PESO	OBSERVAC.
1	CARTON	1.107	2.025	
2	CUERO	1.457	2.665	
3	HULE			
4	LOZA Y CERAMICA	0.260	0.475	
5	MADERA			
6	MATERIAL DE CONSTRUCCION			
7	PAPEL	3.593	6.572	
8	PLÁSTICO	3.939	7.205	
9	RESIDUOS ALIMENTICIOS	31.077	56.845	
10	RESIDUOS DE JARDINERIA	10.185	18.630	
11	TRAPOS	1.179	2.156	
12	VIDRIO	0.679	1.242	
13	POLIURETANO			
14	METAL	0.893	1.633	

PERDIDAS

0.301

0.550

#### 5.2.5.5 Densidad.

El peso específico de los desechos domésticos es del orden de: 321 kg / m<sup>3</sup> , según nuestro muestreo.

En el Anexo Nº 7 se presentan los formularios de campo que se utilizaron en el muestreo.

#### 5.2.6 Análisis Estadístico.

El análisis estadístico consiste en aplicar un test de confiabilidad para evaluar los resultados y verificar la calidad del muestreo.

Se aplicará la Norma DS-05 anteriormente mencionada, para tal efecto se necesita utilizar la Distribución "t" de Student. La justificación es la siguiente:

Aunque los datos del muestreo al vaciarlos sobre una gráfica forman una campana simétrica, no se puede aplicar la Distribución Normal, por que se necesita conocer la Desviación Estándar de la población. En la Distribución "t" de Student se puede aplicar la Desviación Estándar de la muestra poblacional, que sí se conoce.

Para la aplicación del test de Student se necesita conocer el Riesgo "  $\alpha$  " el cual se elige teniendo en cuenta factores como la calidad técnica del personal participante,

conocimiento de la localidad, precisión del equipo, etc. .

Se escoge el riesgo y el tamaño de la muestra según la Tabla Nº 5.3, tomada de la Propuesta de Reglamento para el Manejo de los Desechos Sólidos (M.A.G./SEMA 1994):

TABLA 5.3

Riesgo ( $\alpha$ )	Tamaño de la Muestra ( n )
0.05	115
0.10	80
0.20	50

Siendo la primera vez en realizar este muestreo, se escogió un valor promedio de  $\alpha = 0.10$  y por ende  $n = 80$   
Universo de trabajo : Colonia Santa Emilia

Fecha y horario del muestreo: 09 - 15 de nov. de 1994 ,  
7:00 a.m. - 12 m.

Media Aritmética de la Generación:  $\bar{X} = 0.6517$  kg/hab-día

Desviación estándar:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (\bar{x}_i - \bar{X})^2}{n - 1}} = 0.329728$$

Aplicación de la Distribución de Student:

Grados de libertad:  $\Phi = n - 1 = 79$

Zona de rechazo:

$$-t \leq -1.671$$

$$t \geq 1.671$$

Error máximo de estimación:

$$E = t_{\alpha/2} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}} = 0.0616$$

Intervalo de confianza:

$$\bar{X} - E < \mu < \bar{X} + E$$

$$0.5901 < \mu < 0.7133$$

Determinación del Tamaño Real de la Muestra:

$$n = \left[ \frac{t_{\alpha/2} * S}{E} \right]^2 = 80.002 \approx 80$$

$n = n_1$ , no se requieren más elementos ( $n_2$ ) para considerar válido el muestreo. se acepta el tamaño de la premuestra.

A continuación se aplicará un análisis de confiabilidad de los datos.

Esta fase consiste en realizar una prueba de hipótesis de dos colas, o bien ya sea en la cola izquierda o en la cola derecha de la distribución empleada para este análisis con el fin de definir si la media muestral ( $\bar{X}$ ) es igual o difiere de la media poblacional ( $\mu$ ). Puede emplearse la Distribución

Normal.

Hipótesis nula

Ho :  $\bar{X} = \mu$  La media muestral de la generación  
percápita de desechos sólidos  
municipales no difiere de la media  
poblacional  $\mu = 0.7$  kg/hab-día.

Hipótesis alternativa

H :  $\bar{X} < \mu$   
 $\bar{X} > \mu$  La media muestral puede ser mayor o  
menor que la media poblacional, pero  
no igual.

Valor de "z" obtenido de la muestra:

$$z = \frac{\bar{X} - \mu}{s / \sqrt{n}}, \quad z = \frac{0.6517 - 0.7}{0.3297 / \sqrt{80}}$$

$$z = -1.31$$

de tabla: la hipótesis alterna es bilateral debido a que  
deseamos rechazar la hipótesis nula si la media muestral es  
significativamente menor o mayor que 0.7 kg/hab-día,

como  $\alpha = 0.10$ , las líneas divisorias de los criterios son

$$Z = 1.645$$

Como  $-1.31$  cae en el intervalo de  $-1.645$  a  $1.645$ ,

la hipótesis nula no puede rechazarse, la diferencia entre  $\bar{X} = 0.6517$  y  $\mu = 0.70$  puede atribuirse al azar. Se concluye que los estadísticos de la muestra, pueden ser tomados como los parámetros del universo de trabajo.

### 5.3 ALMACENAMIENTO.

Se recomienda almacenar los desechos en bolsas plásticas de polietileno color negro, ya que reducen el tiempo de recolección, no hay derramamiento de desechos, eliminan el ruido de descargas ocasionados por los recipientes metálicos y no atrae roedores. Si la cantidad de desechos es demasiada se debe utilizar recipientes domiciliarios de 50 lts. de capacidad máxima, resistentes, livianos, de forma cilíndrica, con tapa y asas, y los desechos dentro de bolsas plásticas.

En Urbanizaciones en donde el servicio es tres veces por semana, el uso de canastas metálicas en los pasajes es conveniente y finalmente en los sectores populosos, comerciales e industriales, es necesario el uso de contenedores.

Cuando se usen barriles, es preferible la utilización de medios tambos, ya que el peso excesivo genera accidentes entre los cargadores.

Para el almacenamiento de los desechos provenientes de los mercados municipales y lugares de afluencia pública

(terminal de buses, estadios, etc.), se propone el uso de contenedores de 6.0 m<sup>3</sup> ubicados en lugares estratégicos. Es conveniente colocar el número adecuado de contenedores, de tal manera, que cada uno de éstos no se llenen completamente, si no a una capacidad máxima entre un 50 y 75 %.

Según el análisis estadístico es válido el muestreo realizado, pero hay que recordar que la PPC encontrada no involucra cantidades de desechos en mercados, industrias, comercio, etc.

De estudios anteriores y de otros realizados en ciudades con características similares a San Miguel ( Santa Ana, San Salvador ), se tiene lo siguiente:

\* MERCADOS Y TERMINAL DE BUSES.

Generación = 17 ton/día, 15 ton/d mercados y 2 ton/d terminal  
Densidad = 400 kg/m<sup>3</sup>, (55% humedad)  
Volumen = 42.50 m<sup>3</sup>/día, mercados 37.5 y terminal 5.

\* SECTOR COMERCIAL.

Generación = 5.5 ton/día  
Densidad = 160 kg/m<sup>3</sup>  
Volumen = 34.38 m<sup>3</sup>/día

\* SECTOR INSTITUCIONAL.

Generación = 1.5 ton/día  
Densidad = 100 kg/m<sup>3</sup>  
Volumen = 15 m<sup>3</sup>/día

\* BARRIDO DE CALLES.

Generación = 6.0 ton/día  
Densidad = 190 kg/m<sup>3</sup>  
Volumen = 31.58 m<sup>3</sup>/día

De acuerdo a lo anterior se propone el siguiente número de contenedores:

Zona de Mercados y Terminal de Buses.

$$\frac{37.5 \text{ m}^3/\text{día}}{6.0 \text{ m}^3/\text{conten.}} = 7$$

colocar 7 contenedores de 6 m<sup>3</sup> distribuidos en los 5 mercados de la ciudad.

$$\frac{5 \text{ m}^3/\text{día}}{6.0 \text{ m}^3/\text{conten.}} = 1$$

colocar 1 contenedor de 6.0 m<sup>3</sup> en la Terminal de Buses

Rastro y Tiangué.

Colocar 1 contenedor de 6.0 m<sup>3</sup>

Sector Residencial.

Se ubicarán contenedores de 3 m<sup>3</sup> en los sectores de colonias,



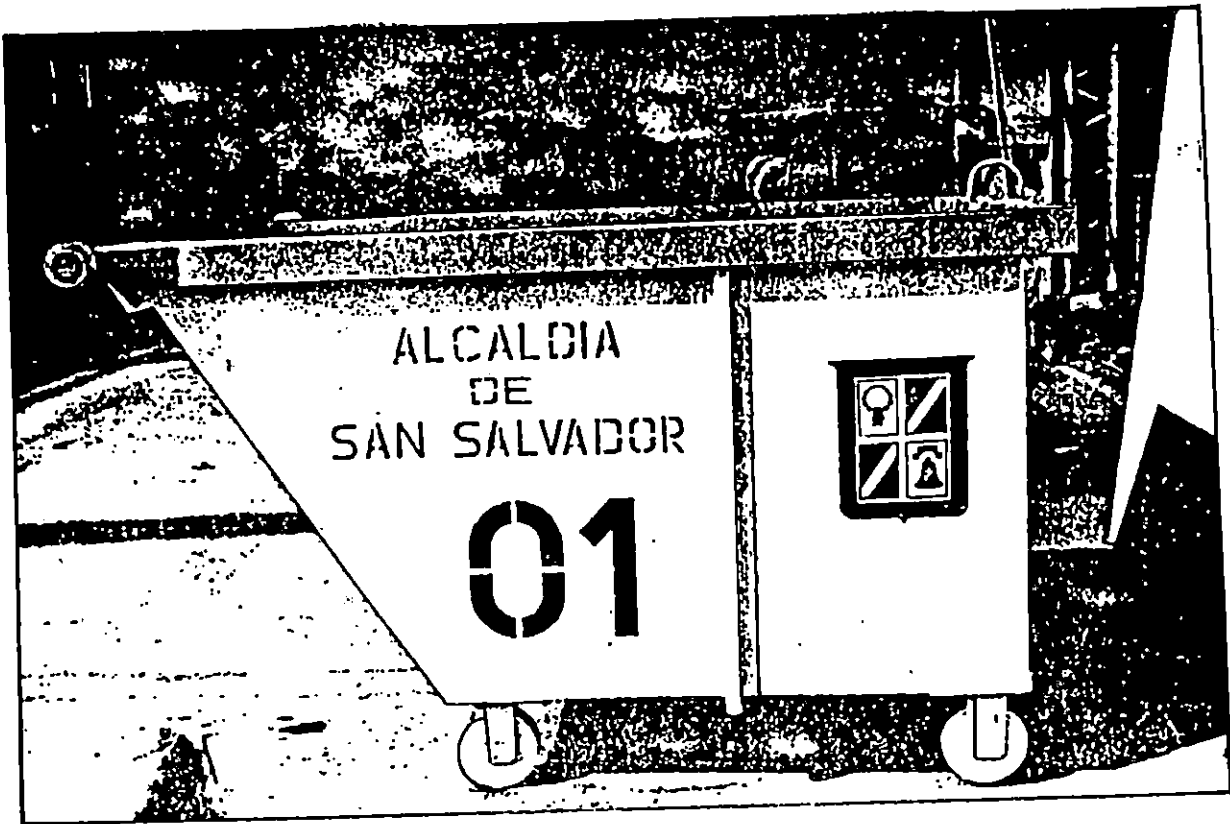
barrios en los cuales el servicio de recolección no sea diario, y en donde por su alta densidad poblacional resulte más urgente el uso de contenedores.

Urbanización Santa Emilia	2	cont.
Urbanización California	1	
Urbanización Palo Blanco	1	
Colonia 15 de septiembre	2	
Colonia Jardines del Río	1	

La Sección de Aseo deberá monitorear el almacenamiento de los desechos en estos y otros lugares y cuantificar el número de contenedores que se van a ir necesitando.

Por ahora se sugiere adquirir 9 contenedores de 6 m<sup>3</sup>, y 7 contenedores de 3 m<sup>3</sup>.

A continuación en la figura N<sup>o</sup> 5.1 se presenta el tipo de contenedor utilizado en la ciudad de San Salvador, y es el que se recomienda utilizar en la Ciudad de San Miguel.



Contenedores

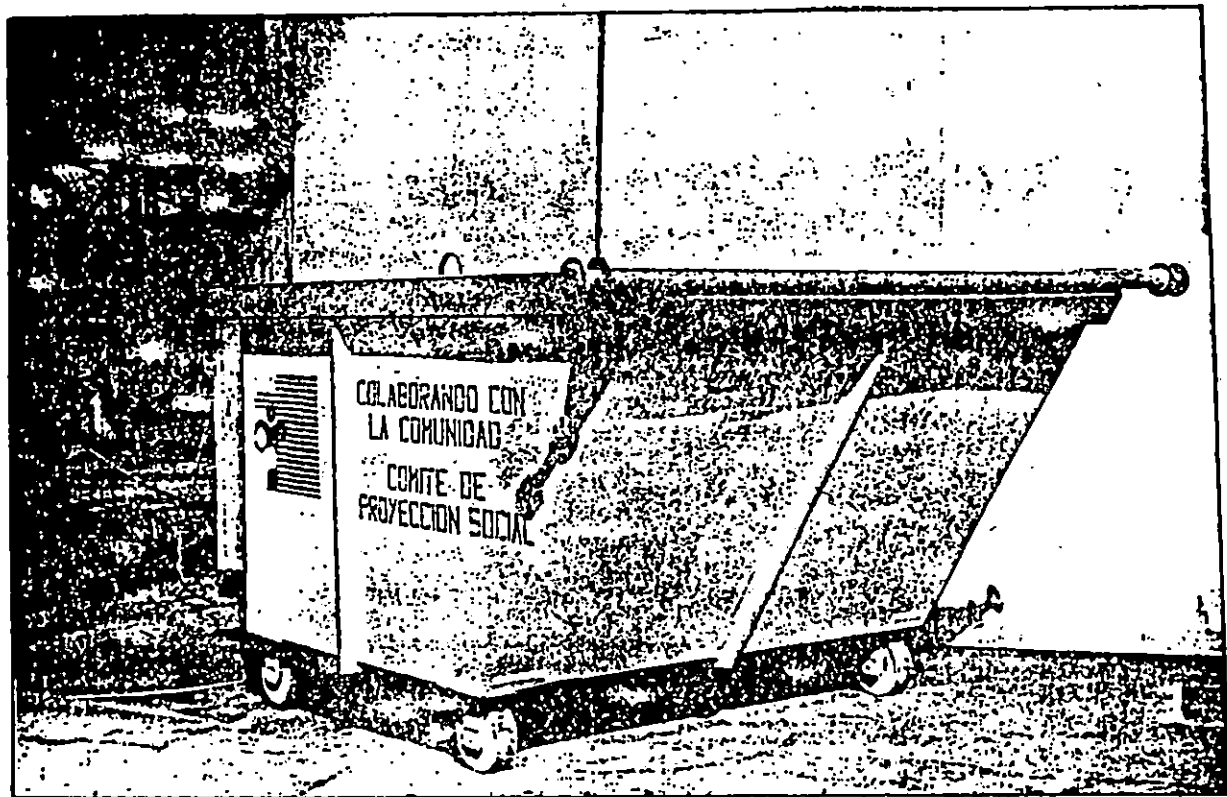


FIG. Nº 5.1

## 5.4 RECOLECCION

### 5.4.1 Cálculo del Número de Recolectores.

El número de camiones necesarios para el servicio de recolección, se puede calcular con la fórmula siguiente:

$$Nc = \frac{7 * PPC * Pob * cob * FAR}{0.9 * Dc * Vc * N * J}$$

Donde :

- Nc = Número de camiones
- 7 = Número de días de la semana
- PPC = Producción per cápita de basura (kg/hab-día)
- Pob = Población
- cob = Cobertura de población (% x 0.01)
- FAR = Factor de Reserva (1.1 - 1.3)
- 0.9 = Factor de capacidad
- Dc = Densidad de basura en carro (200-360 kg/m<sup>3</sup>)
- Vc = Volumen del carro ( m<sup>3</sup> )
- N = N<sup>o</sup> de cargas completas del camión en el día
- J = N<sup>o</sup> de días hábiles de trabajo por semana (6)

El factor de reserva (FAR) depende del tamaño de la ciudad, disponibilidad de repuestos y del nivel de servicio del mantenimiento, y se establece, precisamente para evitar que alguna ruta quede sin servicio por falta de mantenimiento del equipo, por lo que debe ser propio para cada ciudad.

Sustituyendo en la fórmula anterior, los datos de nuestro estudio, tenemos:

PPC = 0.6517 Kg/hab-día  
Pob = 130,851 hab para 1995.

Cob = 90 %  
 Dc = 320 Kg/m<sup>3</sup>  
 N = 2  
 J = .6  
 Vc = 16 m<sup>3</sup>

$$N_c = \frac{7 * 0.6517 * 130,851 * 0.9 * 1.2}{0.9 * 320 * 16 * 2 * 6}$$

Nc = 12 camiones

Se necesitan 12 camiones, de 16 m<sup>3</sup> ( 8 Ton. ), para cubrir un 90 % de la población actual.

Este es el número de camiones para cubrir la ppc, de los sectores comercial, institucional, mercados y barrido de calles, se tiene una producción de 30 ton/día

Aplicando la fórmula siguiente:

Total de desechos sólidos por día

Nº camiones = -----

Capacidad de carga del camión en 1 jornada

luego tenemos:

30 ton / día

Nº camiones = -----

8 ton \* 2 viajes/día

Nº camiones = 2

Se tiene que para la ciudad de San Miguel, se necesitan como mínimo 14 camiones o rutas. Cada ruta será atendida por un camión de 8 ton que realizará 2 viajes con carga completa al sitio de disposición final.

Se recomienda el uso de camiones con caja colectoras cerradas, equipados con mecanismo de compactación hidráulico u otro sistema confiable y que puedan transportar con seguridad una carga neta de 8,000 Kg. ( 8 Ton.) con una tolerancia del 20 %, el volumen debe de ser de 12 a 15 m<sup>3</sup> (16 a 20 Ydas. cúbicas).

En el capítulo III se detalló el equipo mecánico con que cuenta el Servicio de Limpieza Pública actualmente, siendo de 15 unidades, de las cuales, únicamente 8 circulan.

Por lo anterior expuesto, se recomienda a la municipalidad la adquisición de 7 camiones del tipo compactador, esperando cubrir el servicio incompleto, y dejando 1 unidad para casos de emergencia, sobre todo en la época de fiestas.

Es necesario que la operación del servicio de mantenimiento preventivo para los vehículos, sea atendida con la debida responsabilidad, se descuida mucho esta parte, en consecuencia, hay muchas unidades inactivas..

Con respecto a la distribución de las rutas, el diagrama con que trabaja el servicio de aseo, ha dado buenos resultados hasta la fecha, por lo cual, el equipo que se adicionará

servirá para complementar dichas rutas y para dar servicio a las próximas colonias y asentamientos que dentro de poco requerirán el servicio.

Se recomienda una tripulación integrada por el motorista y cuatro obreros de recolección. Se implementará esta norma, al equipo que se adquirirá.

### Recursos

#### Físicos:

- 7 camiones del tipo compactador
- Lubricantes, repuestos, llantas.
- 62 uniformes.
- 62 pares de zapatos.
- 62 pares de guantes.
- 24 capas.

#### Humano:

- 5 motorista con licencia pesada.
- 24 obreros
- 1 supervisor de rutas

## 5.5 BARRIDO MANUAL

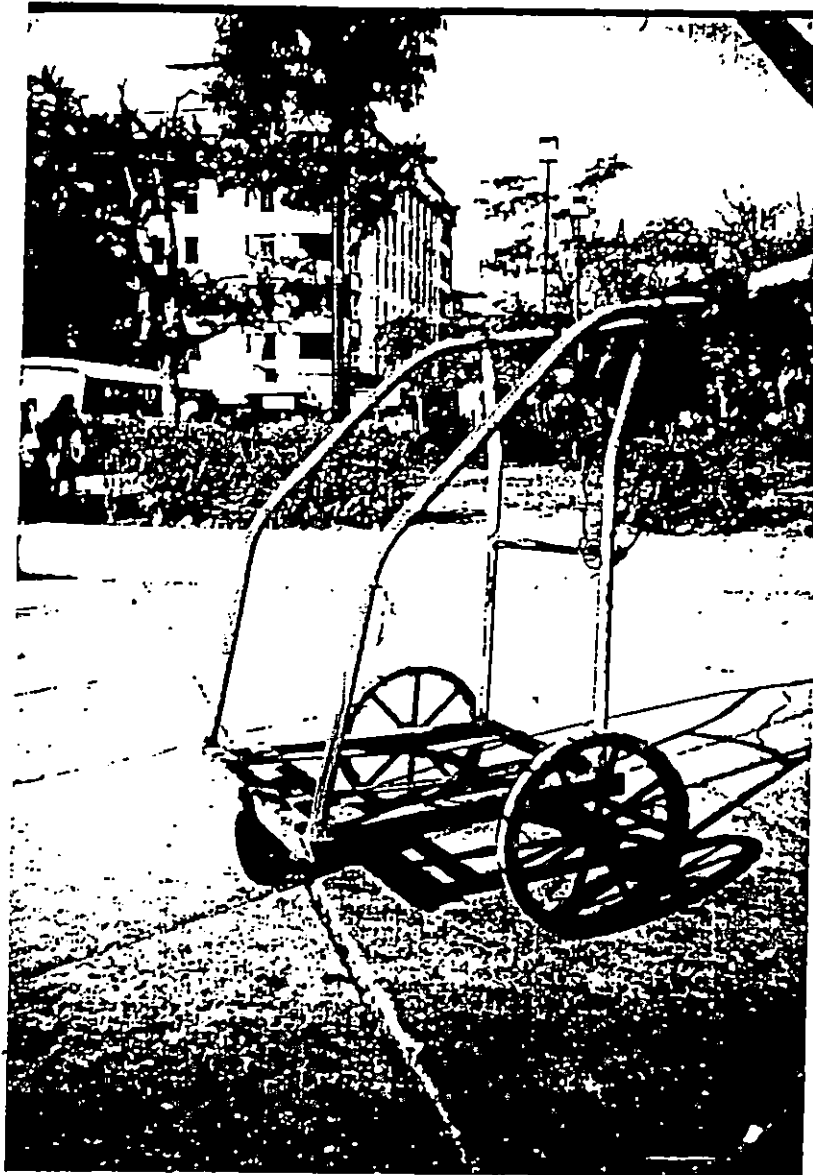
El servicio de barrido de calles es importante, ya que desaloja de desechos las vías públicas, parques, mercados, estadios, plazas y en general, lugares de difícil acceso al equipo mecánico.

### 5.5.1 Equipo:

El equipo del barrendero es el siguiente:

- Escoba
- Pala (pequeña)
- Azadón
- Implementos de seguridad personal
- Carrito, que es un cilindro montado en una carretilla de obra civil; puede ser también un cilindro entre los 80 y 200 litros montados sobre ruedas.

A continuación se muestra en las Figuras N<sup>o</sup> 5.2 y 5.3 el carrito que se recomienda utilizar para realizar las tareas de barrido manual.



CARRITO DE TRES RUEDAS PARA  
TAREAS DE BARRIDO MANUAL.





EQUIPO PARA EL BARRIDO MANUAL

FIG. Nº5.3

### 5.5.2 Frecuencia:

A continuación se presenta de manera general una clasificación del sector y la frecuencia requerida:

tabla adaptada del documento Manejo Integral Residuos Sólidos en Santa Ana, 1992 :

TABLA Nº 5.4

CLASE DE SECTOR	FRECUENCIA DEL BARRIDO MANUAL
Contorno de los mercados	5 veces por día
Sectores comerciales centrales	5 " "
Calles principales, centro	2 " "
Vías menores, suburbios	1 " "
Residencial bajo ingreso	3 Veces por semana
Residencial alto ingreso	1 " "

Se puede tomar como rendimiento por barredor de 2.0 a 2.5 Km/jornada efectiva, por lo que es posible asignar a cada trabajador una zona que cubra de 10 a 12 cuadras.

Las rutas para barrido de calles están planificadas para el aseo de aceras y sumideros.

La metodología a seguir para proponer un servicio de barrido manual es el siguiente:

- Efectuar recorridos de inspección por la ciudad, a fin, de determinar áreas críticas, como mercados, terminal de buses, centros comerciales y centro de gravedad de

la ciudad.

- Revisar los recursos existentes.
- Considerar el tráfico de automotores y el movimiento peatonal.
- Considerar la amplitud de las calles ( calzada y acera ).
- Es muy importante determinar los rendimientos reales de los obreros, se recomienda que en las áreas críticas y sectores comerciales, cada tarea contenga una extensión de 800 metros lineales de acera y sumidero, recorriendo ambos lados de la calzada tenemos 1600 metros lineales en cada tarea, esto es un promedio de 8 cuadras por barrendero; se conoce que en las áreas críticas la generación de basura es mucho mayor que en cualquier otro sector y los desechos tienen gran contenido de humedad ( excepto en librerías, escuelas, etc. ) por lo que la basura pesa más y disminuye el rendimiento del trabajador. En los sectores residenciales, se puede considerar un recorrido total de 2500 metros lineales de acera y sumidero, o sea, 12 cuadras, 1200 mts. lineales por cada lado.
- A continuación se delimita la ciudad en sectores o zonas y se asigna una frecuencia a cada sector.
- Se determina el área de cada sector, así como la longitud de calles.

