

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

**PROYECTO PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS
SOLIDOS EN EL BASURERO DEL KM. 22.5
CARRETERA A AMATITLAN**

STEVEN BENDFELDT


Trabajo de graduación presentado para
optar al título de Ingeniero Civil
en el grado de Licenciado

GUATEMALA

1999

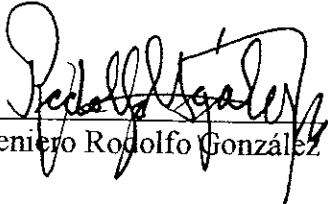
**PROYECTO PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS
SOLIDOS EN EL BASURERO DEL KM. 22.5
CARRETERA A AMATITLAN**

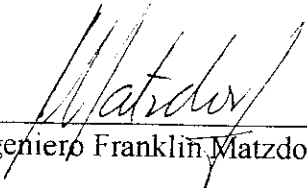
Vo. Bo.

(f) 
Ingeniero Rafael Girón
Asesor

Tribunal:

(f) 
Ingeniero Rafael Girón

(f) 
Ingeniero Rodolfo González

(f) 
Ingeniero Franklin Matzdorf

Guatemala, 28 de Septiembre de 1999.

DEDICATORIA

Primero que todo quiero agradecerle a Dios por darme la oportunidad de graduarme y superar una etapa de mi vida. Porque todo lo que soy es gracias a El.

También quiero agradecer a mis padres por el apoyo que siempre me han dado en cada decisión, ya que me han ayudado a ir venciendo los obstáculos que la vida me plantea. Gracias por siempre estar en todo momento y en toda circunstancia. A mis dos hermanos y mi hermana por ser parte esencial de mi vida.

A mis maestros, que en todo momento han compartido sus conocimientos. Al Colegio Americano de Guatemala, donde aprendí lo básico, y a la Universidad del Valle de donde hoy me gradúo como un profesional.

	Pagina
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	4
A. Objetivo General	4
B. Objetivos Especificos	4
III. RESIDUOS SOLIDOS URBANOS	5
A. Tipos de Residuos Sólidos	5
1. Doméstico y Comercial	7
2. Institucionales, Construcción y Demolición	10
3. Plantas de Tratamiento e Industriales	10
B. Composición de los Residuos Sólidos	12
C. Generación de Residuos en una Sociedad	13
1. Generación de Desechos por Habitante y Día	13
D. Propiedades de los Residuos Sólidos	14
1. Propiedades Físicas	14
a. Peso Específico	14
b. Contenido de Humedad	16
c. Tamaño de Partícula y distribución del tamaño	16
d. Capacidad de campo	18
e. Permeabilidad de los residuos compactados	18
2. Propiedades Químicas	18

a. Análisis físico	19
b. Punto de Fusión de las cenizas	21
c. Análisis elemental	21
d. Contenido energético	23
3. Propiedades Biológicas de los RSU	24
4. Transformaciones Físicas, químicas y biológicas	26
a. Transformaciones Físicas	26
1. Separación de Componentes	26
2. Reducción mecánica de volumen	27
3. Reducción de tamaño mecánica	27
b. Transformaciones Químicas	27
1. Combustión (oxidación química)	27
2. Pirólisis	28
3. Gasificación	28
c. Transformaciones Biológicas	29
1. Compostaje Aeróbico	29
2. Digestión anaerobia	30
IV. TRATAMIENTO	31
A. Sistemas de Incineración	31
1. Incineradoras de Combustión en masa	32
2. Incineradoras alimentadas por CDR	33

3. Recuperación de energía	34
4. Reducción en Volumen	36
B. Sistema de Pirólisis	36
C. Sistema de Gasificación	40
1. Lecho fijo vertical	40
2. Lecho fijo horizontal	41
3. Lecho fluidizado	43
D. Relleno Sanitario	44
1. Método de trinchera o Zanja	45
2. Método de Area Sobre el Terreno Natural	45
3. Criterios Básicos para construcción del Relleno Sanitario	46
4. Ventajas del Relleno Sanitario	48
V. DESCRIPCION DE LA POBLACION A SER SERVIDA	49
A. Situación Social y Económica del Area de Influencia	49
B. Situación Geográfica	50
1. Villa Nueva	50
2. Villa Canales	50
3. San Miguel Petapa	51
4. Amatitlán	51