Tomando en consideración los puntos anteriores, se procede a calcular aproximadamente el número de barredores por sector. En el plano anexo, aparecen delimitadas las zonas de interés.

\* SECTOR COMERCIAL-CENTRAL.

Tiene un área de 800,000 m<sup>2</sup> y una longitud de calles de 15,430 mts. aproximadamente, este sector será barrido todos los días en una jornada efectiva de 6.5 horas, empleando 20 barrenderos como mínimo, en donde cada tarea tendrá una longitud de 772 mts. de calles y cada obrero tendrá la responsabilidad de barrer ambos lados de la calzada a lo largo de 8 cuadras aprox.

\* SECTOR PERIFERICO.

Tiene un área aproximada de 2,083,000 m<sup>2</sup> y una longitud de calles de 22,400 mts., será atendido por 18 barrenderos, con una cobertura de 1250 mts. cada uno, y tendrá una frecuencia de 3 veces por semana.

\* COLONIAS Y ASENTAMIENTOS POPULOSOS.

Colonias Hirleman, Urbeza , Conde. -----	3 barr.
Colonias Gavidia, Río Grande y El Molino. -----	8 barr.
Colonias Belén, Santa Emilia, Mercedes, Metrópoli y 21 de Noviembre. -----	11 barr.
Colonias California y Jardines del Río. -----	4 barr.
Colonias Ciudad Jardín, Los Almendros, Los Pinos. -----	7 barr.
Barrios San Nicolás, Concepción. -----	5 barr.
Barrio y Col. San Franciso. -----	5 barr.

\* AREAS PUBLICAS.

- En los parques se recomienda:		
2 barrenderos/parque x 3 parques	=	6 obreros
- En mercados:		
2 barrenderos/mercado x 5 mercados	=	10 obreros
- En rastro y tiangué:	=	1 obrero
- En terminal de buses:	=	1 obrero

En total son 99 obreros que se necesitan en el servicio de barrido manual, para lograr una cobertura de un 75% de la ciudad ( 50 % mínimo ), en lo que se refiere a vías asfaltadas.

La Sección de Aseo en la actualidad reporta 54 plazas de barrenderos, lo que se necesitan 45 barrenderos .

#### Recursos Necesarios

##### Humanos:

- 45 obreros para tareas de barrido manual.
- 5 inspectores de servicio.

##### Materiales:

- 100 uniformes.
- 100 pares de guantes.
- 100 pares de zapatos.
- 45 carritos de tres ruedas.
- 45 barriles de lámina o de plástico con capacidad de 100 - 200 litros.
- 45 palas pequeñas redondas con mango corto.
- 45 escobas pequeñas de fibra natural o plásticas.

En anexo Plano N<sup>o</sup> 3.4 se muestra la reestructuración del servicio de barrido manual propuesto en este trabajo.

Finalmente se recomienda que el equipo completo de Barrido Manual sea supervisado durante tres meses para verificar si el número de obreros propuesto satisface la cobertura esperada del servicio.

## 5.6 ORGANIZACION

Los problemas que enfrentan nuestras municipalidades son:

- Escasez de personal técnico.
- Recursos físicos insuficientes.
- No hay participación de la comunidad.
- No existen planes ni programas específicos.
- No hay aplicación de tecnología apropiada.
- No hay voluntad política.

El sistema de limpieza pública, requiere de una dirección técnica y normativa que sea eficiente, simplemente el aseo de una ciudad refleja toda la capacidad organizativa y funcional de las autoridades edilicias.

En primer lugar hay que reestructurar el organigrama actual del Departamento de Limpieza, es necesario agregarle una sección específica para controlar el Relleno Sanitario, hay que descargar ciertas secciones, por lo que el esquema se ve modificado .

En la Figura N° 5.4 se muestra el Organigrama propuesto para el Departamento de Limpieza Urbana de la Ciudad de San Miguel.

ORGANIGRAMA ESTRUCTURAL SUGERIDO PARA EL DEPARTAMENTO DE LIMPIEZA URBANA DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL..

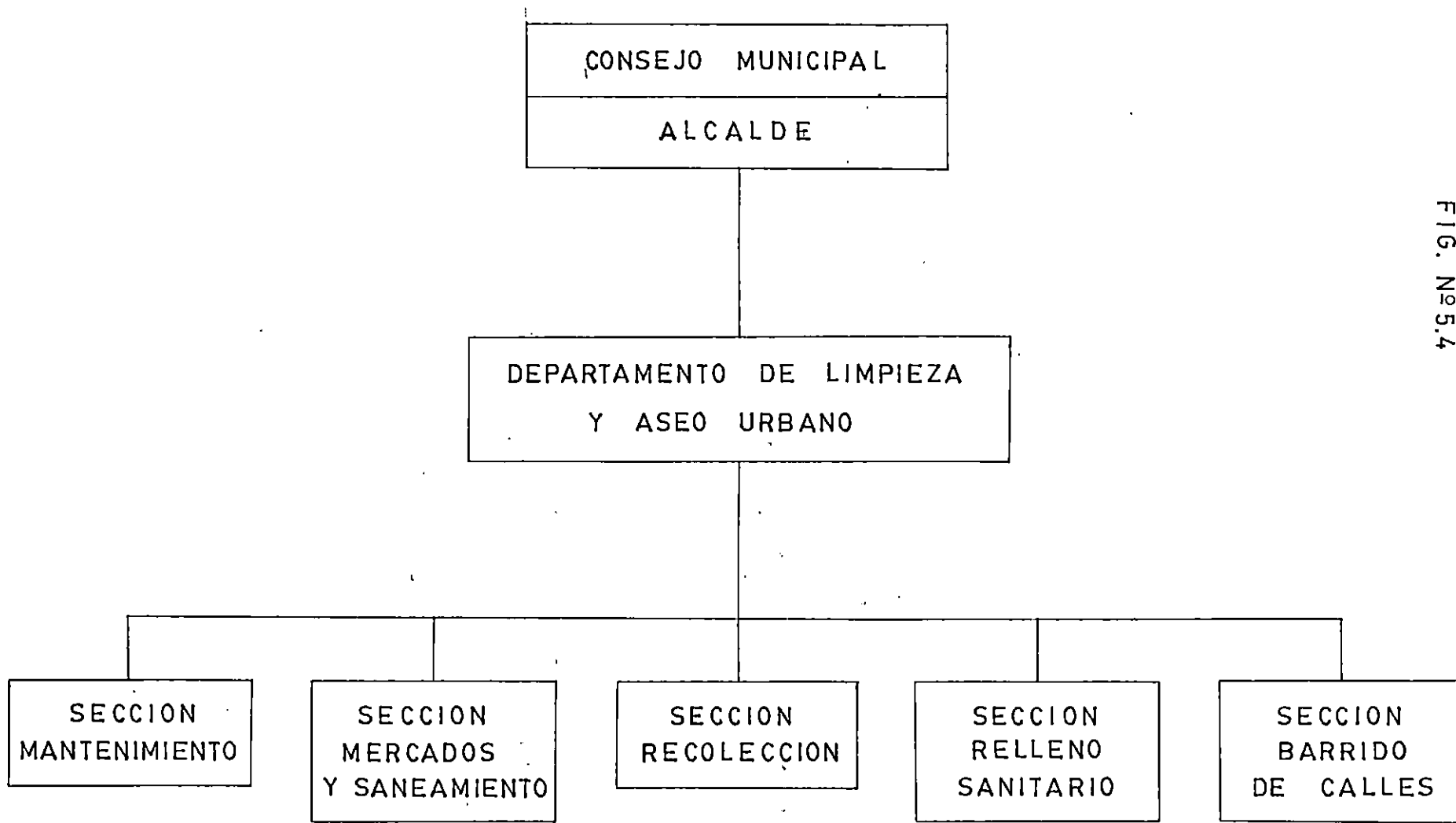


FIG. Nº 5.4

A continuación se describe el recurso humano existente y el personal que se sugiere contratar para ejecutar mejor el servicio.

#### SECCION DE ASEO Y LIMPIEZA

##### Personal actual

- 1 Jefe
- Ayudante

##### Personal a contratar

- 1 Secretaria
- 1 Colaborador  
Técnico

La jefatura del Departamento de Limpieza es el cargo más importante, puesto que es el responsable de todo el sistema organizativo. Para que funcione adecuadamente debe de suministrársele un personal de apoyo idóneo, los recursos físicos necesarios y contar con el respaldo de las autoridades municipales.

La secretaria tendrá a su cargo las funciones administrativas y de relaciones públicas del servicio de aseo.

Es imprescindible la asistencia de un colaborador técnico ya que éste será el encargado de realizar las funciones siguientes:

- Elaborar estudios sobre la cobertura del servicio de recolección mecánico y manual.
- Supervisión técnica en las demás secciones.
- Promoción de cursos de adiestramiento al personal.



- Elaborar reglamentos de seguridad.
- Control de costos y realizar trámites de jubilación, etc.

Esta persona tiene que tener conocimientos básicos de ingeniería sanitaria, legislación y relaciones laborales, ecología, salud pública; por lo que se sugiere que sea un individuo con experiencia o que haya laborado en el departamento de Ingeniería Municipal.

El ayudante deberá realizar planillas de pago y control de registros de asistencia del personal, y ayudar al colaborador técnico.

El ordenanza, tendrá funciones de limpieza del local, traslado de recados, etc.

Los recursos físicos intervinientes son:

- Dos escritorios ( tipo secretarial )
- Una máquina de escribir para la elaboración de planillas.
- Utilería necesaria.

Actualmente la Alcaldía ha implementado un Programa de Recursos Humanos, con el propósito de evaluar el número de trabajadores, por lo que posiblemente se extenderá dicho número, el personal de la Sección de Relleno Sanitario se discutirá en el siguiente capítulo.

### 5.6.1 Consideraciones finales.

En resumen, el Departamento de Limpieza Pública tiene el deber de servir a la comunidad, no solamente recogiendo sus desechos, sino implementando programas que busquen una mejor solución al problema del manejo y control sanitario-ambiental de los desechos. Para esto es preciso que busque la asesoría técnica en instituciones como MSPAS, ISDEM, SEMA y ONG's.

Es conveniente comenzar un programa de monitoreo al servicio de aseo, como información básica es necesaria la siguiente:

- Población con servicio de aseo y cobertura.
- Extensión actual de la mancha urbana y usos del suelo actualizados para la ciudad.
- Longitud de calles pavimentadas y no pavimentadas.
- Generación por persona de desechos en diferentes estratos de la población.
- Composición, densidad, humedad y otros parámetros a corto y largo plazo.

## CAPITULO VI

DISEÑO, OPERACION Y MANTENIMIENTO  
DEL RELLENO SANITARIO

## 6.1 INTRODUCCION.

En el Salvador, hasta la fecha sólo funciona un Relleno Sanitario, ubicado en el municipio de Sonsonate, el cual inició hace pocos meses; de lo cual se puede concluir que se está "aprendiendo" con él.

Al no tener antecedentes nacionales de carácter técnico, bibliográfico, ni siquiera empíricos, se vuelve difícil la toma de decisiones con respecto al diseño y operación.

Este capítulo constituye el eje del proyecto, el diseño aunque depende de las condiciones particulares de cada caso, presenta puntos generales que son de consideración en cualquier diseño de relleno sanitario, por ejemplo: drenajes, taludes, obras auxiliares, equipo, etc., por lo que el problema en sí lo retoma la operatividad del relleno.

Esta presentación, la conforman, mas bien directrices generales para el diseño y operación de un relleno, con criterios tomados de autores suramericanos y expertos en la materia, desde luego que requiere de estudios más detallados y profundos. Si bien lo anterior expuesto no se debe tomar como excusa o atenuante en el estudio técnico efectuado, el lector debe comprender el alcance de este trabajo.

## 6.2 SELECCION DEL METODO DE CONSTRUCCION PARA EL RELLENO SANITARIO.

Para optimizar el terreno se aplicarán los métodos de área y de trinchera.

### 6.2.1 Area de Trabajo Principal.

Se realizará como primera etapa y comprende una extensión de 45,120 m<sup>2</sup> en el sector este del terreno, contiguo al cementerio del Caserío se implementará el Método de Área, por ser la zona mejor aprovechable en el terreno, entre las curvas de nivel 99 a 84 mts. Arriba de la cota 99 el terreno es más duro y existen lechos de roca, por lo que el cortar, elevaría los costos sustancialmente, el punto más bajo se localiza obviamente en la salida de la quebrada en un lindero del terreno, a 82 msna.

A partir de la cota 84 msna (metros sobre nivel asumido) se construirá el talud de soporte de 3:1, engramado, para protegerlo de la erosión, al pie del talud se realizará la evacuación de las aguas pluviales .

Del punto 99 a 84 msna, hay 15 mts. disponibles de profundidad, se realizarán 3 terrazas de 5 mts. c/u, lo cual indica una altura de celda compactada del orden de unos 2.15 mts., construyendo 2 celdas por terraza.

La configuración del terreno se puede observar en la Figura Nº 6.1 .

En la zona se puede observar la formación inicial de una quebrada llamada "Quebrada del Cementerio", la quebrada desaparecerá en el interior del terreno, al formarse las terrazas, iniciándose nuevamente en la cota 82 msna, afuera del terreno.

Para el Método de Área se tienen los siguientes volúmenes de corte:

ETAPA Nº 1 = 42, 317.10 m<sup>3</sup>

ETAPA Nº 2 = 41, 936.90 m<sup>3</sup>

ETAPA Nº 3 = 32, 963.00 m<sup>3</sup>

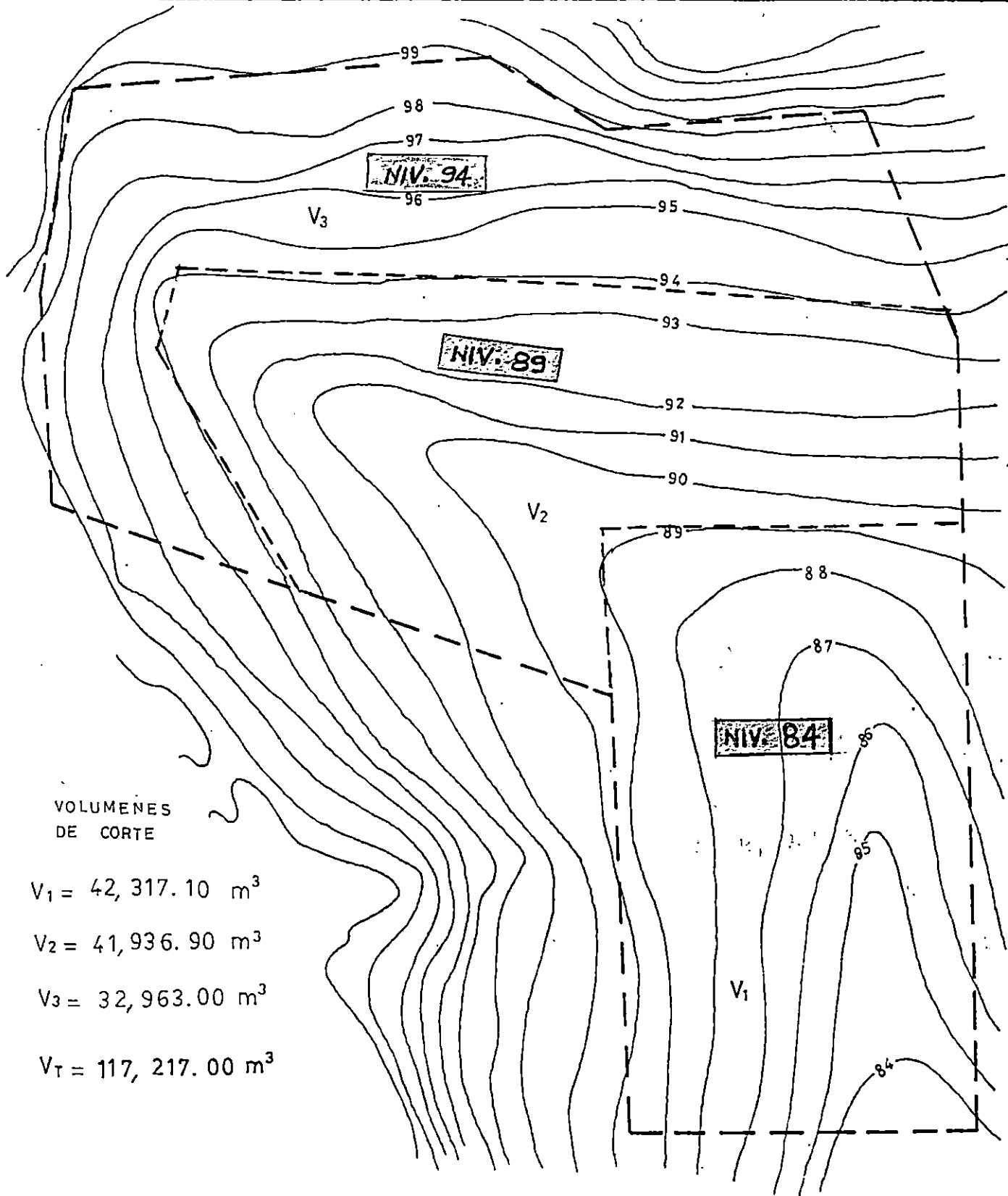
TOTAL = 117, 217.00 m<sup>3</sup>

Este material de corte es el que se utilizará para la cobertura de los desechos.

#### 6.2.1 Área de Trabajo Secundario.

Es la segunda etapa del relleno, ejecutándose en un área semiplana de 15,450 m<sup>2</sup>, contiguo a las construcciones auxiliares del personal, se aplicará el Método de Trinchera.

Si el operador durante el funcionamiento del R.S., considera necesario ocupar otras áreas, una vez modificadas las curvas de nivel, es necesario evaluar si se justifica la inversión en cortes contra la capacidad útil de las áreas. De cualquier manera el factor que prevalece sigue siendo la disponibilidad de material de cobertura.



VOLUMENES DE CORTE

- $V_1 = 42,317.10 \text{ m}^3$
- $V_2 = 41,936.90 \text{ m}^3$
- $V_3 = 32,963.00 \text{ m}^3$
- $V_T = 117,217.00 \text{ m}^3$

FIG. Nº 6.1

AREA DE TRABAJO PARA LA APLICACION DEL METODO DE AREA EN EL TERRENO ORIGINAL

### 6.3 DISEÑO.

La información básica que se necesita para elaborar un diseño es conocer la cantidad de desechos que van a entrar al relleno, disponibilidad de terreno y de material de cobertura.

Construir la infraestructura necesaria, tal como son las obras drenaje, instalaciones del personal, accesos, etc.

#### 6.3.1 Cantidad de Desechos Sólidos y Material de Cobertura a disponer para el Método del Area y de Trinchera.

Para facilitar el manejo de estos datos, se propone la siguiente tabla. Ver Tabla Nº 6.1 , a continuación se muestra el procedimiento para llenar la tabla.

#### Población.

En el capítulo V se definió el criterio a seguir para la proyección de la población, usando el método geométrico, con una tasa de crecimiento anual de 2.355 %.

#### Producción Percápita de Desechos. (2)

Del muestreo efectuado en la Ciudad de San Miguel se obtuvo una ppc = 0.652 kg/hab-día; se asumirá que esta producción aumenta en un 1% cada 5 años, de acuerdo a las recomendaciones de la bibliografía y cambios de hábito de consumo que se puedan dar en la población entonces:



$$ppc_{1995} = 0.652 \text{ kg/hab-día}$$

$$\text{para el año 6 (2000): } ppc_6 = ppc + 1\% = 0.652 + 0.01 = 0.662$$

### Cantidad Diaria de Desechos. (3)

La producción diaria, se calcula así:

$$DS_{pd} = Pob \times ppc \times Cob, \quad \text{donde } Cob = 90\%$$

para el año 1 tenemos:

$$DS_{pd1} = 130851 \times 0.652 \times 0.90 = 76,783.4 \text{ kg/día}$$

la producción anual, se calcula multiplicando la  $DS_{pd}$  por 365 días:  
 $DS_{pa1} = 28,025.9 \text{ ton/año}$

### Volumen de Desechos. (6)

$$\text{Densidad en el relleno } (D_{rs}) = 550 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Densidad relleno estabilizado } (D_{rse}) = 600 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} V_{(\text{anual comp})} &= \frac{DS_{pd}}{D_{rs}} \times 365 = \frac{76783.4}{550} \times 365 = \\ &= 50,956.2 \text{ m}^3/\text{año} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{(\text{anual estab})} &= \frac{DS_{pd}}{D_{rse}} \times 365 = \frac{76783.4}{600} \times 365 = \\ &= 46,709.8 \text{ m}^3/\text{año} \end{aligned}$$

Volumen del relleno. (9)

Esta compuesto por los D.S. y el material de cobertura.

$$V_{RS} = V_{\text{anual estab}} \times MC = 46,709.8 \times 1.20 = 56,051.8 \text{ m}^3/\text{año}$$

Area requerida. (11)

Se asume una profundidad promedio, 5 mts. en este caso, se aplica la fórmula siguiente:

$$A_{RS} = \frac{V_{RS}}{H_{RS}}$$

Se debe tomar en cuenta un factor de aumento para áreas adicionales de un 25-30% ( vías de penetración, áreas de operación, báscula, etc.), luego se tiene:

$$A_T = F \times A_{RS}$$

Año	Población Urbana (hab)	PPC (kg / hab-día)	Cantidad Desechos Sólidos			Volumen Desechos Sólidos					Area Requerida	
			DIARIA (kg)	ANUAL (ton)	ACUMULADA (ton)	COMPACTADOS		ESTABILIZADOS Anual (M3)	RELLENOS		RELLENO Ars (M2)	TOTAL Ar (M2)
						Diario (M3)	Anual (M3)		(DS+MC) anual	Acumul. (M3)		
(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
1	130 851	0.652	76783.4	28025.9	28025.9	139.61	50 956.2	46709.8	56051.8	56051.8		
2	133 933	0.652	78591.9	28686	56711.9	142.89	52 156.4	47810	57372	113 423.8		
3	137 087	0.652	80442.6	29361.5	86073.4	146.26	53384.5	48935.8	58722.9	172 146.7		
4	140 315	0.652	82336.8	30052.9	116 126.3	149.70	54641.6	50088.2	60105.8	232 252.5		
5	143 620	0.652	84276.2	30760.8	146 887.1	153.23	55928.7	51268	61521.6	293 774.1		
6	147 002	0.662	87569.8	31960.8	178 847.9	159.21	58 110.5	53268	63921.6	357 695.7		
7	150 464	0.662	89646.5	32720.9	211568.8	162.99	59492.5	54334.8	65441.8	423 137.5		
8	154 007	0.662	91918.3	33491.5	245060.3	167.12	60 893.6	55819.2	66983.0	490 120.5		
9	157 634	0.662	96 129.9	34280.2	279 340.5	174.78	62 827.6	57133.7	68560.4			
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												

TABLA. Nº 6.1

### 6.3.2 Terracería.

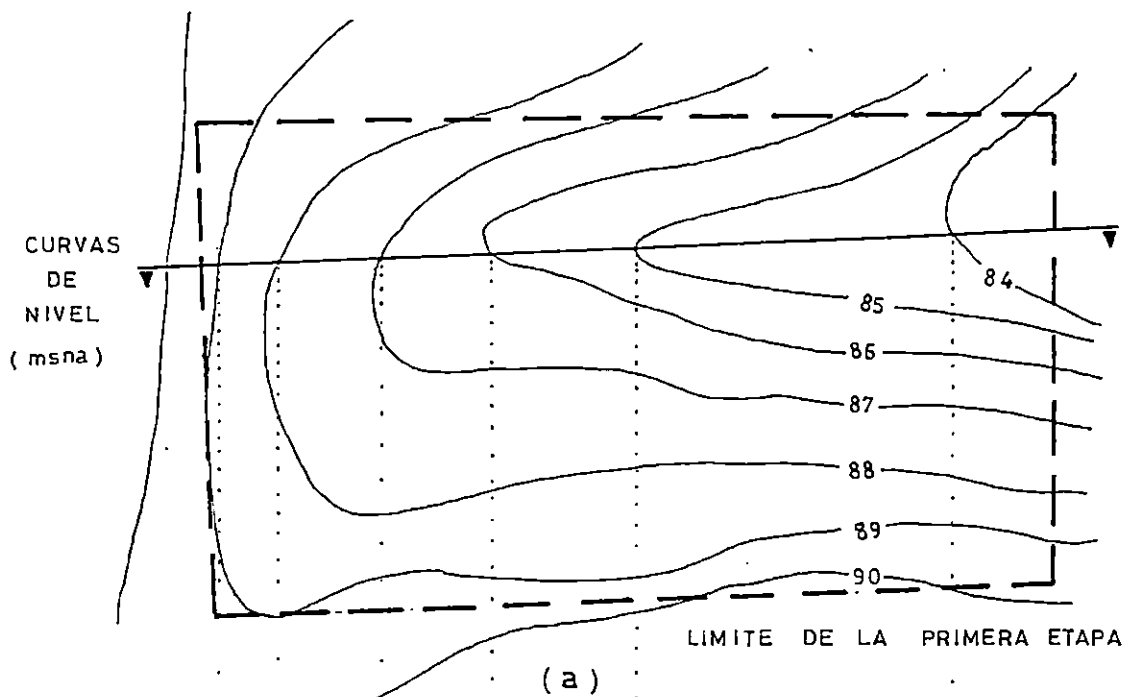
Se recomienda que la terracería la efectúe una empresa privada, debido a la experiencia que se requiere y sobre todo para dejar el tractor de orugas sólo para el manejo de los desechos y el material de cobertura; el contrato debe especificar la construcción de taludes, drenajes, preparación del material de soporte, etc.

El proceso de construcción de las terrazas es de la siguiente manera: se construirá un acceso principal hasta la cota 84 msna, se cortará el suelo hasta la cota 89 (primera etapa), dejando un nivel de 84 msna, el material cortado se apilará para la cobertura diaria e intermedia de las celdas.

Se recomienda colocar plásticos sobre el material suelto a fin de protegerlo de la lluvia (se evita la consolidación natural). Se iniciará el recibimiento de las basuras rellenando la primera etapa, ver Figura N° 6.2 posteriormente, cuando el relleno haya alcanzado la cota 84, se cortará hasta el punto de 94 msna, dejando el nivel en 89, se continuará de la misma manera hasta alcanzar un nivel final de 99 msna.

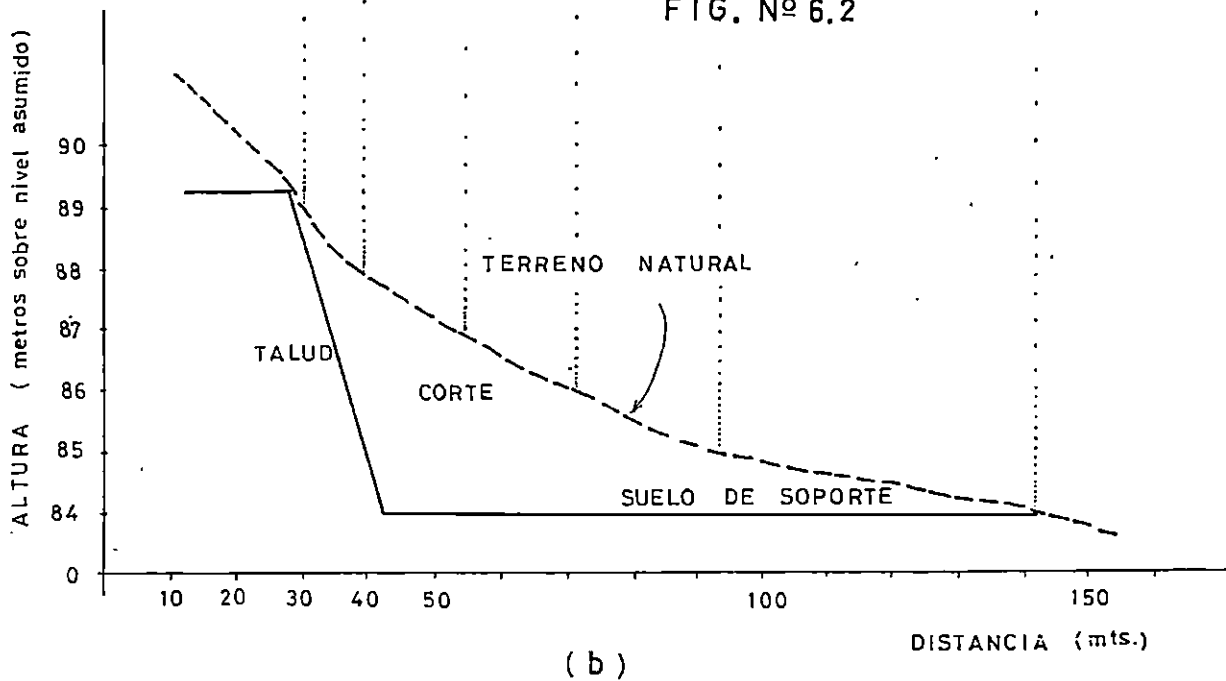
### 6.3.3 Diseño de la Celda.

Se exige una pendiente de trabajo para el bulldozer compactador de 3:1 (a veces se trabaja hasta en 2:1). La altura total de la celda se recomienda como mínimo 1.50 mts. para evitar el uso excesivo de material de cobertura y 4.0



CONFORMACION DEL TERRENO ORIGINAL

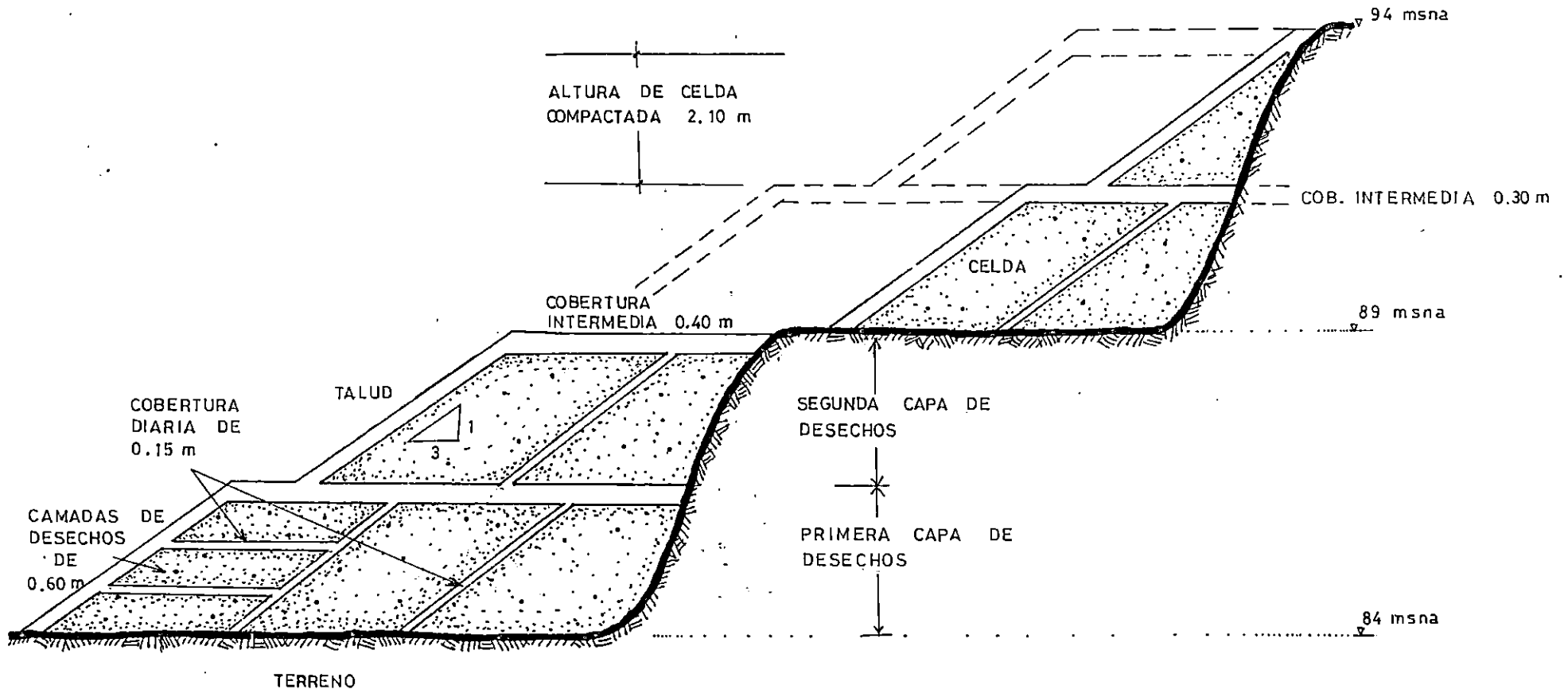
FIG. Nº 6.2



CONFIGURACION DE LA 1º ETAPA DEL RELLENO SANITARIO TIPO AREA

FIG. N° 6.3

CORTE ESQUEMATICO DE LAS CELDAS DE UN RELLENO SANITARIO



mts. como máximo entre capas intermedias, generalmente se usa 2.50 mts. como promedio. La cubierta final debe de ser por lo menos 0.60 mts. de material de cobertura y se recomienda agregar 0.20 mts. de "tierra negra" para el sostén de la vegetación. En la Figura N<sup>o</sup> 6.3 se presentan las dimensiones de la celda.

#### 6.3.4 Dimensiones de la Trinchera.

Ancho: se recomienda que la trinchera sea tan estrecha en lo práctico posible, mínimo 1.5 veces el ancho de la máquina que efectuará la compactación, utilizando un tractor D6H se tendrá un ancho de 5.0 mts.

Altura: este valor se fijará en 3.60 mts, la celda de basura deben ser compactadas hasta la cota del terreno y los 0.60 mts. de cobertura final serán colocados encima del nivel del terreno.

Longitud: mínima 2 veces más largas que el tractor, para nuestro caso, la longitud la dictará los linderos del terreno.

Separación entre trincheras: mínimo 1.0 m.

Se han propuesto un número de 22 trincheras ubicadas según se muestra en el Plano Anexo N<sup>o</sup> 6. Estas zanjas son de

un ancho de 5 mts., profundidad neta de 3 mts. y de longitud variable, dependiendo de los linderos del terreno.

#### 6.3.5 Cálculo de la Vida Util .

Primero hay que obtener el volumen útil del relleno, en donde es aplicado el método del área; existen diversos métodos para calcular el volumen entre curvas de nivel de un terreno, como por ejemplo: cálculo del volumen por Regla de Simpson, Método del Prismoide, Método de la Retícula, etc., en cualquier manual de topografía se encuentran las descripciones de los métodos anteriores.

Se aplicó el método de la retícula, por adaptarse mejor, en terrenos de gran extensión y poca profundidad.

El volumen total disponible del terreno se compara con los valores de la Tabla N<sup>o</sup> 6.1, columna (10), en la que aparecen los volúmenes acumulados del relleno, hasta encontrar un valor similar o ligeramente mayor, y por la misma línea en la columna (0), se encontrará el número de años que equivalen a la vida útil del relleno.

Volumen Util del Relleno (Método de la Retícula)

$$V_u = 427, 233. 75 \text{ m}^3$$

Volumen DS + MC hasta año 2001 (7 años)

$$V_{2001} = 423,137.5 \text{ m}^3$$

Vida Util Promedio = 7 años.



Hay que agregar que el cuadro sólo contempla la generación per cápita de desechos.

De las zanjas se obtiene un volumen útil de 43,170 m<sup>3</sup>.

En conclusión, aplicando los métodos de área y de trinchera, se logra una VIDA UTIL de aproximadamente 8 AÑOS, operando en la forma más eficiente el relleno.

Ya definido el método de operación a ejecutar, hay que diseñar las obras auxiliares del relleno.

#### 6.3.6 Obras de Drenaje.

##### 6.3.6.1 Drenaje Pluvial.

##### Tiempo de Concentración.

$$T_c = \frac{\sqrt{A} + 1.5 L_c}{0.8 \sqrt{\Delta H}}$$

En donde:

T<sub>c</sub> = Tiempo de concentración en horas  
L<sub>c</sub> = Longitud del cauce más largo en km.  
A = Área de la cuenca en km<sup>2</sup>  
ΔH = Elevación media de la cuenca.

La elevación media de la cuenca puede calcularse así:

$$\Delta H = \frac{Elev_{max} + Elev_{min}}{2}$$

Sustituyendo datos:

Lc = Longitud del cauce más largo = 1.84 km.  
A = Area del terreno más áreas tributarias  
circundantes = 0.1772 km<sup>2</sup>  
ΔH = 101.00 mts. (Elev<sub>máx</sub> = 120 m., Elev<sub>mín</sub> = 82 m.)

$$T_c = \frac{\sqrt{0.1772} + 1.5 (1.84)}{0.8 \sqrt{101}} = 0.396 \text{ horas}$$

$$T_c = 23.74 \text{ min.}$$

#### Intensidad Pluvial Máxima.

Del Gráfico Gumbel, se obtiene I = 2.44 mm/min.

Ver Anexo N<sup>o</sup> 1.

#### Coficiente de Escurrimiento.

Para entrar al diagrama de Vente Chow, ver Anexo N<sup>o</sup> 2 se necesita conocer tres parámetros:

Condición de permeabilidad : En el Cap. IV se concluyó que el terreno es impermeable.

Pendiente Media de la cuenca: 6.72 %

Tipo de vegetación : Hierba corta - grama.

Del Diagrama se obtiene un valor de c = 0.46

#### Caudal Máximo.

$$Q = 16.67 CIA \text{ (Fórmula Racional Sistema Internacional)}$$

Donde: Q = Caudal en m<sup>3</sup>/seg.  
C = Coeficiente de escurrimiento

I = Intensidad pluvial (mm/min.)  
 A = Area de captación (km<sup>2</sup>)

Sustituyendo datos:

C = 0.46  
 I = 2.44 mm/min  
 A = 0.1772 km<sup>2</sup>

$$Q = 16.67 (0.46) (2.44) (0.1772)$$

$$Q = 3.315 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Tamaño del desagüe.

Se aplicará la Fórmula de Manning:

$$Q = \frac{A R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

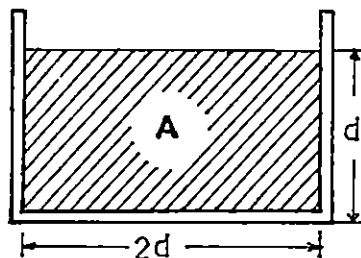
Donde:

Q = Caudal de desagüe (m<sup>3</sup>/seg.)  
 A = Area de la sección del canal (m<sup>2</sup>)  
 R = Radio hidráulico.  
 S = Pendiente promedio del desagüe.  
 n = Número de rugosidad de Manning.

Sustituyendo datos, para el drenaje definitivo o principal:

Q = 3.315 m<sup>3</sup>/seg  
 S = 3.5 %  
 n = 0.015 para hormigón liso.

Para una canaleta de sección rectangular:



$$A = 2 d^2$$

$$R_h = d/2$$

Sustituyendo valores:

$$3.315 = \frac{(2d^2) * (d/2)^{2/3} * (0.035)^{1/2}}{0.015}$$

Despejando  $d = 0.56$  mts.

Para las canaletas provisionales, solamente cambiará el área de recogimiento:

$A = 0.03162$  km<sup>2</sup> esta área de influencia es para el tramo A-A , la cual absorbe al tramo B-B, ver Plano Anexo N<sup>o</sup> 6.

Sustituyendo datos:

$$Q = 16.67 (0.46) (2.44) (0.03162)$$

$$Q = 0.592 \text{ m}^3/\text{seg}$$

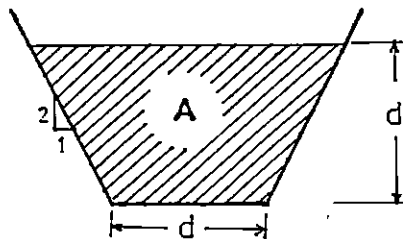
Siguiendo el mismo procedimiento, se tiene:

$$S = 1.11 \% \text{ (se utilizará } 2\% \text{ mínimo)}$$

$$n = 0.025 \text{ para canal sin revestimiento ni vegetación.}$$

$$Q = 0.592 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Para una canaleta de sección trapezoidal:



$$A = (3/2) d^2$$

$$R_n = \frac{3 d}{2 (1 + \sqrt{5})} = 0.4635 d$$

Sustituyendo valores, en la fórmula de Manning, se tiene:

$$0.592 = \frac{(3/2) d^2 * (0.4635 d)^{2/3} * (0.02)^{1/2}}{0.025}$$

Despejando d:  $d = 0.446$  mts

A continuación se muestra en la Figura Nº 6.4 el detalle de la canaleta principal revestida y la canaleta provisional.

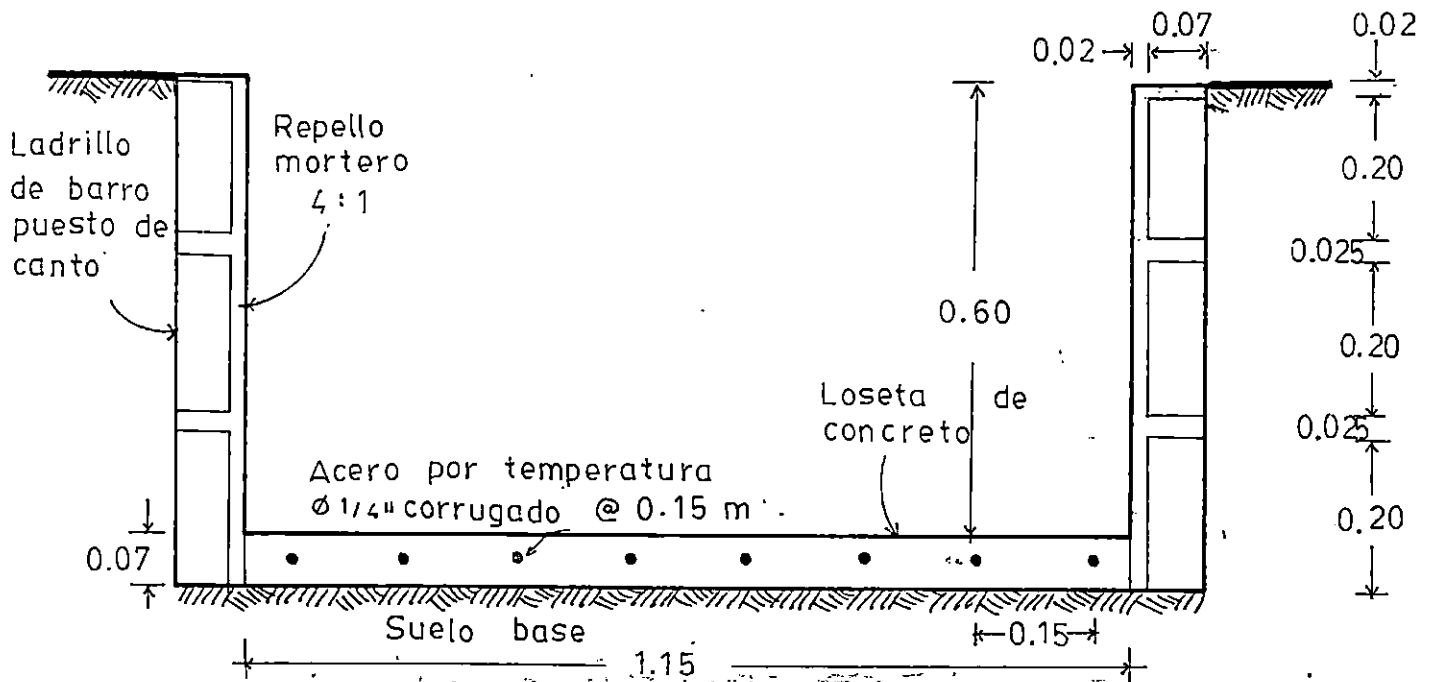
Es necesario que el canal principal sea revestido, de lo contrario, al dejarse sobre la tierra, puede ocurrir erosión.

También es necesaria la colaboración del Ministerio de Obras Públicas para la configuración del bombeo sobre las calles perimetrales del relleno, una vez definida la calle, hay que revestir la cuneta con hormigón, ésta funcionará como drenaje superficial evacuando las aguas lluvias procedentes de las partes altas contiguas al relleno y que forman parte del parte-aguas del terreno.

#### 6.3.6.2 Drenaje del Líquido Percolado.

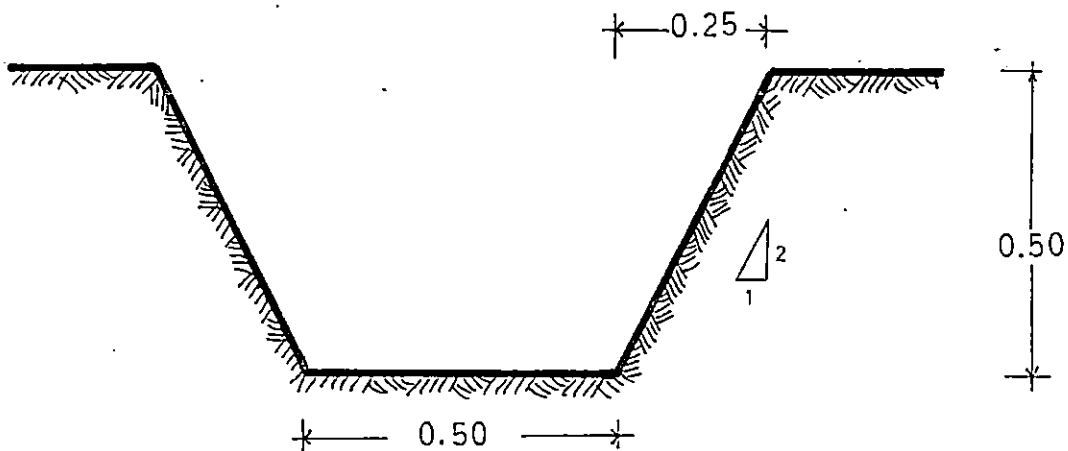
Aplicando la siguiente fórmula se tiene:

$$Q = \frac{P * A * K}{T}$$



DETALLE DE CANALETA PRINCIPAL

FIG. N° 6.4



DETALLE DE CANALETA PROVISIONAL

En donde:

- Q = Caudal medio de lixiviados (lts/seg)
- P = Precipitación media anual (mm de agua)
- A = Area del relleno sanitario (m<sup>2</sup>)
- T = Número de segundos en un año (31,536,000)
- K = Coeficiente que depende del grado de compactación de la basura (aprox. un 30%)

El coeficiente de compactación, se puede calcular como sigue:

$$K = \frac{\text{Densidad de la basura descargada en el R.S.}}{\text{Densidad en el R.S.}}$$

$$K = \frac{323 \text{ kg/m}^3}{580 \text{ kg/m}^3} = 0.557$$

Datos:

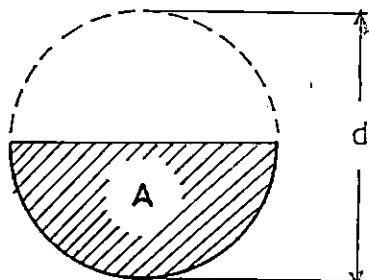
- P = 1443 mm/año
- A = 45,120 m<sup>2</sup>
- K = 0.557
- T = 31,536,000 seg/año

Luego, sustituyendo, se tiene:

$$Q = \frac{1443 * 45120 * 0.557}{31,536,000}$$

$$Q = 1.1499 \text{ lt/seg} = 0.0011499 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Aplicando la fórmula de Manning:



$$A = (\pi d^2) / 8$$

$$R_H = d/4$$

Q = 0.001149 m<sup>3</sup>/seg  
 n = 0.013 para PVC  
 S = 2 %

Sustituyendo en la fórmula:

$$0.001149 = \frac{\pi * d^2 * d^{2/3} * 0.02^{1/2}}{8 * 4^{2/3} * 0.013}$$

Despejando d:            d = 0.065 mts.

Según la fórmula, se necesita un tubo de  $\phi = 0.065$  mts., sin embargo es recomendable sobredimensionar el sistema de drenaje, previniendo períodos de lluvia fuertes, etc. para efectos de seguridad, entonces se recomienda utilizar tubos de PVC de  $\phi = 8$  " (0.2 mts.) como drenaje principal y tubos de  $\phi = 6$  " (0.15 mts) como drenajes secundarios (ramales), ambos tubos con perforaciones en la parte superior.

Para calcular los agujeros del drenaje se procede de la siguiente manera:

Trazado el sistema de drenaje de lixiviados, se calculan las



áreas tributarias de cada ramal, escogiéndose la más desfavorable.

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.

Datos:

$$\begin{aligned} A &= 2046 \text{ m}^2 \\ P &= 1443 \text{ mm /año} \\ K &= 0.557 \\ T &= 31,536,000 \text{ seg.} \end{aligned} \quad Q = \frac{1443 * 2046 * 0.557}{31,536,000}$$
$$Q = 0.052146 \text{ lts/seg}$$
$$Q = 0.000052146 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Velocidad de entrada a los agujeros = 1 cm/seg

$$\text{Area requerida} = \frac{Q}{V} = \frac{0.000052146}{0.01} = 0.005214 \text{ m}^2$$

Considerando agujeros a cada 15 cms de 5/8 " de diámetro.

Se escogió el tramo de tubería para la condición más desfavorable (relacionar longitud de tubería entre área tributaria)

Longitud de tubería = 31 mts.