C. Población	52
D. Población Económicamente Activa	54
E. Salud	55
F. Educación	57
G. Vivienda	58
H. Empleo y Distribución de Ingresos	58
VI. Recolección, Barrido de Calles y Transporte	62
A. Financiamiento	62
B. Capacidad Instalada	67
C. Gastos de Operación y mantenimiento	69
D. Situación actual	70
VII. DISEÑO	73
A. Generalidades	73
1. Descripción del área seleccionada	73
a. Cabecera del barranco	73
b. Taludes laterales	74
c. Fondo del Barranco	74
2. Situación del Tráfico	75
3. Condiciones Técnicas	75
a. Tipo de Relleno Sanitario	75
b. Area de la Planta	75

B. Descripción de la Planta	76
1. Acceso	76
2. Logística y Control	76
3. Clasificación y reciclaje	78
C. Relleno	79
1. Sedimentación y estabilidad	79
2. Desviación de las Aguas superficiales	80
3. Calle del relleno, intersección con la carretera principal	80
4. Impermeabilización	81
a. Impermeabilización Básica	81
b. Impermeabilización Plástica	81
c. Cobertura de geotextil	82
5. Recolección y drenajes de Lixiviados	80
a. Drenaje de lixiviados	82
b. Superficie de drenaje	83
c. Tubos de drenaje de lixiviados	83
d. Depósito de colección y retención de lixiviados	83
6. Sistema de recolección de Gases	86
a. Sistema de Chimeneas y tuberías	87
b. Estación del compresor	88
7. Recubrimiento Final	89

8. Otras Instalaciones de Operación	90
a. Cerco	90
b. Tanque de agua	90
c. Gasolinera	91
d. Estacionamiento	91
VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	112
A. Conclusiones	112
B. Recomendaciones	113
IX. BIBIOGRAFIA	114

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Paginas
3.1	Fuentes de Residuos sólidos en la comunidad	5
3.2	Distribución estimada de todos los componentes de los RSU generados en una comunidad típica excluyendo los residuos industriales y agrícolas	6
3.3	Productos domésticos peligrosos típicos	7
3.4	Distribución de los materiales residuales peligrosos encontrados en los RSU domésticos y comerciales	9
3.5	Distribución de materiales residuales peligrosos recogidos durante días específicos para la recogida de residuos peligrosos	9
3.6	Fuentes y tipos de residuos industriales	11
3.7	Distribución estimada de todos los componentes de los RSU generados en una comunidad típica excluyendo los residuos industriales y agrícolas	13
3.8	Producción de Basura por nivel social	14
3.9	Datos típicos sobre peso específico y contenido en humedad para residuos domésticos, comerciales, industriales y agrícolas	15

3.10	Análisis próximo y datos energéticos típicos para materiales encontrados en los residuos sólidos domésticos, comerciales e industriales	20
3.11	Datos típicos sobre el análisis elemental de material combustible presente en los residuos sólidos domésticos, comerciales e industriales	22
3.12	Datos típicos sobre el análisis elemental de los componentes combustibles en los RSU domésticos	23
3.13	Valores típicos de rechazos inertes y contenido energético de los RSU domésticos	24
3.14	Datos sobre la fracción biodegradable de componentes seleccionados de residuos orgánicos basándose en el contenido de lignia	25
4.1	Composición de rechazo de la incineración de RSU no seleccionados	36
4.2	Balance de masas para pirólisis	38
4.3	Composición de gas de pirólisis en función de temperatura	38
5.1	Guatemala y Area de Influencia: Indicadores sociales comparativos según años indicados-datos demográficos	52