Considerando como margen de seguridad que los agujeros trabajarán en un 50% de su capacidad.

$$A_{\text{agujero}} = \frac{(0.015875 \text{ m})^2}{4} = 0.000198 \text{ m}^2$$

En 31 mts de tubería cabrían 206 agujeros en una sola línea:

$$0.000198 * 0.50 * 206 = 0.02038 \text{ m}^2$$

Con 2 líneas de agujeros se tendría un área de:

$$\text{Area propuesta} = 0.02038 * 2 = 0.04076 \text{ m}^2$$

Aprop > Arequerida

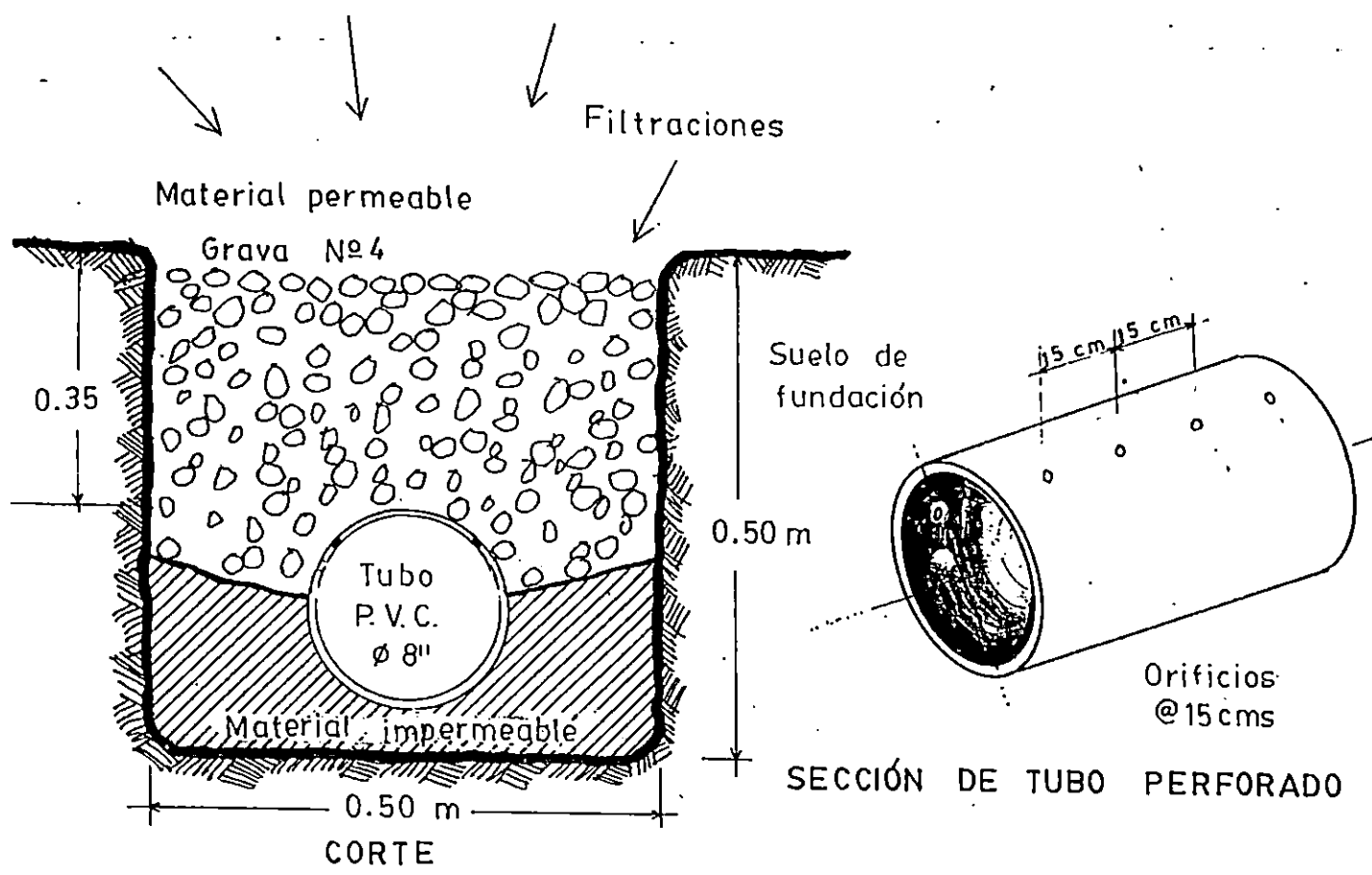
En la Figura N<sup>o</sup> 6.5 se muestra el detalle del drenaje de lixiviados.

#### 6.3.6.3 Drenaje de Gases.

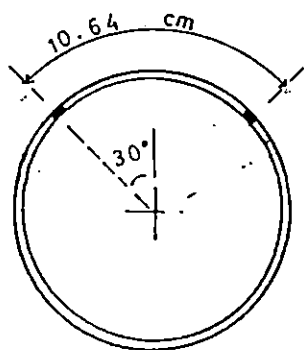
Se propone una tubería de concreto de  $\phi = 6''$  perforada con agujeros de  $\phi = 2.0$  cms en toda la superficie de la tubería, se colocará en una sección de 30x30 cms. ahogada en piedra bola de río o grava # 2, la cual estará amarrada con malla de gallinero, tal como lo muestra la Figura N<sup>o</sup> 6.6

Estas chimeneas se construirán en cada intersección entre la tubería principal y los ramales del drenaje de lixiviados.

Se estableció que las intersecciones se efectuarán a cada 30 mts. y en algunos inicios de ramales del drenaje de lixiviados. Ver Plano Anexo N<sup>o</sup> 6.



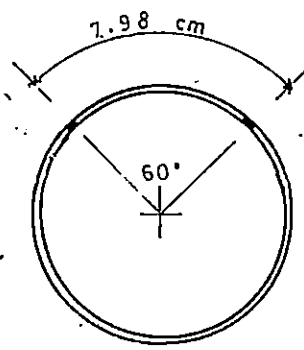
Orificios con broca 5/8"



$\phi$  8"

Dren Principal

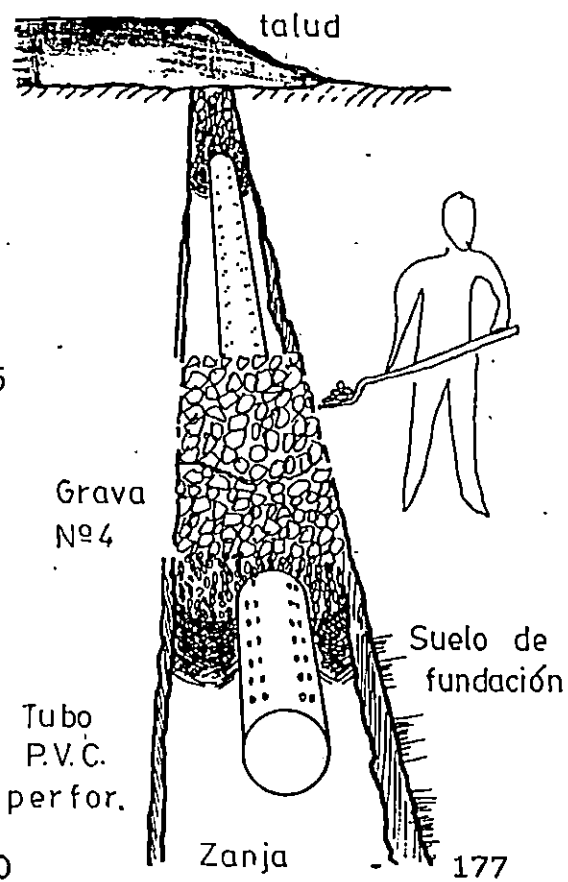
FIG. Nº6.5



$\phi$  6"

Dren Secundario (ramales)

MÉTODO PARA EL PERFORADO



COLOCACIÓN

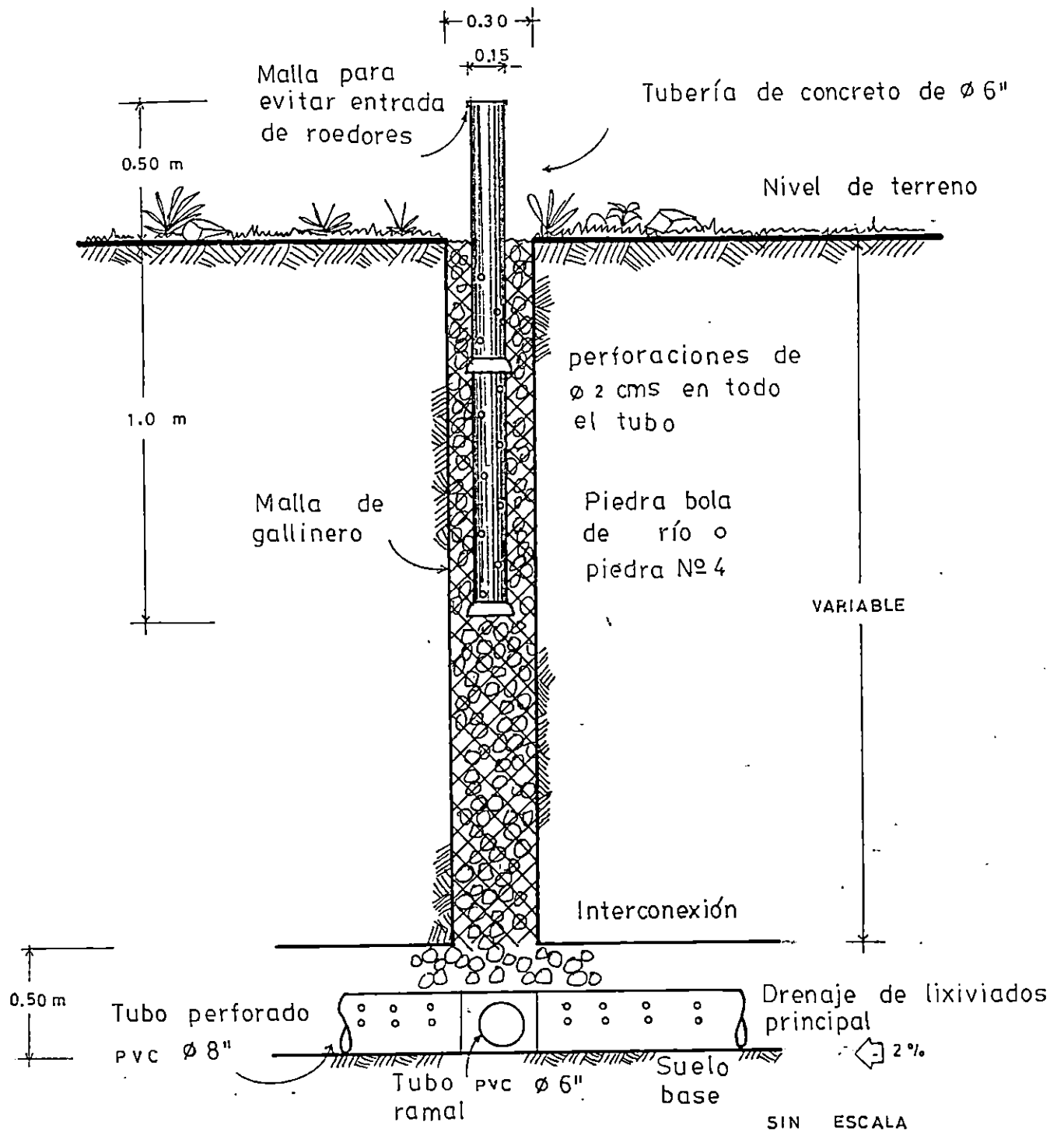


FIG. N<sup>o</sup> 6.6  
 DETALLE DE CHIMENEA DE GASES

### 6.3.7 Instalaciones Auxiliares.

Deben ser pequeñas y sobre todo de bajo costo, enseguida se describen las construcciones necesarias para la operación y control del R.S.

#### Cerco.

El área del relleno debe protegerse con una cerca perimetral, ya que en el lugar es regular la presencia de semovientes (anteriormente el terreno se usaba para pastar ganado), la cerca impedirá el libre acceso del ganado al interior. El cerco será de Malla Ciclón calibre 12 de 60" y postes de concreto rectos de 15x15 cms de 2.50 mts. de altura, y separados cada 3.00 mts., este cerco se construirá sólo en el perímetro que esta enfrente de la calle de acceso, que son 547.62 metros lineales, tramo comprendido entre los mojonés M-33 a M-20. Cada esquina o cambio brusco de dirección de cerco se apuntalará con 2 postes diagonales. El resto del cerco, 1726.63 metros lineales, se construirá con 6 hilos de alambre de púas # 14, fijados en postes de concreto de 15x15 cms. de sección, separados cada 2.50 mts. El poste será enterrado 0.50 mts. y la separación entre cada hilo será de 0.30 mts.

Se construirán 2 portones, uno en la entrada y otro en la salida del relleno, ambos serán de malla ciclón calibre 12, lámina de 1/16" y tubo de 1". Ver detalle en Figura N<sup>o</sup> 6.7

Es también necesaria la siembra de arbustos para dificultar la visión de vecinos y transeúntes, se recomienda plantar árboles de crecimiento rápido ( pino, laurel, bambú, eucalipto, etc. ).

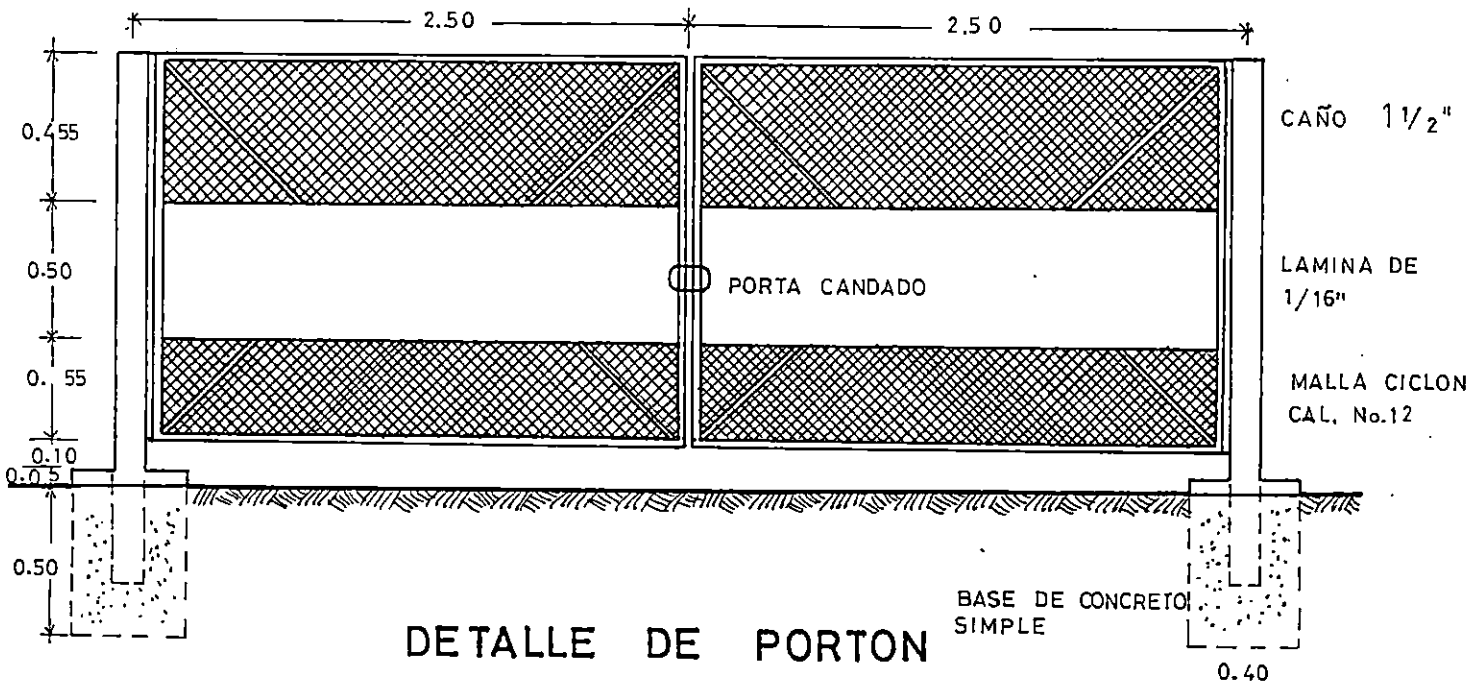
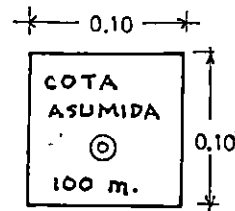
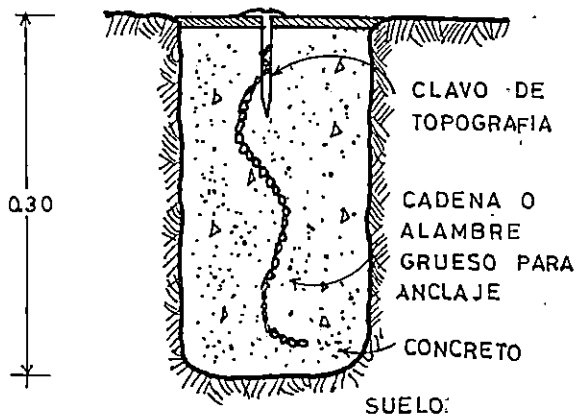
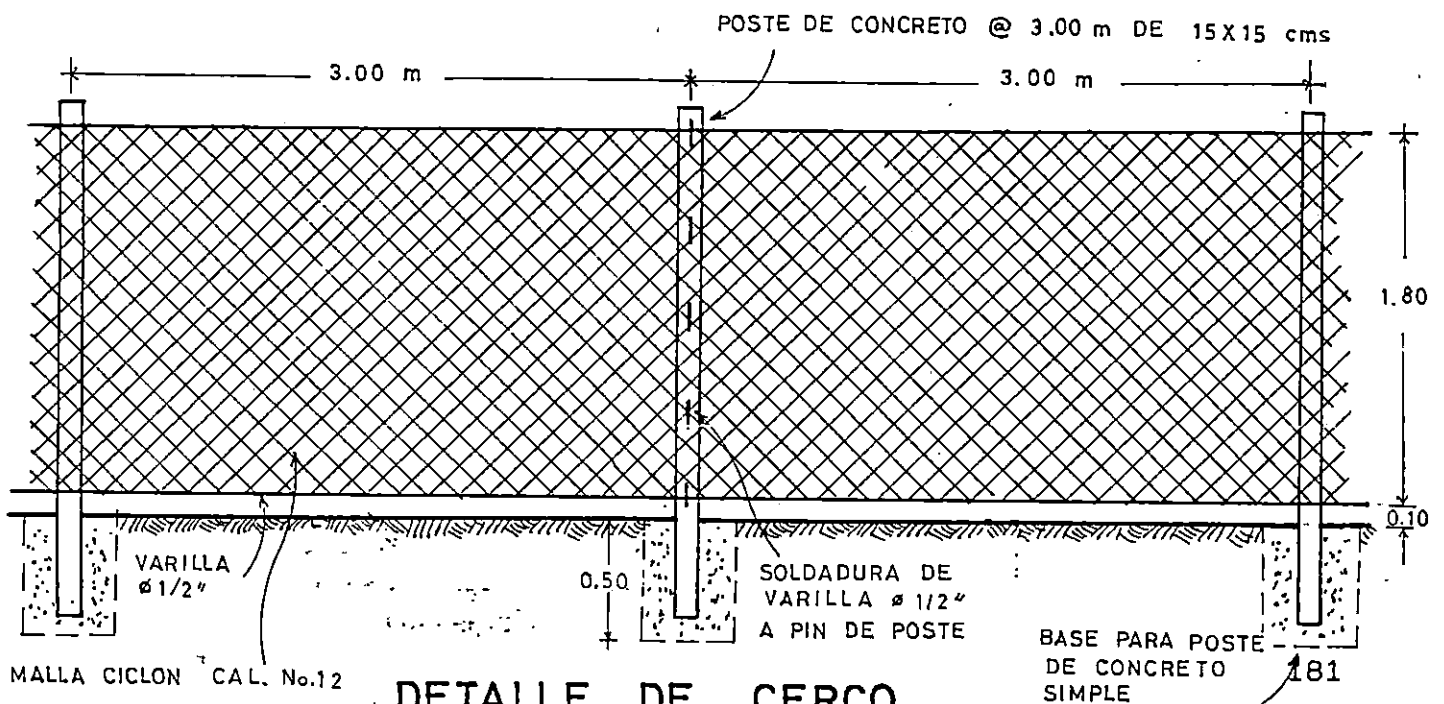


FIG. N° 6.7



**DETALLE DE BANCO DE NIVEL**

SIN ESCALA  
COTAS EN METROS



**DETALLE DE CERCO  
CON POSTE DE CONCRETO Y MALLA**

### Caseta de Control.

Ubicada en la entrada principal, usada, para el control de ingreso de vehículos al relleno, se recomienda construirla de material prefabricado, la municipalidad puede solicitarla como donación a las empresas encargadas de la construcción de materiales prefabricados a cambio de propaganda para dicha empresa. Se sugiere un área de 2 x 2 m para la caseta. Contiguo a la caseta de control se instalará la báscula.

### Oficina Administrativa.

La cual va a hacer usada por la jefatura y administración; así mismo, deberá contar con un espacio para que los trabajadores puedan resguardarse, calentar sus alimentos, comedor, cambiarse de ropas, lugar para guardar las herramientas. También deberá tener un local para almacenamiento de repuestos, combustibles, lubricantes y materiales diversos. Se sugiere un área de 4 x 6 m, distribuida como se muestra en la Fig. N° 6.8

### Servicios Sanitarios.

Para la localización del terreno, las instalaciones sanitarias representan una dificultad ya que no hay servicios de alcantarillado. Se recomienda la construcción de un sistema apropiado como por ejemplo, fosa séptica, letrinas aboneras, ejecutadas en coordinación con la municipalidad y el



Ministerio de Salud, además la construcción de un dispositivo para almacenamiento de agua es indispensable.

Local para Abrigo de Equipo y Tanque de Combustible.

Area techada con madera y lámina galvanizada de aproximadamente 10 x 6 m, con una altura de 4 m.

Cartel.

En la entrada del proyecto es conveniente colocar un cartel que lo identifique ante la comunidad, esto le da garantía a los vecinos, de la disciplina y responsabilidad de la municipalidad. Podría pedirse como donación a alguna empresa dispuesta a colaborar con la preservación del medio ambiente, además es recomendable ubicar carteles interiores, indicando el sentido del tráfico, sitios de descarga, reglamentos, etc.

A continuación se muestran los detalles de las instalaciones auxiliares.

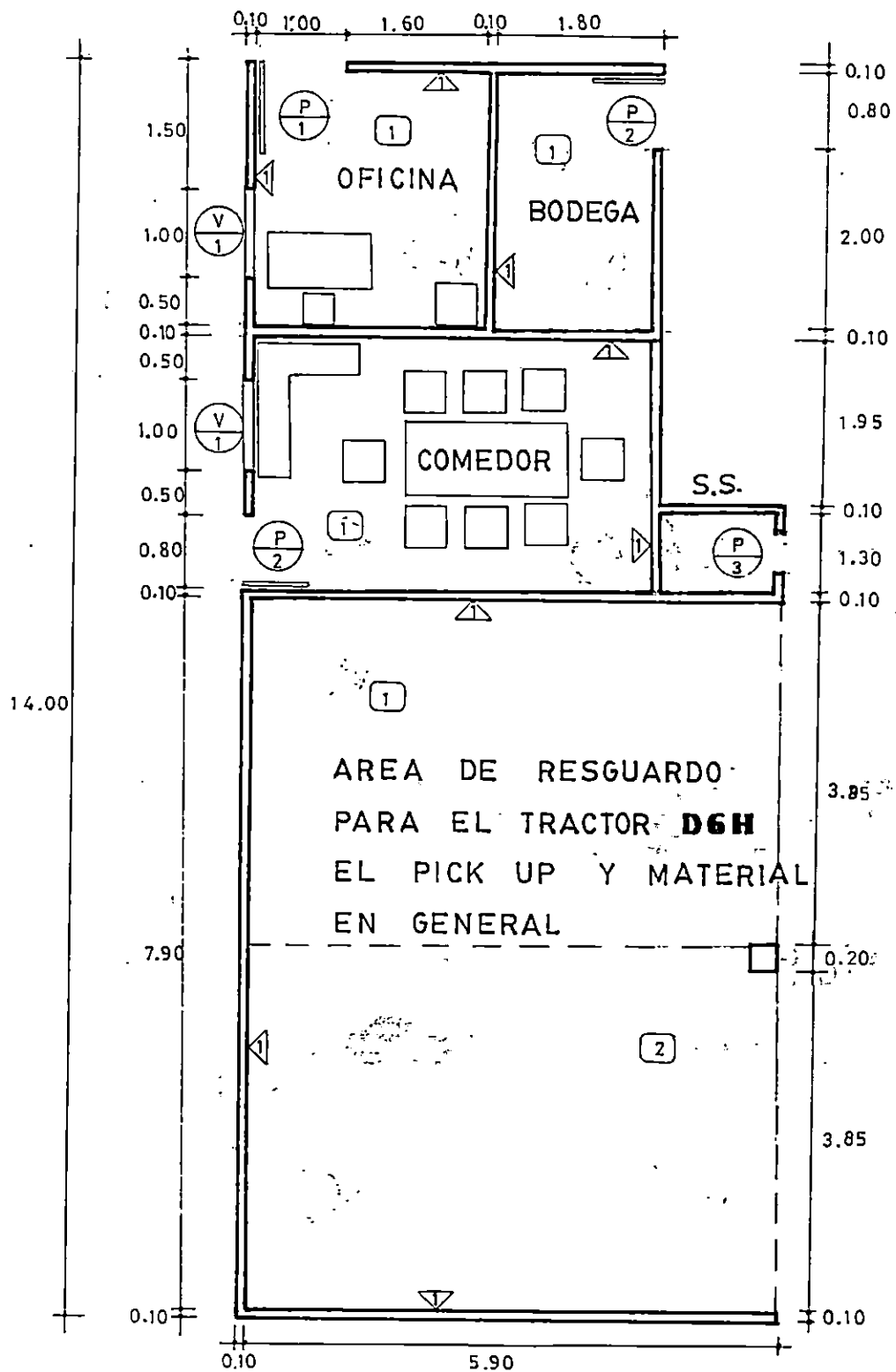
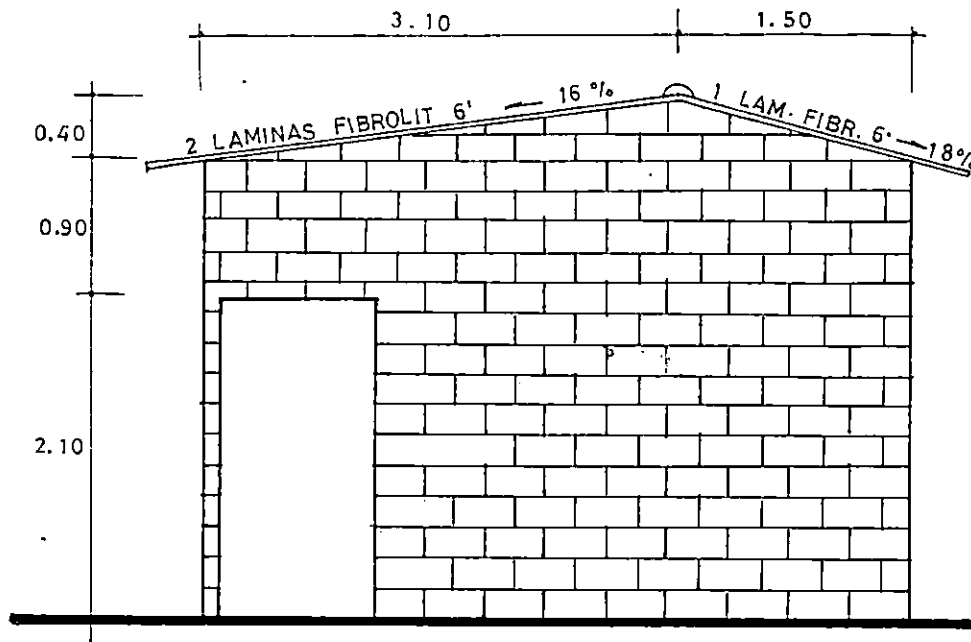


FIG. N° 6.8  
 PLANTA ARQUITECTONICA

ESC. 1:75

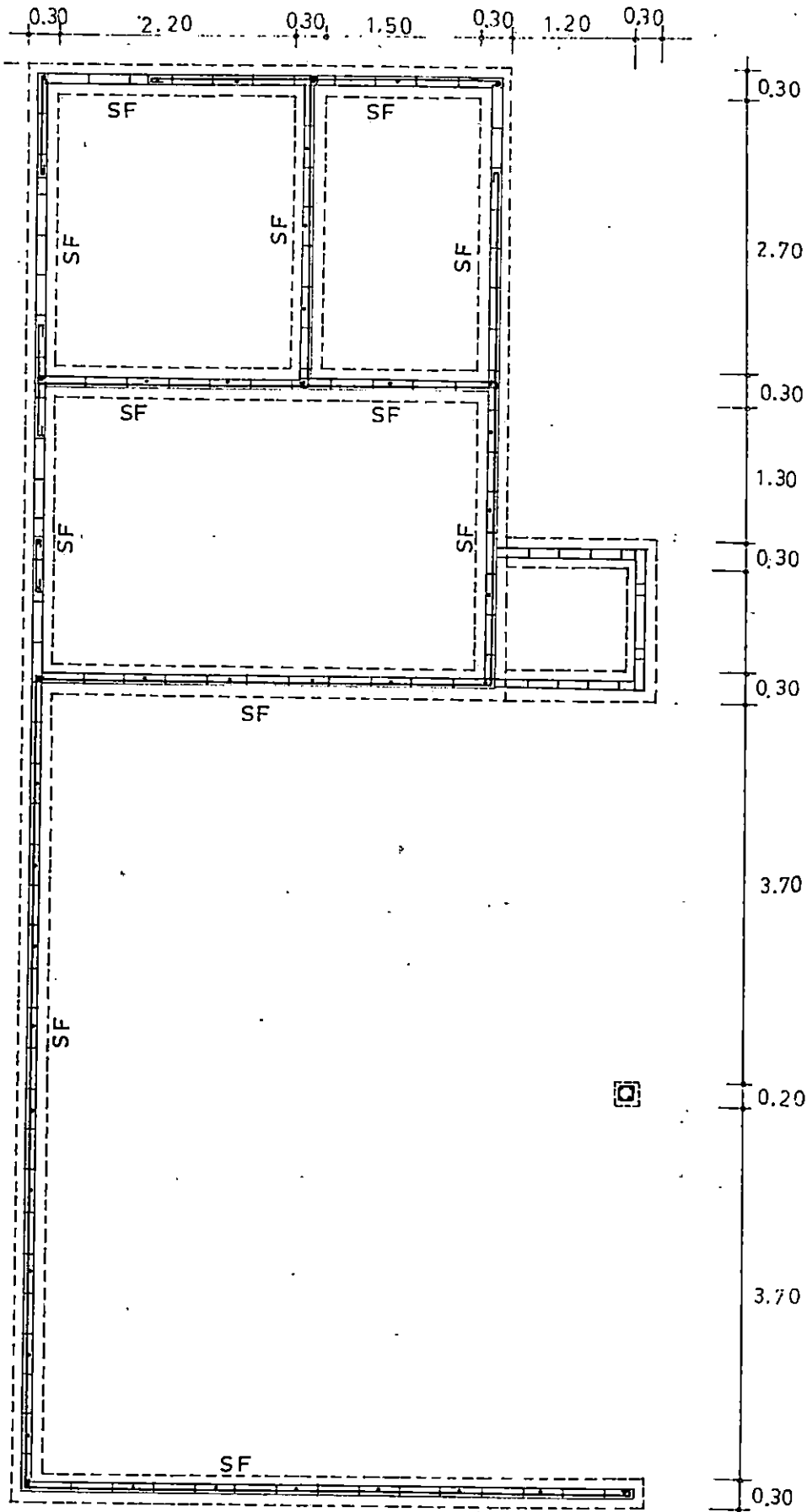


## ELEVACION POSTERIOR

ESC. 1:50

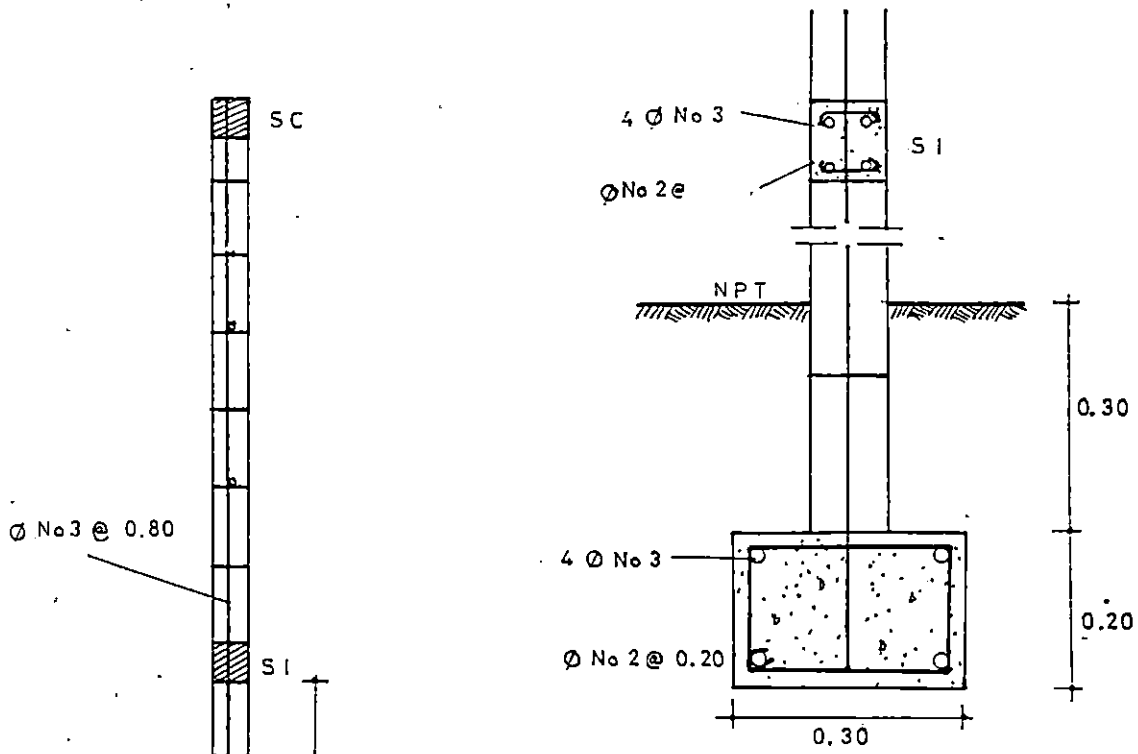
ACABADOS					
1	PARED DE BLOQUE SALTEx 10X20X40				
1	PISO ENCEMENTADO				
2	PISO DE TIERRA				
P	PUERTAS	TIPO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD
		1	1.00	2.10	1
		2	0.80	2.10	2
		3	0.50	1.80	1
V	VENTANAS 1X1 m BALCON $\phi$ 3/8				

FIG. N° 6.9

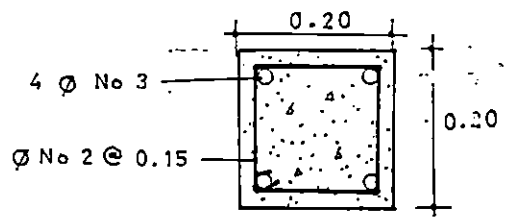


PLANTA DE FUNDACIONES

FIG. Nº 6.10



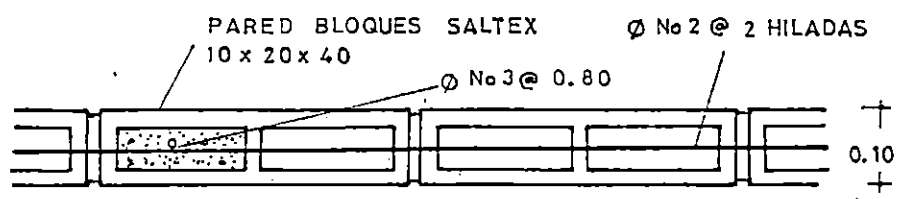
SOLERAS DE FUNDACION  
INTERMEDIA Y DE  
CORONAMIENTO



ESC. 1:10

DETALLE DE COLUMNA

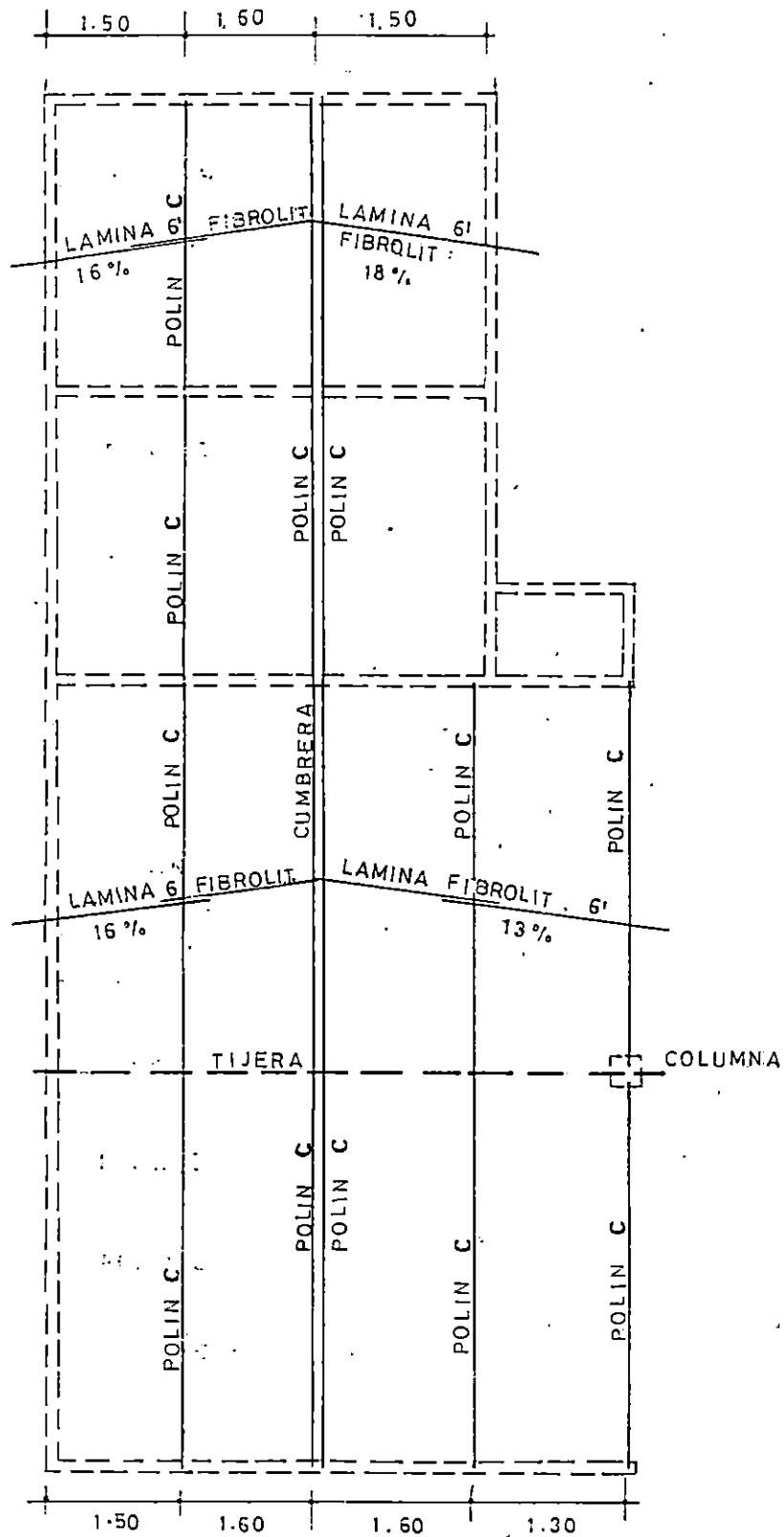
ELEVACION  
ESC. 1:20



PLANTA ESC. 1:10

FIG. Nº 6.11

ARMADO TIPICO DE PARED



# PLANTA ESTRUCTURAL DE TECHOS

FIG. N°6.12

ESC. 1:75

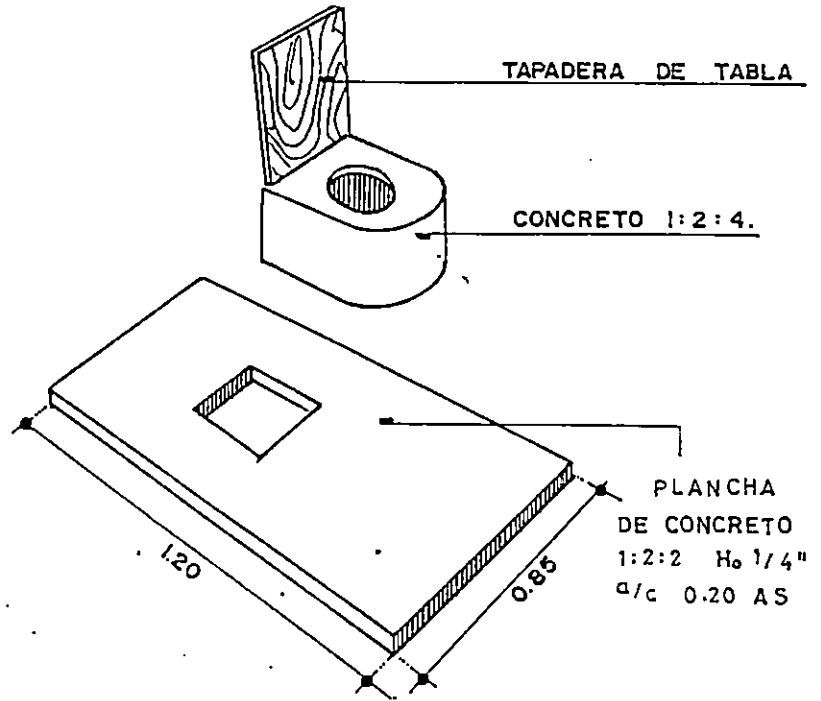
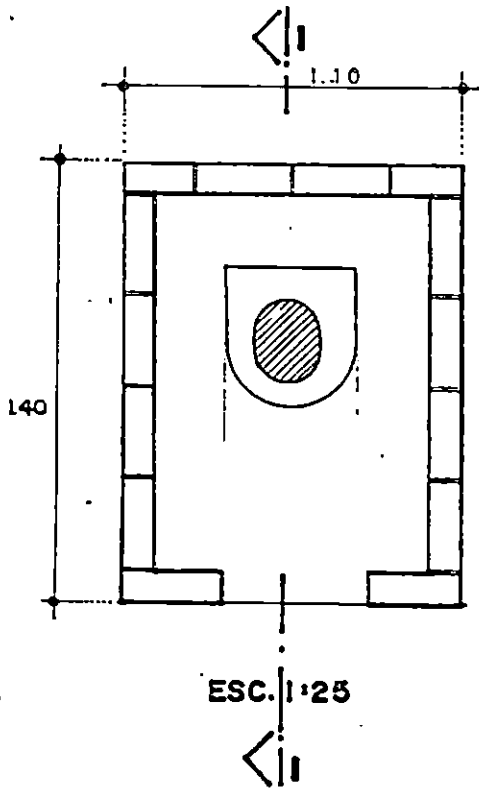
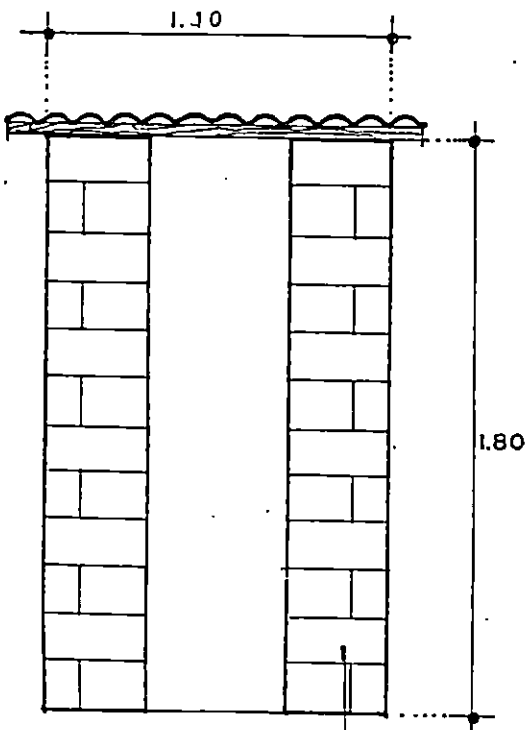
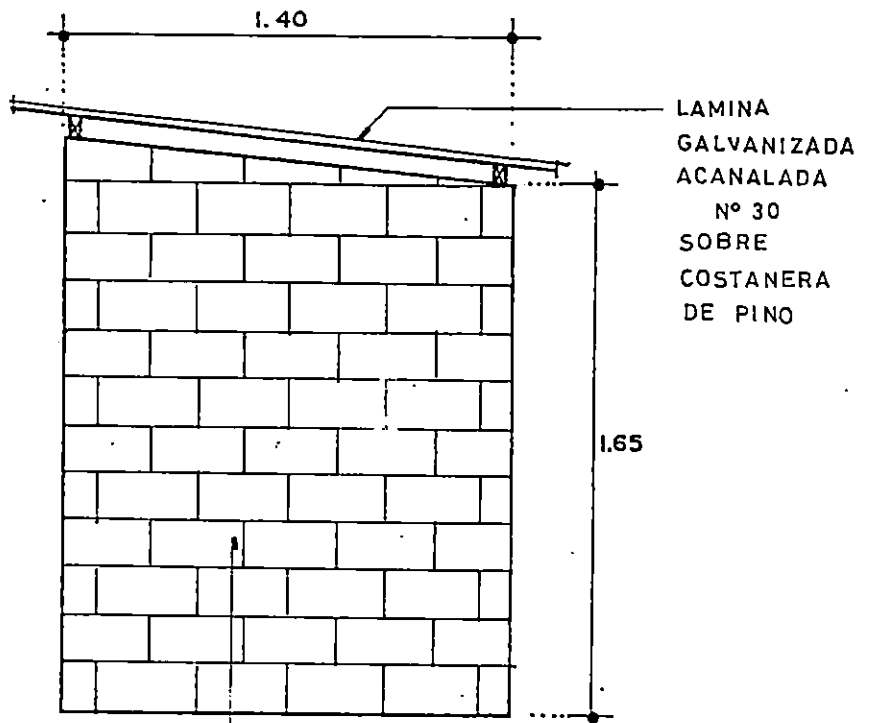


FIG. N° 6.13

**PLANTA Y DETALLES DE LETRINA DE FOSA**

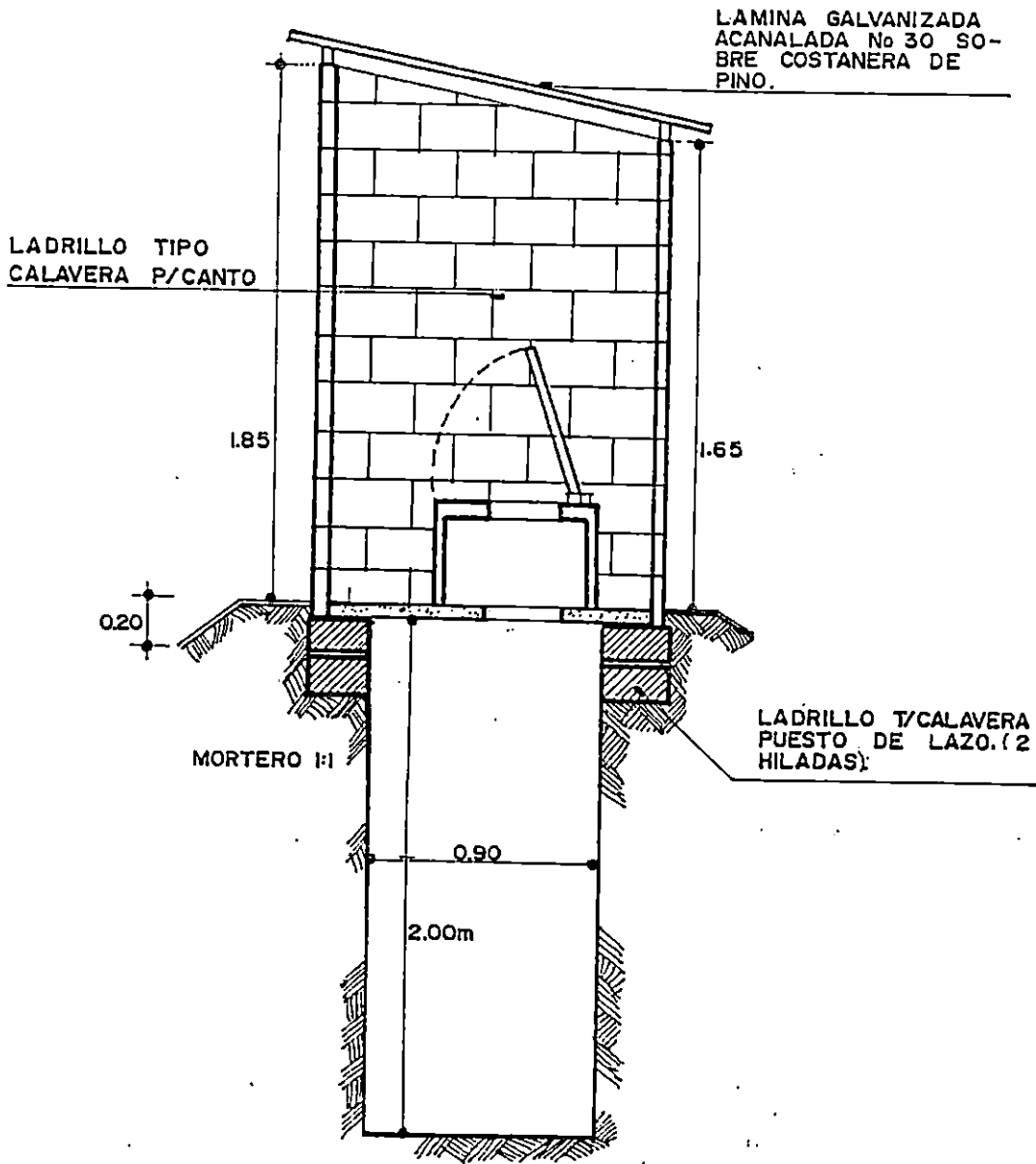


**VISTA  
FRONTAL**



**VISTA  
LATERAL**

LADRILLO DE BARRO T/CALAVERA PUESTO DE CANTO.



SECCION  LETRINA DE FOSA ESC. 1:25

FIG. N° 6.14



#### 6.4 OPERACION

De nada sirve un buen diseño, si las operaciones de éste no se ejecutan en forma adecuada. La gran duración en la construcción de un R.S. es el principal factor por el que se debe prestar la debida atención a las actividades de operación.

Los principios básicos de operación del R.S. son:

- Depositar la basura de una manera planeada y controlada
- Esparcirla y apisonarla en capas delgadas para reducir su volumen.
- Cubrir el material con una capa de tierra
- Apisonar la cubierta de tierra.

Todas las actividades anteriores deben de estar bajo una supervisión calificada y permanente.

Una vez definido en el diseño el método de R.S. más apropiado, habrá que considerar otros aspectos que forman el Plan de Operaciones, los cuales son:

- Designación de frentes de trabajo.
- Material de cobertura.
- Compactación.
- Flujo de vehículos y procedimientos de descarga.
- Equipo.

- Recursos humanos.
- Horario de trabajo.
- Seguridad en el trabajo.

A continuación se detallan cada uno de los factores anteriores.

#### 6.4.1 Operación de los Tipos de R.S. en los Frentes de Trabajo.

##### 6.4.1.1 Operación del Relleno Tipo Area.

- Los camiones descargarán los desechos directamente en el frente de operación, entrando por el acceso hasta el fondo de la terraza (nivel 84 msna).
- Los desechos son esparcidos y compactados en la base del talud y se apisona contra él, las capas de basura pueden ser de 0.20 a 0.30 mts., la compactación se efectúa por repetidas pasadas del tractor sobre los desechos, aproximadamente de 4 a 5 pasadas.
- Recubrimiento de tierra de 0.15 mts. al final de la jornada, conservando una pendiente de unos 30° en el talud y de 1 a 2% en la superficie.
- Recubrimiento intermedio con tierra entre celdas de 0.30 a 0.40 mts. de espesor; como la terraza es de 5 mts. de profundidad se dispondrán 2 celdas de basura

compactada de 2.10 mts. con un recubrimiento entre ellas de 0.30 mts., la cobertura intermedia cada 2 celdas será de 0.40 mts.

- Recubrimiento superior de 0.60 mts., agregando 0.20 mts. de tierra negra por la siembra de arbustos, pasto y plantas de raíces horizontales.
- Siembra de grama, en hileras a un espaciamiento no mayor de 10 cms, sembrado sobre la capa de tierra vegetal no menor de 10 cms de espesor.

Se ha establecido que antes del recibimiento de desechos sólidos en el R.S., se necesita construir la infraestructura y otras obras, esto se puede llevar a cabo en el orden de unos seis meses. Sin embargo, existe un problema más importante que resolver, al comprar la municipalidad el terreno, se comenzó a disponer de él como botadero abierto, sin control alguno, llevando aproximadamente unos once meses de operar de esa forma.

Es necesario disponer en forma sanitaria este volumen de basura, se recomienda cubrir inmediatamente con una capa de tierra de 0.60 mts. mínimo estos desechos, las curvas de nivel se modificarán un poco, hay que levantar localmente el terreno para corregir los niveles. Otra solución podría ser iniciar con el método de trinchera y disponer este volumen de desechos en las zanjas, mientras se prepará el terrreno para la

aplicación de la técnica de área en las zonas previstas.

En cualquier caso es de considerar al menos 3 meses para la remoción de estos desechos.

#### 6.4.1.2 Operación del Relleno Tipo Trinchera.

- Se excava una zanja con ayuda de retroexcavadoras, en posición normal a la dirección de 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 afuera del área de operación, para esto se abre un extremo de la zanja .
- Se vacía la basura, en el fondo de la zanja, para empezar a esparcir y compactar por capas.
- Recubrimiento diario en capas de 15 cm. inclinadas según la pendiente de drenaje (3%).
- Recubrimiento superior de 0.60 mts.
- Siembra del relleno.

Para obtener el material de cobertura para el recubrimiento, se pueden realizar cualesquiera de las siguientes operaciones:

- \* Excavar toda la zanja y poner en camellones el material de cobertura a lo largo de los lados hasta que se necesite.
- \* Excavar sólo lo suficiente para proporcionar el espacio para un sólo día de trabajo y cubrirlo con tierra. Esto se llama método de zanja progresiva... que puede requerir el manejo del material de cobertura sólo una vez.
- \* Excavar una segunda zanja en segmentos paralelos a la primera y usar el material excavado para cubrir la primera zanja.

Para aprovechar el terreno, se construirá una zanja en forma total o progresiva, apilando el material, una vez terminada, se dejará la separación, y se construirá otra zanja.

#### 6.4.2 Material de Cobertura.

##### \* Colocación.

Se establecen tres tipos de cobertura:

Cobertura Diaria. Con una altura mínima compactada de 0.20 mts., sirve para controlar los vectores, evitar que el viento arrastre papeles y plásticos, minimizar la humedad en la basura ( humedad del aire y de la lluvia ).

Cobertura Intermedia. Además de controlar la humedad y los vectores, sirve para el tráfico de los vehículos y le da estabilidad a las chimeneas para los gases, por lo que se recomienda una altura mínima compactada de 0.30 - 0.40 mts. y debe colocarse cada semana, se tiene que vigilar esta cobertura por la erosión y asentamientos producidos en los primeros meses.

Cobertura Final. Se exige un espesor de por lo menos 0.60 mts. compactados en capas de 0.15 mts., esta capa debe sostener vegetación, se le debe dar una pendiente entre 2 - 4% , de más de 4% producirá erosión, los bordes estarán en una relación vertical-horizontal de 1:3.

Una regla práctica para estimar la cantidad necesaria de material de cobertura es de 1 m<sup>3</sup> de tierra por cada 4 m<sup>3</sup> de desechos compactados en el lugar.

### 6.4.3 Compactación.

La densidad en el sitio, de los desechos más compactados dentro de una celda debe ser por lo menos de 472 kg/m<sup>3</sup> (Sanitary Landfill and Operation, EPA, USA).

Un relleno bien construido puede tener una densidad tan alta como 855 kg/m<sup>3</sup>, con un esfuerzo moderado de compactación se puede esperar entre 472 y 590 kg/m<sup>3</sup>.

En nuestro medio se tienen los siguientes valores:

basura suelta . . . . .	200-300 kg/m <sup>3</sup>
en carro compactador . . . . .	500 kg/m <sup>3</sup>
descargada en el sitio de relleno . . . . .	400-500 kg/m <sup>3</sup>
compactada o estabilizada en el relleno . .	500-600 kg/m <sup>3</sup>

Entre los factores que afectan la compactación tenemos:

- Espesor de las capas de desechos. Los desechos deben esparcirse en capas de no más de 0.6 mts.
- Número de pasadas. Se deben de efectuar de 3 a 5 pasadas; más de 5, puede resultar antieconómico.
- Pendientes. De 3:1 permiten la mejor compactación con bulldozer.
- Materiales difíciles. Es recomendable colocar los neumáticos de desecho en el fondo del relleno, cubriéndolos con escombros de demolición, también el alambre es otro material difícil, éste se debe empujar

hacia el pie del relleno y colocar sobre él, escombros para mantenerlo aplanado y evitar que se enrede en las máquinas.

- Contenido del agua. El agua afloja el papel y cartón, lo que permite una consolidación más apretada, también actúa como lubricante.

#### 6.4.4 Flujo de Vehículos y Procedimientos de Descarga.

Estas actividades deben ser controladas por el supervisor en los primeros días de iniciada la vida útil del R.S., posteriormente el encargado debe adiestrar al personal auxiliar, para que éstos retomen dichas actividades, las cuales son:

- Control de ingreso de desechos sólidos (Portería: 1 persona).
- Control del flujo de vehículos (Portería: 1 persona)
- Orientación del tráfico y descarga (2 personas).
- Descarga en el frente de trabajo (2 personas).

En las primeras semanas se evaluará el sistema empleado, detectándose los problemas del tráfico interno.

Se debe tener especial cuidado con las personas particulares que llegan a descargar basura, el supervisor debe asumir esta vigilancia para evitar el ingreso de desechos



sólidos no domiciliarios; en caso de descubrir esta clase de basuras, se recomienda tener un área para la disposición final, como por ejemplo, una zanja o trinchera.

También se recomienda el uso de banderolas (para los obreros) y la colocación de carteles internos para dirigir el tráfico.

El mecanismo a seguir para el flujo y descarga de vehículos, se resume de la siguiente manera:

- Los vehículos recolectores ingresan al R.S. pasando por el control de la portería.
- Inmediatamente son pesados, llevándose un registro para el archivo y elaboración de reportes.
- El supervisor tiene la autoridad de realizar inspecciones a los desechos sólidos para observar su procedencia.
- Los obreros indicarán el tráfico hasta el sitio de descarga.
- Los desechos sólidos deben descargarse en la parte más baja.
- El camión recolector debe abandonar el R.S. luego de la descarga.

Todo lo anterior se aplica a camiones del servicio de aseo, nacionales y particulares.

#### 6.4.5 Equipo.

##### 6.4.5.1 Determinación del Tipo y Cantidad de Tractores de Oruga para Compactar la Basura.

Cantidad de basura descargada en el sitio del relleno/día

$$CDR = \frac{Pob * PPC * Cob}{D_1}$$

Cantidad de tierra necesaria para cobertura/día

$$CTC = \frac{Pob * PPC * Cob * 0.25}{D}$$

Donde:

CDR = Cantidad de basura descargada en relleno (m<sup>3</sup>/día)

CTC = Cantidad de tierra para cobertura (m<sup>3</sup>/día)

Pob = Población total

Cob = Porcentaje de cobertura

PPC = Producción per cápita (Kg/hab-día)

D<sub>1</sub> = Densidad de basura descargada en el sitio de relleno (Kg/m<sup>3</sup>)

D = Densidad de basura compactada en relleno (Kg/m<sup>3</sup>)

La tierra de cobertura es un 25 % de la basura compactada en el relleno.

Para calcular el tipo y cantidad de tractores de oruga, se debe contar con los factores de rendimiento de cada modelo

como se indican en la siguiente tabla:

TAMANO DEL TRACTOR DE ORUGA	R E N D I M I E N T O ( m <sup>3</sup> /Hora )	
	BASURA	TIERRA
D4 (75 HP)	37	22
D6 (140 HP)	40	34
D7 (200 HP)	52	43
D8 (300 HP)	61	61

El tamaño y la cantidad requerida de tractores de oruga pueden ser obtenidas dividiendo el CTC y CDR por el factor de rendimiento.

$$\text{Caso 1 D4: } \left( \frac{\text{CDR}}{37} + \frac{\text{CTC}}{22} \right) * \frac{1}{\text{tiempo efectivo (horas)}} =$$

$$\text{Caso 2 D6: } \left( \frac{\text{CDR}}{40} + \frac{\text{CTC}}{34} \right) * \frac{1}{\text{tiempo efectivo (horas)}} =$$

$$\text{Caso 3 D7: } \left( \frac{\text{CDR}}{52} + \frac{\text{CTC}}{43} \right) * \frac{1}{\text{tiempo efectivo (horas)}} =$$

$$\text{Caso 4 D8: } \left( \frac{\text{CDR}}{61} + \frac{\text{CTC}}{61} \right) * \frac{1}{\text{tiempo efectivo (horas)}} =$$

Se escoge, el caso en donde el resultado de la ecuación se aproxime más a la unidad, sin pasarse de ella.

Datos:

Pob<sub>1995</sub> = 130,851 hab  
 PPC = 0.6517 kg/hab-día  
 Cob = 90 %  
 D<sub>1</sub> = 470 kg/m<sup>3</sup>  
 D = 570 kg/m<sup>3</sup>

$$CDR = \frac{(130,851)(0.6517)(0.90)}{470}$$

$$CDR = 163.3 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$CTC = \frac{(130,851)(0.6517)(0.90)(0.25)}{570}$$

$$CTC = 33.7 \text{ m}^3/\text{día}$$

CASO 1 D4:

$$\left( \frac{163.3}{37} + \frac{33.7}{22} \right) * \frac{1}{5} = 1.19$$

CASO 2 D6:

$$\left( \frac{163.3}{40} + \frac{33.7}{34} \right) * \frac{1}{5} = 1.01$$

CASO 3 D7:

$$\left( \frac{163.3}{52} + \frac{33.7}{43} \right) * \frac{1}{5} = 0.78$$

CASO 4 D8:

$$\left( \frac{163.3}{61} + \frac{33.7}{61} \right) * \frac{1}{5} = 0.6$$

Según la fórmula, se necesita un D7 (Caso 3), sin embargo, este equipo no es muy común en el medio, además de la experiencia obtenida en el enterramiento sanitario de San Salvador, se tiene que un tractor de orugas marca Caterpillar de la serie D6H con una potencia de 165 HP puede procesar hasta 40 toneladas métricas de desechos en una hora, con un consumo medio de combustible diesel de 5 gal/hora. Por lo tanto, para la ciudad de San Miguel, se recomienda la adquisición de un tractor de orugas D6, estimando una recolección del 90 % la cual equivale a 109.5 toneladas métricas de desechos sólidos por día.

Es recomendable que el tractor trabaje un máximo de 5 horas/día, atendiendo la experiencia en el relleno de San Salvador y por recomendaciones de la casa distribuidora, esto incluye preparación del material de cobertura y manejo de los desechos.

$$\text{Rendimiento} = (109.5 \text{ TM/día}) / (5 \text{ horas/día}) = 21.9 \text{ TM/hora}$$

Se describen las especificaciones generales de un Tractor de Cadena modelo CAT D6H WDA:

Potencia en el volante . . . . .	165 HP
Peso en orden de trabajo . . . . .	18 Ton
Modelo de motor . . . . .	3306
Ancho de la zapata estándar . . . . .	558 mm
Despejo sobre el suelo . . . . .	376 mm
Capacidad de la hoja SU* . . . . .	11.1 M3

\* Esta hoja topadora semi universal (SU) combina las características de la hoja S (recta) y la U (universal) en una sola hoja. El resultado es mejor retención de carga, mejor penetración en materiales muy compactados, capacidad de manejar gran variedad de materiales y lleva instalada (opcionalmente) una reja que aumenta la capacidad de empuje e impide que los desechos dañen el radiador.

A continuación se presenta un cuadro resumen del equipo que es necesario utilizar en el Relleno Sanitario:

EQUIPO A ADQUIRIR	CANTIDAD	OBSERVACIONES
Tractor de Cadenas D6H	1	Esparcir y compac.
Camión de Volteo	1	Mover mat. cober.
Báscula de 300,000 kgs.	1	
Equipo de radio	1	
Pick up	1	Para uso general
Carretillas	5	
Palas	5	
Azadones	5	
Piochas	5	
Baldes	5	
Rastrillos	5	
Tanque con bomba para Combustible	5	
Barriles	4	
Motoniveladora	1	Se alquilará

Se recomienda el mantenimiento preventivo del tractor D4 propiedad de la municipalidad, y que actualmente labora en el vertedero, esto, con el objetivo de mantener una máquina de reserva; por lo anterior, se debe incluir junto con la adquisición del tractor D6H el correspondiente juego de repuestos para éste y para el D4H.

#### 6.4.6 Recursos Humanos.

El personal que se sugiere para el relleno sanitario de la Ciudad de San Miguel es el siguiente:

- 1 ENCARGADO DEL R.S.

Se recomienda contratar un Ecotecnólogo, Técnico en Saneamiento o un estudiante de ingeniería civil, sino se dispone de un individuo con los conocimientos mencionados, la persona para el cargo, debe ser adiestrada adecuadamente y ser capaz de proponer y desarrollar soluciones acertadas y rápidas, contando siempre con el apoyo de los Promotores de Saneamiento del Ministerio de Salud.

- 1 OPERADOR TRACTOR.

Un tractorista experimentado, de preferencia que haya laborado en anteriores enterramientos sanitarios.

- 1 AYUDANTE DE TRACTORISTA.

También será responsable de conducir el camión-cisterna y el Pick-Up de uso general.

- 1 VIGILANTE.

- 1 OPERADOR BASCULA

- 4 OBREROS

Este personal tiene como funciones, auxiliar al encargado, controlar tráfico interno y sitios de descarga, recoger los desechos arrastrados por el viento, sofocar pequeños incendios, realizar tareas de limpieza a las instalaciones, mantenimiento de vías de acceso y drenajes, etc.

El Ministerio de Salud en coordinación con la municipalidad deberá preparar al personal anterior en materia de primeros auxilios, contaminación ambiental, prevención de accidentes (incendios esporádicos, deslizamientos de taludes, etc.) y seguridad en el trabajo.

#### 6.4.7 Horario de Trabajo.

Para el R.S. se establece el siguiente horario:

7:30 AM - 12:30 PM            1:30 PM - 4:30 PM

El tractor de cadena se recomienda que trabaje de 4-5



horas, de acuerdo a la experiencia en enterramientos anteriores y recomendaciones de la casa distribuidora para cumplir con el tiempo de vida útil estimado, entonces la jornada efectiva de trabajo en el relleno es de seis horas, el tiempo restante se ocupará en recoger la basura regada y mantenimiento en general.

El horario del servicio de recolección debe ajustarse de tal manera, que no lleve desechos fuera del horario de servicio del R.S., de lo contrario se tendrá siempre basura regada por el viento dándole mal aspecto al lugar.

#### 6.4.8 Seguridad en el Trabajo.

Es necesario que el supervisor encargado del relleno sanitario desarrolle un reglamento de seguridad, generalmente los accidentes de trabajo ocurren por dos causas: condiciones inseguras de trabajo y negligencia del obrero.

Cualquier intento de elaborar un reglamento, debe pasar el visto bueno de las autoridades en salud, ya que el principal peligro a que están sujetos los trabajadores es a contraer una enfermedad infecto-contagiosa por estar expuestos a desechos potencialmente contaminados.

De cualquier manera, un reglamento de seguridad laboral debe de contemplar al menos lo siguiente:

- Cuando se manejen los desechos manualmente, los trabajadores

- deben de estar provistos de guantes, uniforme (overol), botas y mascarillas.
- No se deben programar jornadas muy largas, por la fatiga y demasiada exposición hacia los desechos.
  - Prohibir ingerir bebidas alcohólicas y/o drogas durante la jornada de trabajo, a menos que sean por prescripción médica, la cual debe de reportarse al supervisor.
  - Tratar de evaluar las causas de accidentes de trabajo más comunes en otros rellenos y adoptar las medidas preventivas del caso.
  - Proveer al personal, las instalaciones necesarias, para ducharse, asearse y cambiarse de ropa, a fin de no llevar a sus hogares cualquier clase de contaminación.
  - Establecer un programa de exámenes médicos, para que puedan ser identificados los riesgos potenciales de contaminación.
  - Es imprescindible mantener un botiquín de primeros auxilios y que el personal sepa administrarlos.
  - Prohibir fumar en el frente de trabajo o cerca de éste.
  - Equipar todas la máquinas del R.S. con extintores.
  - Si se admite acceso al público o descargadores privados, se deben establecer mecanismos extras como por ejemplo, acompañarles por un vigilante.
  - Debe de existir teléfono o radio.
  - Contar con letreros para indicar el tráfico de vehículos y reglamentos de seguridad.

## 6.5 MANTENIMIENTO.

La eficiencia de un Relleno Sanitario está íntimamente ligada a su mantenimiento. A continuación se destacan los aspectos de rutina de mayor importancia a considerar:

### 6.5.1 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 moscas son agentes transmisores de organismos patógenos causantes de enfermedades como las que se mencionan a continuación:

Ratas : Peste Bubónica, Tifus Murino, Rabia, Enfermedades diarreicas, Disenterías.

Moscas : Fiebre Tifoidea, Salmonellosis, Disenterías, Diarrea.

Cucarachas : Fiebre Tifoidea, Gastroenteritis, Disenterías, Diarrea, Amibiasis, Intoxicación alimenticia.

Mosquitos : Malaria, Fibre Amarilla, Dengue, Encefalitis vírica.

Zopilotes : Toxoplasmosis.

Las medidas de control consisten en evitar que los vectores tengan acceso a lugares donde exista basura que les sirva 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 debe ni puede hacerse con insecticidas, su empleo no sólo origina la contaminación del ambiente, sino que también desarrolla en las moscas la resistencia a los insecticidas. Sin embargo, se puede fumigar el área del relleno, con una debida periodicidad y precaución en cada caso.

#### 6.5.2 Control de Gases explosivos.

El encargado del relleno debe asegurarse que la concentración de gas metano se mantenga por debajo del 25% del \* LIE en todas las estructuras del relleno, exceptuando las del sistema de ventilación de gases. Hay que implementar un programa de monitoreo de gases, especificando: el tipo y frecuencia del muestreo, de acuerdo con el suelo, hidrogeología. La frecuencia mínima permitida de un muestreo es cada 3 meses.

\* El Límite Inferior de Explosividad (LIE) es la menor concentración de la mezcla de gases en el aire que produce un flamazo a 25°C de temperatura y a 1 atm. de presión.

#### 6.5.3 Control de Incendios.

Se deben evitar las quemas de papel, cartón, plásticos, etc., de cualquier manera, son necesarios extintores y agua disponible.

#### 6.5.4 Control de Polvo.

El polvo es un peligro para la salud de los trabajadores y vecinos, además causa deterioro a la maquinaria. Se controla con un riego periódico de agua o con la adición de cloruro de calcio en la proporción de 0.25 kg/m<sup>2</sup>. El rociamiento de aceites usados sobre la superficie de los caminos ( vías de acceso ) a 2 lts/m<sup>2</sup> da resultados muy positivos en suelos permeables, si los suelos son arcillosos el terreno podrá ser escarificado y mezclado con el aceite y luego compactado.

#### 6.5.5 Material Disperso.

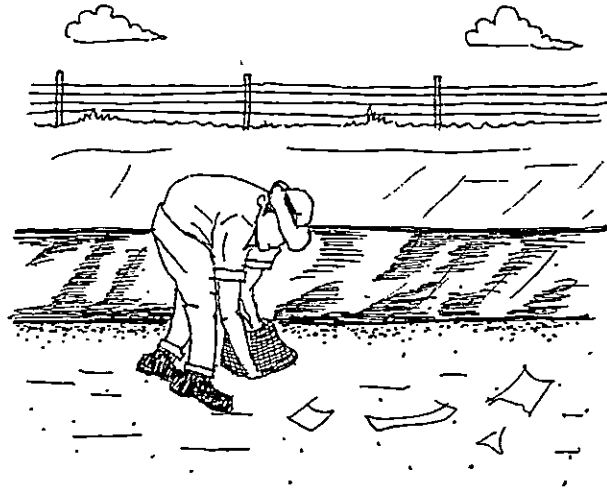
Brinda un mal aspecto a la apariencia estética del relleno, a nadie le gusta el reguero de basura; el objetivo principal es controlar la basura esparcida por el viento.

Medidas:

- Papeles y plásticos se tienen que recoger al término de la jornada diaria.
- Instalar mallas de tela ciclón portátiles cerca de los lugares de descarga.
- Prohibir el acarreo al relleno de cargas descubiertas.
- Cubrir las porciones de franjas a medida que se construyen.
- Planear el trabajo de tal manera que los desechos sólidos se depositen hacia el viento y se presen

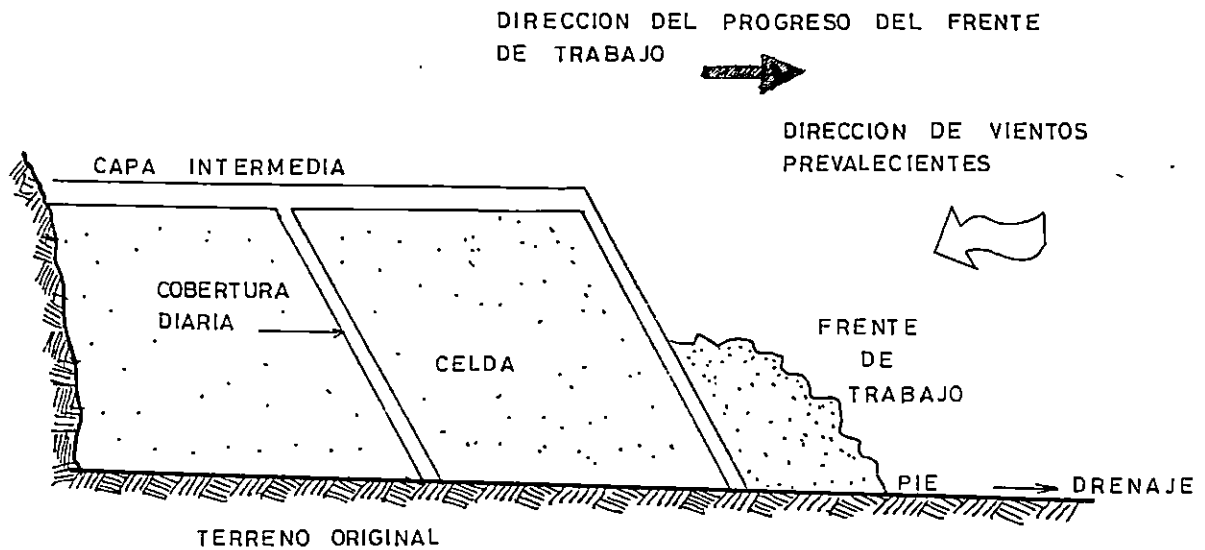
contra la superficie del frente de trabajo reduciendo su velocidad. (Ver figura No. 6.15)

- Sembrar las zonas terminadas con plantas que proliferen rápidamente.



RECOLECCION DE MATERIAL DISPERSO EN EL AREA DEL RELLENO

FIG. N° 6.15



FRENTE DE TRABAJO APROPIADO

#### 6.5.6 Accesos.

Las vías de acceso y redes de drenaje pluvial, deben mantenerse en buenas condiciones operativas, deben de almacenarse piedras, restos de demolición, balastro y tierra adecuada para construir caminos de emergencia en épocas de lluvias torrenciales.

#### 6.5.7 Contaminación de Aguas Superficiales.

Se debe conservar en buen estado el drenaje pluvial periférico, para evitar el desbordamiento de las aguas hacia estanques y corrientes de aguas naturales.

#### 6.5.8 Control de Desechos Peligrosos.

Esta operación debe de estar a cargo del supervisor, el cual tiene que diseñar el procedimiento a seguir para prevenir y detectar la disposición de desechos peligrosos. El plan deberá contener como mínimo:

- Programa de inspecciones al azar, al ingreso.
- Inspección de cargas sospechosas, especialmente las de origen industrial.
- Mantenimiento de archivos.
- Entrenamiento del personal.
- Procedimientos de notificación a las autoridades en caso de descubrir cargas de desechos peligrosos.



En caso de detectar desechos peligrosos de procedencia claramente domiciliaria, la incineración es beneficiosa, ya que cambia la composición física, química o biológica del material orgánico peligroso convirtiéndolo en material inofensivo o reduciendo su volumen, encerrando las cenizas en materiales como arcilla, bentonita o en forros de membrana plástica y flexible. Y en caso de detectar desechos peligrosos de otra procedencia, se debe negar la disposición final en el relleno y notificar al Ministerio de Salud.

#### 6.5.9 Monitoreo de Aguas Subterráneas.

Aunque se cuente con una material impermeable en la fundación del R.S., y el espesor por encima del nivel freático sea mayor de 1m., es recomendable poner en ejecución un sistema de monitoreo de la calidad de las aguas subterráneas.

El programa de monitoreo debe tener como resultado una serie de datos que den una idea precisa de las condiciones del acuífero, aguas abajo y aguas arriba del relleno. Por lo que el monitoreo debe iniciarse antes de entrar en operación el relleno.

Los parámetros principales que deben ser controlados sobre la calidad del agua, son entre otros:

- D Q O
- Hierro, Magnesio y Plomo
- Potasio, Arsenico, Cadmio
- Amoníaco ( como N )
- Nitrato ( como N )
- Conductividad

- Sólidos Totales Disueltos
- Fósforo, Sodio, Cianuro
- Carbono Orgánico Total
- Calcio
- pH
- Cloruros y Sulfatos

El parámetro principal a monitorear es el factor pH, una variación de este valor aguas abajo, es señal de alguna contaminación en el acuífero, posteriormente se realizan las pruebas de los otros parámetros.

Dada la existencia de pozos de agua en funcionamiento en el lugar, se puede realizar el monitoreo en ellos.

Se recomienda a la municipalidad, contactar con el departamento encargado de estos análisis de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados, para la realización del muestreo y procesamiento de la información.

#### 6.5.10 Control de Hurgadores de Basura.

La presencia de hurgadores en el R.S. ocasiona atrasos y accidentes de trabajo, por lo que debería estar prohibida; sin embargo, es difícil controlar a estas personas, más aún, si no se tienen cercos, ni vigilancia. Se recomienda establecer estrictas medidas de seguridad para evitar la entrada de niños, ancianos y animales.

La municipalidad debería promover programas de inserción a estas personas en la sociedad, mediante programas de Reciclaje de desechos potencialmente reutilizables en el origen.

#### 6.5.11 Registros e Informes.

El informe diario de cada unidad recolectora debe de comprender al menos la capacidad del camión, kilometraje, peso, volumen y otros datos pertinentes. Ver Tabla Nº 6.4.

Es recomendable, en la medida de lo posible, pesar todas las cargas, ya que las frecuentes comprobaciones del peso, lanzan información referente al mismo, ya que éste varía considerablemente según el clima, época del año, etc.; además, estas comprobaciones podrían determinar si la ruta de recolección se efectúa a cabalidad.

También se necesita información de desechos no recogidos y las razones para ello; los nombres de cada empleado de la unidad recolectora, horas trabajadas, estado del tiempo; así mismo, datos de recolectores particulares, y alguna otra información que pueda servir para mejorar el sistema de recolección de la ciudad.

La información debe ser llevada diaria en una bitácora y se presentarán los informes mensuales y anuales. Es obligación mantener archivos en los que se tenga a la mano lo siguiente:

- Todos los resultados y datos de monitoreo de gases o aguas subterráneas.
- Procedimientos de inspección para detección de desechos peligrosos.

6.5.12 Mantenimiento posterior a la Clausura del Relleno Sanitario.

Se debe vigilar, durante los primeros 15 años posteriores al cierre, lo siguiente:

- i) Mantenimiento de la cubierta, incluyendo el funcionamiento de los sistemas de control de escorrentías.
- ii) Operación del sistema de control de lixiviados.
- iii) Monitoreo de aguas subterráneas.
- iv) Sistema de monitoreo de gas.

Durante los siguientes 15 años solamente pueden vigilarse los puntos (iii) y (iv).

TABLA N° 6.4

Camión No.	Capacidad	Km. Recorrido	Tipo	Peso	Volumen	Observaciones
Fecha: _____				$\Sigma$	$\Sigma$	
No Viajes totales: _____						
Material de cobertura: _____						
Responsable: _____						

sello

# CAPITULO VII

CLAUSURA Y USO FINAL DEL  
RELLENO SANITARIO

## 7.1 INTRODUCCION.

Es necesario establecer antes de iniciar operaciones el relleno, como se llevará a cabo la clausura del mismo una vez terminada su vida útil, así mismo, cual será el destino final del terreno.

Es muy importante fijar el uso final desde el inicio, sobre todo para determinar los costos, la aceptación de futuros rellenos dependerá en gran parte de la promesa hecha por la Alcaldía a la comunidad de recuperar el terreno en forma de parque, canchas deportivas, viveros, etc. para el goze del público.

En nuestro medio no existen reglamentos que contemplen la clausura de un relleno sanitario, los "botaderos" que se han cerrado, solamente se les ha dado cobertura final y en el mejor de los casos sembrado grama y arbustos.

## 7.2 CLAUSURA DEL RELLENO SANITARIO

La clausura de un R.S., es una parte muy crítica, en la que deben intervenir profesionales de experiencia comprobada en la materia; durante el funcionamiento del relleno es están controlando los niveles de contaminación, al terminar la vida útil de éste, es lógico que el programa de monitoreo termine:

Se hace necesario, establecer dos tipos de cierre para el R.S., la clausura parcial y total.

Las clausuras parciales y total deben de estar contempladas en el diseño, desafortunadamente en nuestro país no hay reglamentos con el alcance de especificar normas y/o criterios que controlen los Términos de Clausura de un Relleno Sanitario. Se insiste una vez más en la necesidad de un comité multidisciplinario para elaborar un Reglamento que contenga disposiciones de clausura de un enterramiento de desechos, terminada o no su vida útil.

En este breve estudio, solamente se presentan criterios que pueden ser considerados.

### 7.2.1 Criterios para la Clausura.

- El supervisor del relleno o encargado debe clausurar cada parte del relleno, etapas del método de área o trincheras, asegurando la protección de la salud y del



ambiente, en coordinación con el Ministerio de Salud.

- Se debe preparar un " Plan de Clausura " en el que se especifiquen las obras, calendarización, cantidad de desechos que se recibirán, tipo de cubierta final, etc. debe ser aprobado por las autoridades municipales y en salud.
- Controlar los vectores, al perder su resguardo y comida, éstos emigran a los alrededores, constituyendo un peligro para la salud de los habitantes en las zonas invadidas.
- Cubrir cada área que se vaya clausurando con una capa de vegetación, para prevenir la erosión y dar mejor aspecto al lugar.
- La clausura final debe de hacerse pública, por los medios de comunicación, se debe inspeccionar el sitio acabado, se recomienda que el lugar no sea usado, por lo menos en un año, y deberá ser examinado durante ese período para poder determinar su comportamiento y estabilidad.

### 7.3 USO FINAL.

Debido al grave estado de deforestación de la zona, lo ideal hubiera sido dejar el terreno para reforestar.

Sin embargo, para que la comunidad disfrute el terreno se ha propuesto destinar una parte del mismo a un parque deportivo. Ver Figura NQ 7.1.

Las áreas más accidentadas se han dejado para la reforestación de plantas de crecimiento rápido, la zona plana y de relleno se han utilizado para disponer en ellas canchas deportivas y juegos mecánicos para los niños.

Se ha considerado necesaria la construcción de una cancha de fútbol, principalmente por la afición a este deporte de los vecinos y por la lejanía de las canchas disponibles, también se propone la construcción de una cancha de basketbol, ambas en áreas de relleno, en cuanto al parque de juegos, se localiza en la zona plana, dotado de columpios, deslizaderos, bancas y un kiosko para el esparcimiento de los adultos.

Se ha propuesto la ampliación del Cementerio de la comunidad, dejando una parte intacta contigua a éste.

También se recomienda la siembra de arbustos internos en todas las áreas de recreo, alrededor de las sendas y caminos y sobretodo en la periferia del proyecto, es necesario la colocación de un letrero que diga que el parque, está sobre un relleno sanitario.

En el terreno se dejará parte de las instalaciones del relleno, la que servirá como bodega, y desvestidores de los deportistas. Al pozo existente, se le debe de dar una protección adecuada con malla ciclón, para evitar la presencia de curiosos, éste aún prestará servicio como pozo de monitoreo de las aguas subterráneas durante los próximos años consecutivos al cierre.

Finalmente se recomienda después de la clausura final, esperar al menos 2 años para observar el comportamiento del relleno, asentamientos, estabilización del relleno, en este período se puede ir construyendo la infraestructura del parque y la siembra de árboles.

Al final de estos dos años, en acto público, se procederá a entregar el terreno de nuevo a la comunidad.

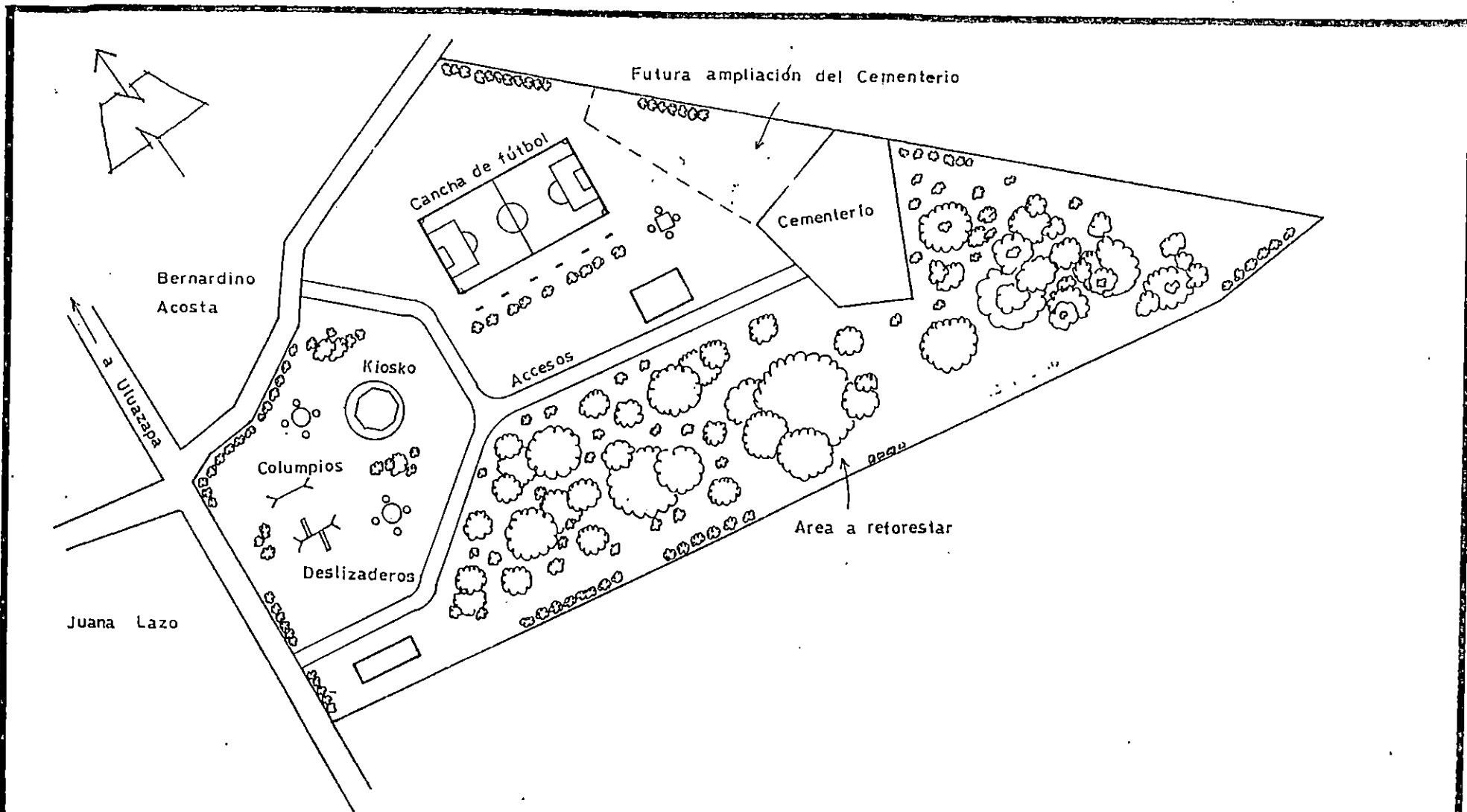


FIG. Nº 7.1

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

USO FINAL DEL RELLENO SANITARIO

AREA 176,498.77 m<sup>2</sup>  
25 Mz

ESCALA 1:4000

ENERO 1995

#### 7.4 EDUCACION AL PUBLICO.

Esta es la actividad más importante en la solución al problema de los desechos, el ciudadano está equivocado al pensar que sólo basta pagar el impuesto respectivo, es responsabilidad de todos la limpieza urbana; al público le corresponde la etapa de almacenamiento adecuado de los desechos, la municipalidad asume la recolección y disposición final, pero a medida que nos multiplicamos, también lo hace la generación de desechos, por lo que la forma de atacar el problema es mediante la reducción, recuperación y reciclaje de los desechos sólidos.

La Alcaldía como institución responsable del manejo de desechos sólidos, tiene la obligación de legislar y sensibilizar al ciudadano, para que éste ayude a mantener limpia la ciudad de todos.

Las Relaciones Públicas son una herramienta muy valiosa, a la cual la municipalidad le saca poco provecho. La limpieza de una ciudad es un " termómetro " que indica la capacidad organizativa de las autoridades edilicias, entonces, éstos deben considerar el beneficio de la propaganda.

A continuación se presentan directrices que se pueden tomar en cuenta para la funcionalidad efectiva del Departamento de Limpieza Pública:

- Educación comunitaria. Se deben realizar campañas en escuelas, en colaboración con la Casa de La Cultura, Clubes de servicios, etc.
- Organización de Seminarios, colaboración de Escuelas de Ingenierías e Institutos Tecnológicos.
- Información directa al público por la prensa, radio y televisión.

Es necesario dar a conocer los reglamentos municipales en vigencia; el público no sabe las disposiciones ni sanciones a que esta sujeto, conviene darlas a conocer en periódicos locales, escuelas, radio, etc.

Cuando se producen violaciones al reglamento, accidentales o intencionadas, se pueden tomar medidas de advertencia para la primera vez, si el ciudadano vuelve a cometer la falta, el Jefe del Depto. de Limpieza ordenará la investigación y la entidad correspondiente, aplicará la multa.

Estas multas monetarias pueden ser cargadas al impuesto municipal.

## CAPTULO VIII

COSTOS ACTUALES Y COSTOS PARA  
EL SISTEMA DE LIMPIEZA PUBLICA  
PROPUESTO PARA LA CIUDAD  
DE SAN MIGUEL

## 8.1 INTRODUCCION

En este capítulo se describen los costos actuales para prestar el servicio de recolección de desechos sólidos, el cual se desarticula en el recurso existente tanto humano como físico, mantenimiento y otros gastos. Se presenta un cuadro resumen del costo final diario y anual de lo que le cuesta a la municipalidad mantener dicho servicio, así como el costo unitario en volumen que refleja el costo aproximado de recolectar un metro cúbico de desechos en la actualidad.

Se presenta el costo estimativo para la recolección y disposición final de los desechos según la propuesta de diseño del Relleno Sanitario para la Ciudad de San Miguel. Se describe en una forma práctica los costos de inversión, operación, contratación de recurso humano, cierre y uso final.

También se describe en forma general un análisis del Impacto Ambiental que el proyecto ocasionará en la zona.

Es necesario aclarar, que los costos son aproximados y se deben atender las consideraciones finales que se proponen a fin de minimizar estos costos, además, debido al uso actual de botadero abierto de desechos en el terreno, hay que contemplar los costos de movilizar y tratar esta basura acumulada.



8.2 COSTOS ACTUALES DEL SERVICIO

8.2.1 Recursos Humanos.

SALARIOS ACTUALES DEL PERSONAL			
RECURSO HUMANO EXISTENTE	CANTIDAD	SALARIO MENSUAL	COSTO DIARIO
SECCION DE LIMPIEZA			
- Jefe de sección	1	¢ 2000.00	¢ 64.51
- Ayudante de jefatura	1	¢ 1452.00	¢ 46.84
- Motoristas	12	¢ 1540.00	¢ 596.13
- Peones camioneros	30	¢ 1452.00	¢ 1405.16
- Peones barrenderos	35	¢ 1452.00	¢ 1639.35
- Ordenanza	1	¢ 1452.00	¢ 46.84
- Lavador de camiones	1	¢ 1452.00	¢ 46.84
CENTRO DE ACOPIO			
- Vigilante	1	¢ 1452.00	¢ 46.84
- Ordenanza	1	¢ 1452.00	¢ 46.84
- Obreros	1	¢ 1452.00	¢ 46.84
SECCION DE SANEAMIENTO			
- Encargado del personal	1	¢ 1540.00	¢ 49.67
- Mozos	11	¢ 1452.00	¢ 515.22
SECCION DE MERCADOS			
- Administrador de mercados	1	¢ 1800.00	¢ 58.06
- Encargado de personal	1	¢ 1540.00	¢ 49.67
- Barrenderos	19	¢ 1452.00	¢ 889.93
SECCION DE MANTENIMIENTO			
- Jefe de sección	1	¢ 1800.00	¢ 58.06
- Mozos	9	¢ 1452.00	¢ 421.55
SECCION DE TALLERES			
- Mecánicos	2	¢ 1540.00	¢ 99.35
- Ayudantes de mecánicos	3	¢ 1452.00	¢ 140.52
- Electricista automotriz	1	¢ 1540.00	¢ 49.67
- Herrero fontanero	1	¢ 1540.00	¢ 49.67
- Ayudante de herrero	1	¢ 1452.00	¢ 46.84
- Carpintero	1	¢ 1540.00	¢ 49.67
- Ayudante de carpintero	1	¢ 1452.00	¢ 46.84
- Llantero	1	¢ 1452.00	¢ 46.84
- Bodeguero	1	¢ 1452.00	¢ 46.84
T O T A L .....			¢ 6604.59

## 8.2.2 Prestaciones Sociales.

### 8.2.2.1 Vacaciones.

Para las vacaciones anuales se toman 15 días con salario ordinario, más el 30 % del mismo. ( Art. 177, Cap V ). Cód. Trab.

### 8.2.2.2 Aguinaldos.

El aguinaldo se puede tomar (según el tiempo t de servicio como sigue ( Art. 198, Cap VII ); Cód. Trab.:

t < 3 años	-----	10 días
3 años < t < 10 años	-----	15 días
10 años < t	-----	18 días

Nota: Para este caso se tomarán 10 días de salario ordinario.

### 8.2.2.3 Seguro de Salud.

Para el cálculo del Seguro de Salud se estima ₡1000.00 al año por cada trabajador.

Para el cálculo de las prestaciones por vacaciones y aguinaldos, se hace referencia a la Sección 4ª, Título 3º, Libro 1º, Código de Trabajo, 1994.

CUADRO RESUMEN

COSTO DIARIO SALARIO	VACACIONES 130% 15 DIAS	AGUINALDO 10 DIAS SALARIO	SEGURO DE SALUD	CANTIDAD DE TRABAJ.	COSTO DIARIO PRESTACION
64.51	1257.94	645.10	1000	1	7.95
58.06	1132.17	580.60	1000	2	14.86
49.67	968.56	496.70	1000	19	128.33
46.84	913.38	468.40	1000	17	763.47
T O T A L .....					¢ 914.61/día

8.2.2.3 Uniformes.

- (133 trabajadores) (2 unif./trab.) (¢ 0.57 unif./día) =  
 ¢ 151.62 día

Nota: En los uniformes, no se incluye lo de los jefes, sub - jefes, (¢ 210 c/uniforme, vida útil = 1 año).

- (133 trabajadores) (2 pares zap./trab.) (¢ 0.22 zap/día) =  
 ¢ 58.52 día

Nota: ¢ 80.00 c/par zapato, vida útil = 365 días.

- (133 trabajadores) (3 pares guantes/trab.) (¢ 0.07/día) =  
 Nota: Cada par de guantes vale ¢ 27.00

¢ 27.93 día

- (133 trabajadores) (1 capa/trab.) (¢ 0.20 capa/día) =  
 Nota: ¢ 75 cada capa

¢ 26.60 día

Total = ¢ 264.67 día

8.2.3 Equipo y mantenimiento.

(35 Gal. Diesel/camión/semana) (10 camiones) (6 días)

$$= 58.33 \text{ Gal. Diesel/día}$$

(1/4 Gal. lubricante/jorn./camión) (2 jorn./día) (10 camiones)

$$= 5.0 \text{ Gal. lubricante/día}$$

(1/4 Gal. Hidráulico/jorn./camión) (2 jor./día) (10 camiones)

$$= 5.0 \text{ Gal. hidráulico/día}$$

Precios Hasta Enero de 1995.

- (58.33 Gal. Diesel/día) x (¢ 8.60/Gal. Diesel)

$$= \text{¢ } 501.64 / \text{ día}$$

- (5 Gal. lubricante/día) x (¢ 80.00/Gal. lubricante)

$$= \text{¢ } 400.00 / \text{ día}$$

- (5 Gal. hidráulico/día) x (¢ 90.00/Gal. hidráulico)

$$= \text{¢ } 450.00 / \text{ día}$$

- (6 neumáticos/camión/día) x (¢ 8.33 día/neum) x (10 cam)  
¢ 1500 c/neum., 180 días de vida útil

$$= \text{¢ } 499.80 / \text{ día}$$

- Mantenimiento general ¢ 300 /día

Total ¢ 2,151.44 / día

8.2.4 Resumen de Costos Actuales por la Prestación del Servicio de Recolección de Desechos Sólidos.

- Salarios del personal .....	¢ 6604.59	día
- Prestaciones sociales y uniformes .....	¢ 1179.28	"
- Combustible y lubricantes, Neumáticos, Mantenimiento, reparaciones .....	¢ 2151.44	"
- Otros .....	¢ 200.00	"

Total Costo Diario Servicio                    ¢ 10,135.31 / día

Costo del Servicio por Tonelada de Desechos desalojada.

$$\frac{\text{¢ } 10,135.31 \text{ /día}}{107 \text{ TM /día}} = \text{¢ } 94.72 \text{ /TM}$$

A la Alcaldía le cuesta actualmente ¢ 94.72 diarios recolectar e ir a botar 1 Tonelada Métrica de desechos, aplicando una densidad de 320 kg/m<sup>3</sup>. se tiene:

$$107 \text{ TM /día} = 334.38 \text{ m}^3 \text{ /día} \quad \text{¢ } 30.31 \text{ /m}^3$$

8.3 COSTOS APROXIMADOS ANUALES PARA LA PRESTACION DEL SERVICIO DE RECOLECCION Y DISPOSICION FINAL DE LOS DESECHOS SOLIDOS.

8.3.1 Recurso Humano.

RECURSO HUMANO A CONTRATAR	CANTIDAD	SALARIO MENSUAL	COSTO DIARIO
SECCION DE LIMPIEZA			
- Colaborador Técnico	1	¢ 2000.00	¢ 64.52
- Secretaria	1	¢ 1800.00	¢ 58.06
- Motoristas	4	¢ 1540.00	¢ 198.71
- Camioneros	24	¢ 1452.00	¢ 1124.13
- Supervisor de Rutas	1	¢ 1540.00	¢ 49.68
- Barrenderos	45	¢ 1452.00	¢ 2170.74
- Inspectores de Servicio	5	¢ 1540.00	¢ 248.39
SECCION RELLENO SANITARIO			
- Encargado del R.S.	1	¢ 2000.00	¢ 64.52
- Operador tractor	1	¢ 1800.00	¢ 58.06
- Ayudante tractorista	1	¢ 1540.00	¢ 49.68
- Vigilante	1	¢ 1452.00	¢ 46.84
- Operador báscula	1	¢ 1540.00	¢ 49.68
- Obreros	4	¢ 1452.00	¢ 187.35
TOTAL .....			¢ 4370.36

8.3.2 Prestaciones Sociales.

Considerando las mismas prestaciones de la ley al personal que se va a contratar, se tiene el siguiente cuadro resumen.

CUADRO RESUMEN

COSTO DIARIO SALARIO	VACACIONES 130% 15 DIAS	AGUINALDO 10 DIAS SALARIO	SEGURO DE SALUD	CANTIDAD DE TRABAJ.	COSTO DIARIO PRESTACION
46.84	913.38	468.40	1000	74	482.80
49.67	968.56	496.70	1000	12	81.05
58.06	1132.17	580.60	1000	2	14.86
64.51	1257.94	645.10	1000	2	15.91
T O T A L .....					¢ 594.62/día

8.3.3 Costos de Inversión.

8.3.3.1 Servicio de Almacenamiento de Desechos Sólidos.

- Adquisición de 9 contenedores de 6 m<sup>3</sup>  
¢ 8,500.00 c/u ..... ¢ 76,500.00
- Adquisición de 7 contenedores de 3 m<sup>3</sup>  
¢ 6,000.00 c/u ..... ¢ 42,000.00

8.3.3.2 Servicio de Recolección de Desechos Sólidos.

- Adquisición de 7 camiones recolectores compactadores,  
de 16 m<sup>3</sup> ,( ¢ 400,000.00 c/u)..... ¢ 2,800,000.00

#### 8.3.3.3 Sección de Limpieza.

- Adquisición de un escritorio tipo ejecutivo para jefatura..... ¢ 1950.00
- Adquisición de dos escritorios tipo secretarial para el colaborador técnico y secretaria..... ¢ 3300.00
- Adquisición de una máquina de escribir (Marca Olivetti) con carro p/planilla..... ¢ 3400.00
- Adquisición de una calculadora científica..... ¢ 200.00
- Utilería para oficina..... ¢ 300.00

#### 8.3.3.4 Barrido de Calles.

- Adquisición de 45 palas punta cuadrada mango corto (¢ 33.90 c/u) ..... ¢ 1,525.50
- Adquisición de 45 azadones de 2 lbs. ¢ 28.75 c/u ..... ¢ 1,293.75
- Adquisición de 45 escobillas o rastrillos corrientes (¢ 20.00 c/u) ..... ¢ 900.00
- Construcción de 45 carritos para acarreo, tubo galvanizado  $\phi = 1/2$  " y ángulo de hierro 1" x 1/8" (¢ 750.00 c/u) ..... ¢ 33,750.00
- Adquisición de 45 barriles de 200 lbs. ¢ 150.00 cada uno..... ¢ 6,750.00



8.3.3.5 Relleno Sanitario - Campo.

- Adquisición de un tractor de cadenas DH6 ..... ¢ 750,000.00
- Adquisición del 15 % de repuestos sobre la inversión inicial para el tractor ..... ¢ 112,500.00
- Adquisición de una báscula con capacidad para 30,000 kg..... ¢ 300,000.00
- Adquisición de un Pick-up para usos generales. ¢ 90,000.00
- Adquisición de un tanque con bomba para combustible..... ¢ 1,200.00
- Adquisición de un radio UHF ..... ¢ 8,000.00
- Adquisición de 5 palas punta cuadrada con mango largo (¢ 38.90 c/u)..... ¢ 194.50
- Adquisición de 5 azadones (3 1/4 lbs.) (¢ 36.20 c/u)..... ¢ 181.00
- Adquisición de 5 escobas pequeñas ( ¢ 16.95 c/u)..... ¢ 84.75
- Adquisición de 5 carretillas de obra civil ( ¢ 280 c/u) con llanta de hule..... ¢ 1,400.00

8.3.3.6 Relleno Sanitario - Instalaciones Auxiliares.

- Adquisición de un escritorio tipo cátedra..... ¢ 1050.00
- Adquisición de una calculadora científica..... ¢ 200.00

- Adquisición de un archivero (4 depósitos).....	¢ 1500.00
- Adquisición de otros equipos y accesorios.....	¢ 300.00
- Construcción de las instalaciones auxiliares:	
- Fundaciones (48.30 ml)	
24 bolsas de cemento	¢ 840.00
4 qq hierro 3/8"	¢ 740.00
1.5 qq hierro 1/4"	¢ 277.50
30 libras alambre amarre	¢ 120.00
5 m³ arena	¢ 250.00
Transporte	¢ 200.00
9.60 m³ excavación	¢ 800.00
Armado de solera	¢ 500.00
Colado y modulado de solera	¢1500.00
Sub-total	¢ 5,227.50
- Paredes (144.60 m²)	
1980 bloques 10x40x20	¢5544.00
45 bolsas de cemento	¢1575.00
8 m³ de arena	¢ 400.00
5 qq hierro 3/8"	¢ 925.00
3 qq hierro 1/4"	¢ 555.00
20 lbs. alambre amarre	¢ 80.00
Transporte	¢ 350.00
Hechura de paredes	¢2000.00
Sub-total	¢ 11,429.00
- Pisos (51.60 m² encementado)	
15 bolsas de cemento	¢ 525.00
4 m³ arena	¢ 200.00
Mano de obra	¢ 900.00
Transporte	¢ 150.00
Sub-total	¢ 1,775.00
- Estructura de Techo	
10 polines "C" de 5"	¢1500.00
6 ml de viga macomber, ángulo 2 cara de 1x1x1/8" , peralte 30 cms. zig-zag hierro 1/2" corrugado	¢ 390.00
8 varillas 3/8" comercial para tensores	¢ 110.00
2 galones pintura anticorrosiva	¢ 170.00
Transporte y Montaje	¢1500.00
Sub-total	¢ 3,670.00

- Montaje de cubierta de techo fibrolit	
55 pliegos Fibrolit de 6"	¢4455.00
15 capotes Fibrolit	¢ 675.00
2 capotes terminales Fibrolit	¢ 40.00
110 tramos completos: pernos, arandelas y capuchón	¢ 132.00
Instalación	¢ 800.00
Transporte	¢ 200.00

Sub-total ¢ 6,302.00

- 3 puertas metálicas (1 con chapa y 2 con candado), lisas, lámina 1/16", marco de tubo de 1"	¢2100.00
2 ventanas de 1 m <sup>2</sup> c/u	¢ 600.00
2 balcones de 1 m <sup>2</sup> c/u	¢ 350.00
Transporte	¢ 200.00

Sub-total ¢ 3,250.00

- Servicio Sanitario	
250 ladrillos tipo calavera	¢ 300.00
1 plancha de concreto 1.50x1.00 y una tasa	¢ 200.00
3 bolsas de cemento	¢ 105.00
2 láminas galvanizadas de 2 yardas No 30	¢ 80.00
1 costanera de pino 3 varas	¢ 15.00
1/2 libra clavo p/lámina	¢ 5.00
1 m <sup>3</sup> arena de mina	¢ 50.00
Hechura 1.8 m <sup>3</sup> excavación (1x2x0.9)	¢ 150.00
Hechura caseta e instalación techo	¢ 300.00
Transporte	¢ 250.00

Sub-total ¢ 1,455.00

- Portón	
5 tubos caño negro de 1 1/2"	¢ 680.00
2 polines "C" de 5"	¢ 280.00
2 láminas (2x1) 1/16"	¢ 290.00
6 yardas malla ciclón de 2x11x60	¢ 279.00
3 bolsas de cemento	¢ 105.00
1 varilla de 1/2"	¢ 25.00
Candado y cadena	¢ 75.00
Hechura e instalación	¢ 500.00
Transporte	¢ 300.00

Sub-total ¢ 5,068.00

- Cerco perimetral de malla ciclón, postes de concreto y alambre de púas	¢ 160294.00
- Cartel y avisos interiores.....	¢ 1,500.00
- Caseta de Control (fibrolit) .....	¢ 2,200.00
- Construcción de las Obras de Drenaje	
Drenaje Pluvial principal	¢ 247412.83
Drenaje pluvial provisional	¢ 8775.00
Drenaje de lixiviados	¢ 153843.30
Chimeneas	¢ 8209.21
Sub-total	¢ 418,240.34

C U A D R O    R E S U M E N

Servicio de almacenamiento de desechos sólidos.	¢ 118,500.00
Servicio de recolección de desechos sólidos.	¢2,800,000.00
Sección de limpieza.	¢ 9,150.00
Sección barrido de calles.	¢ 44,219.25
Relleno sanitario.	¢1,887,021.09
<b>TOTAL DE COSTOS DE INVERSION</b>	<b>¢ 4,858,890.34</b>

### 8.3.4 Costos de Operación.

#### 8.3.4.1 Uniformes

- (88 trabajadores) (2 unif./trab.) (¢ 0.57 unif./día) =  
¢ 100.32 día

Nota: En el cálculo de los uniformes no se incluye jefes ni sub-jefes.

- (88 trabajadores) (2 pares de zap./trab.) (¢ 0.22 zap/día) =  
¢ 38.72 día

- (77 trabajadores) (3 pares de guantes/trab.) (¢ 0.07 /día) =  
¢ 16.17 día

- 1000 mascarillas desechables por año, a ¢ 3.00 c/u =  
¢ 8.22 día

- (84 trabajadores) (1 capa/trab.) (¢ 0.20 capa/día) =  
¢ 16.80 día

#### 8.3.4.2 Combustible, lubricantes y mantenimiento.

- Unidades recolectoras de desechos (7) ¢ 1596.03 día  
- Tractor de cadenas ¢ 18,000 año  
- pick-up ¢ 3000 año

Total ¢ 1833.79 día

### 8.3.5 Costos de Uso final.

Si el relleno sanitario ha sido diseñado y operado apropiadamente, el destino final será consecuentemente fácil de realizar. De esta manera las tierras adyacentes aumentarán su valor, y el público estará satisfecho con el proyecto, entonces es necesario estimar una cifra de lo que costaría la construcción en este caso, de un parque - reserva sobre el terreno antes indeseable y que ahora es un área nivelada.

Ya se estableció en el capítulo anterior el uso del terreno terminada su vida útil como relleno sanitario, a continuación se detalla un costo aproximado del uso final del terreno.

- 3 juegos mecánicos (2 columpios tubo 2 ½")	¢ 9193.80
- 1 kiosko de 3x4 mts. con Fibrolit y polin "C" (2 aguas)	¢ 5260.00
- 2 torres cancha de basketbol, tubo de 3"	¢ 2800.00
- Cancha de basketbol (12x25)	
81 m³ piedra cuarta	¢ 7200.00
20 m³ balastrillo	¢ 1250.00
95 bolsas de cemento (fraguado)	¢ 3325.00
30 m² estructomalla	¢ 1950.00
150 bolsas de cemento (losa)	¢ 5250.00
- Mano de obra	¢ 12000

Sub-total      ¢ 56,419.30

### 8.3.6 Resumen de costos del Sistema de Limpieza Propuesto.

- Salarios y prestaciones del personal a contratar	¢ 4,964.98 día
- Costos de operación y mantenimiento	¢ 1,833.79 "
- Costos de inversión	¢ 4,858,890.34
- Costos de uso final del terreno	¢ 56,419.30



8.4 RESUMEN DEL COSTO GLOBAL DEL SISTEMA DE LIMPIEZA PUBLICA  
PROPUESTO PARA LA CIUDAD DE SAN MIGUEL.

Sub - Total de los costos de operación, salarios y prestaciones del personal del Sistema de Recolección de Desechos Sólidos en la actualidad.

¢ 3,699,388.10 / año

Sub - Total de los costos de operación, salarios y prestaciones del personal a contratar del Sistema de Recolección de Desechos Sólidos que complementa el servicio en la actualidad.

¢ 2,481,551.04 / año

TOTAL DE COSTOS DEL SISTEMA DE LIMPIEZA PUBLICA  
PARA LA CIUDAD DE SAN MIGUEL:

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO	¢ 6,180,939.15 / año
COSTOS DE INVERSION	¢ 4,858,890.34
COSTOS DE USO FINAL	¢ 56,419.30

## CAPITULO IX

*CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES*

## 9.1 INTRODUCCION.

Para la obtención de las conclusiones y recomendaciones, simplemente se han retomado y revisado las respectivas conclusiones de cada capítulo, siendo las más generales las siguientes.

## 9.2 CONCLUSIONES.

- El problema de los desechos sólidos en El Salvador, esta en condiciones críticas debido al crecimiento demográfico, limitaciones económicas de las municipalidades, escasos recursos destinados a la limpieza pública, y generalmente al hecho de que la solución del problema se le entrega a personas con poca o ninguna preparación sobre el tema, cuyos puestos son por motivación política.
- La disposición final de la basura, se debe considerar bajo tres aspectos esenciales: sanitarios, técnicos y económicos.
- El sitio escogido para la disposición final de desechos en San Miguel, por parte de la Alcaldía, se puede considerar como REGULAR: el manto freático se encuentra protegido por estratos impermeables de arenisca y se

localiza a más de 20 mts. de la superficie, pero existe peligro de contaminar cuerpos de agua superficiales (quebradas) que lindan con el terreno, además de la existencia contiguo al sitio del Cementerio de la comunidad.

- De la encuesta por muestreo que se realizó en San Miguel, la producción per cápita promedio de basura fue de 0.6517 kg/hab-día, este dato es el utilizado en todos los análisis de este trabajo, es necesario que este tipo de muestreo se efectúe periódicamente, con una frecuencia fijada por la Alcaldía.
- En El Salvador no existen estudios profundos referentes al manejo y disposición final de los desechos sólidos y no hay una legislación específica.
- En El Salvador no se le ha dado importancia a los desechos sólidos peligrosos provenientes de algunas industrias, laboratorios, hospitales, etc., los cuales acaban por introducirse clandestinamente en rellenos acondicionados sólo para desechos de origen doméstico y no peligrosos. por lo que se debe crear una legislación que detenga esta anomalía y organismos que ofrezcan alternativas de solución.

### 9.3 RECOMENDACIONES.

- La municipalidad tiene la obligación de monitorear el servicio de aseo y realizar un diagnóstico de sus servicios en forma periódica, fijándose metas objetivas a mediano plazo (10 años).
  
- La Alcaldía debe de realizar un Plan Maestro de Servicio de Limpieza Pública, formando un comité multidisciplinario con instituciones como DUA, SEMA, Región Oriental de Salud y entidades encargadas de la aprobación de planos de construcción y urbanizaciones, con el fin de definir espacios para contenedores, posibles lugares para la ubicación de rellenos en el futuro, etc.
  
- Se debe incentivar el reciclaje, estableciendo programas acordes con nuestro medio, sin copiar los usados en otros países más desarrollados, porque la composición de la basura es diferente.
  
- Es necesario promover la participación comunitaria así como la investigación en universidades, institutos.
  
- Se recomienda realizar un estudio del Impacto Ambiental.

## BIBLIOGRAFIA

- APUNTES DE LA MATERIA DESECHOS SOLIDOS  
Escuela de Tecnología Médica, UES.
  
- ASPECTOS TECNOLOGICOS EN EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS.  
Ing. Francisco Galvez Von Collas.  
Consultor O. P. S., 1988.
  
- DIRECTRICES, GENERALES PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL RELLENO SANITARIO DEL AMSS.  
Ing. Walter Engracia de Oliveira  
Consultor OPS/OMS , 1993.
  
- DESECHOS SOLIDOS  
Alvaro Orozco Jaramillo  
Universidad de Antioquía, Depto. de Ing. Sanitaria  
Medellín, Colombia, 1980.
  
- DISPOSICION DE LA BASURA DE SAN SALVADOR A TRAVÉS DE LA INCINERACION CON APROVECHAMIENTO DE CALOR DE COMBUSTION PARA LA PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA.  
Tesis presentada por: Ismael Antonio Sánchez.  
UCA, Ingeniería Mecánica, 1981.
  
- DISPOSICION FINAL DE LOS DESECHOS SOLIDOS EN EL AMSS .  
Ing. Raúl Rodríguez Rivera  
1988.
  
- DISPOSICION FINAL DE LOS DESECHOS SOLIDOS PARA LA CIUDAD DE SANTA ANA  
Tesis presentada por: Guillermo Fuentes mendoza  
Universidad Politécnica de El Salvador, 1988.
  
- ECOLOGIA, CONTAMINACION, MEDIO AMBIENTE.  
Turk, Turk y Wittes  
Nueva Editorial Interamericana, Mexico, 1973

- EL MANEJO DE LOS DESECHOS PUBLICOS COMO UN SERVICIO PUBLICO  
Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social  
República de El Salvador . 1993.
- ESTUDIO DE LA DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS EN LA CIUDAD DE COJUTEPEQUE.  
Tesis presentada por: Ana Estela Bell Rodríguez  
UCA, Ingeniería Civil, 1984.
- GUIA PARA EL DISEÑO. CONSTRUCCION Y OPERACION DE RELLENOS SANITARIOS MANUALES  
Jorge Jaramillo  
Colombia, 1991.
- LIXO, COLETA, TRANSPORTE E DESTINO FINAL  
Ing. Paulo Sampaio Wilken  
Universidad de Sao Paulo  
Brasil , 1964.
- MANUAL DE DISEÑO PARA EL MANEJO Y DISPOSICION FINAL DE LOS DESECHOS SOLIDOS  
Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social  
Dirección General de Salud, Departamento de Saneamiento Ambiental.  
República de El Salvador. 1993.
- METODOS DE SANEAMIENTO URBANO PARA LA ERRADICACION DE BASURA Y DESPERDICIOS SOLIDOS  
Humberto Romero Alvarez  
México, 1947.
- MODELO DE UTILIZACION INTEGRAL DE LA BASURA DOMESTICA  
Tesis presentada por: Ana Jeannette Romero Sermeño  
UCA, Ingeniería Química. 1988.

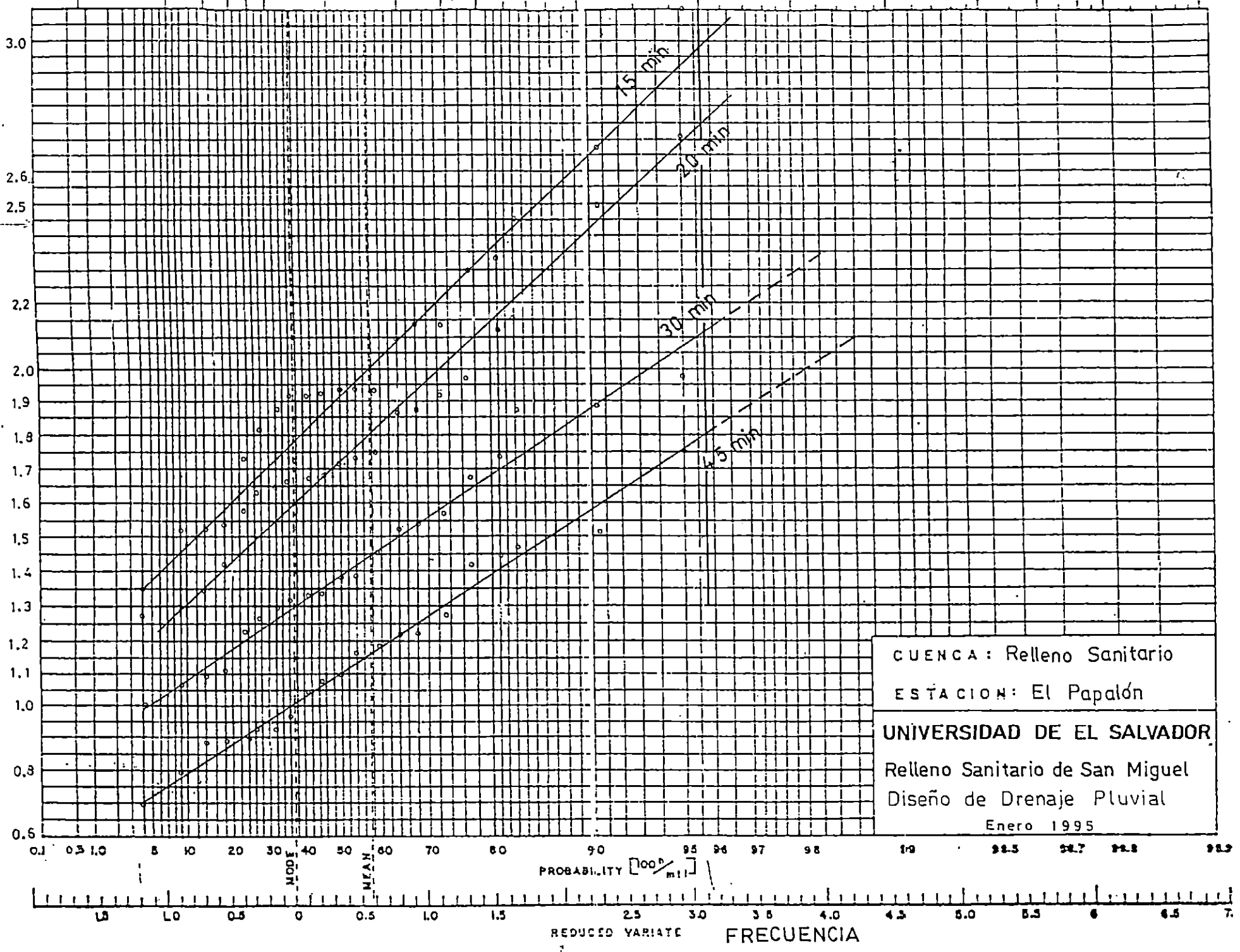
ANEXOS



INTENSIDADES ( mm./min )

RETURN PERIOD (Year)

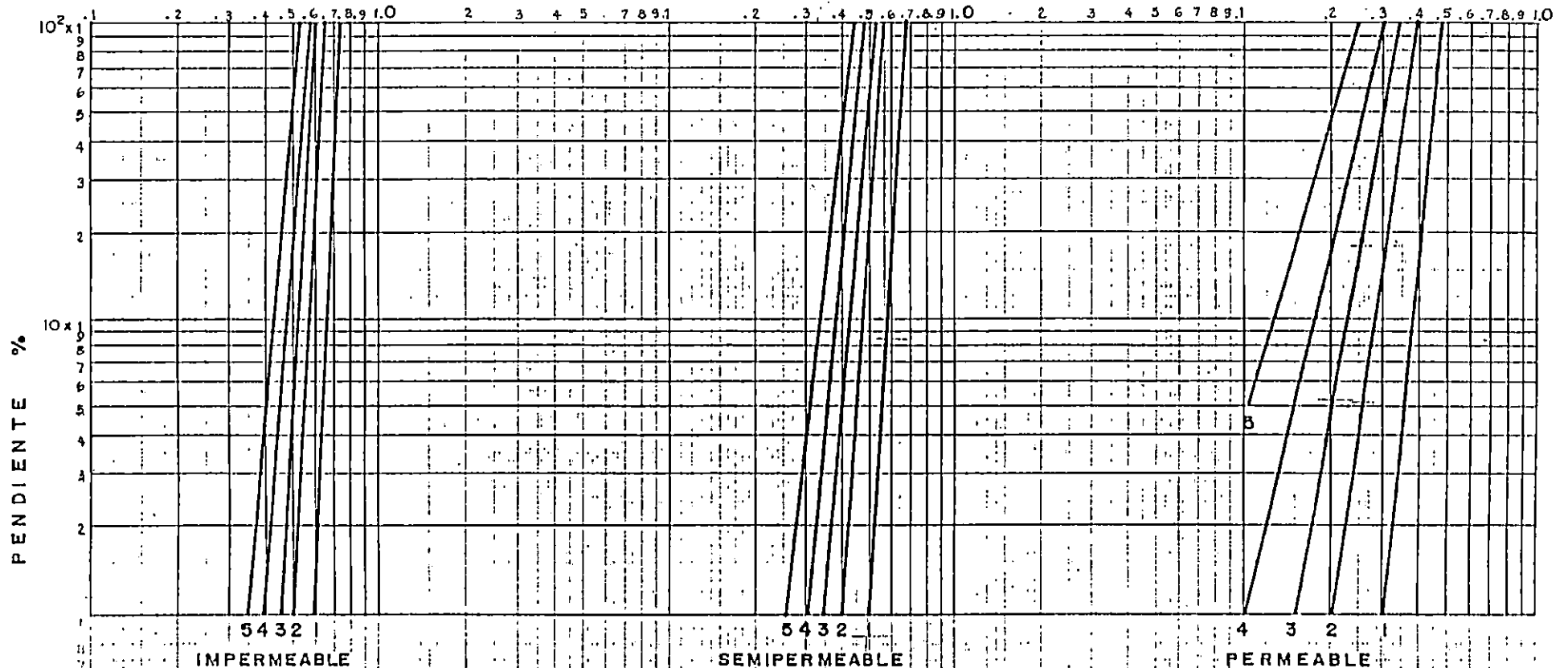
1.001 1.01 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 2 4 5 10 20 50 100 200 300 400 500 1000



COEFICIENTE DE ESCORRENTIA

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA



NOMOGRAMA PARA EL CALCULO DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA

- SIMBOLOGIA :
- 1- SIN VEGETACION
  - 2- CULTIVOS
  - 3- VEGETACION LIGERA (PASTO)
  - 4- HIERBA CORTA-GRAMA
  - 5- VEGETACION DENSA (BOSQUE)