5.2	Guatemala; Población comparativa a nivel nacional, del departamento de Guatemala y el área de influencia, según resultados censales de 1981 y 1994, con tasas de crecimiento en miles de habitantes y por ciento.	54
5.3	Departamento de Guatemala y área de influencia: población económicamente activa ocupada y desocupada, según censo 1994	54
5.4	Población económicamente activa por rama de actividades ocupacionales, según municipios, año de 1994 habitantes y por cientos	55
5.5	Guatemala: Indicadores Sociales Comparativos, Según Años Indicados, Datos Sector Salud, Hasta 1994	56
5.6	Datos del Sector Salud en el Area de Influencia Año de 1995	56
5.7	Grado de Escolaridad de la Población, según Niveles educativos por Municipios Año de 1994	57
5.8	Guatemala: Ingreso promedio familiar mensual a nivel nacional según encuestas 1980/81, 1986/87 y 1989 En US\$	60
5.9	Guatemala: Niveles de ingreso de la población económicamente activa 1995 área en negro se aplica al área de Villa Nueva, Villa Canales, San Miguel Petapa y Amatitlán	60

6.1	Total de Ingresos por Recolección y Transporte, 1994	63
6.2	Proyecto de Ingresos por Tarifa de Recolección y Transporte de Desechos Sólidos	63
6.3	Total de Ingresos del proyecto de Recolección Transporte y Disposición de desechos sólidos en los municipios a trabajar	64
6.4	Monto de la Inversión	64
6.5	Area de Influencia de Proyecto: Proyección poblacional y generación de desechos sólidos (1995-2015)	67
6.6	Area de Influencia del Proyecto: Ingresos y gastos respecto de la prestación del servicio, según municipalidad	69
6.7	Requerimiento de vehículos para la recolección y transporte de desechos sólidos para los años, 1995 y 2000	71
7.1	Parámetros de entrada de flujo	85
7.2	Tasa promedio de remoción	85
7.3	Parámetros del afluente esperados	85

LISTA DE DIBUJOS

Dibujos	Paginas
3.1 Tamaños típicos de componentes individuales en RSU domésticos y comerciales	17
3.2 Porcentaje de la masa total de los RSU domésticos y comerciales en función del tamaño de malla (4,12)	17
4.1 Sección de una incineradora municipal de alimentación continua y quemada en bruto, utilizada para la producción de energía de RSU	32
4.2 Vista de un sistema de incineración con caldera utilizado para la producción de energía a partir de residuos sólidos procesados, gas natural, aceite y carbonos	34
4.3 Esquema de un sistema para recuperación de energía al utilizar una combinación generador-turbina de vapor	35
4.4 Esquema del occidental flash system para la fracción orgánica de RSU	39
4.5 Diagrama esquemático de un gasificador de lecho fijo vertical de alimentación en lotes	41
4.6 Unidad de combustión modular utilizada para RSU domésticos y comerciales, y para residuos industriales seleccionados	43
7.1 Perfil Topográfico del Relleno Sanitario	94

7.2	Análisis del Sitio Relleno Sanitario	95
7.3	Planta de Distribución del Conjunto Relleno Sanitario	96
7.4	Diseño de Relleno “Km.22”	97
7.5	Proceso de Disposición Final de Desechos	98
7.6	Area de descarga y almacenamiento	99
7.7	Detalle en planta del área de descarga y almacenamiento	100
7.8	Sección del Area de descarga y almacenamiento	101
7.9	Conformación del terreno original	102
7.10	Conformación de cortes en el suelo soporte	103
7.11	Configuración final del relleno sanitario	104
7.12	Vía de acceso al relleno	105
7.13	Drenaje perimetral de aguas de lluvia	105
7.14	Diseño final del relleno sanitario	106
7.15	Construcción de la primera terraza	106
7.16	Combinación típica para relleno sanitario	107
7.17	Detalle constructivo del filtro para drenaje de gas (corte)	108
7.18	Detalle constructivo del filtro para drenaje de gas (perspectiva)	108
7.19	Detalle constructivo del filtro para drenaje de gas (corte) (Op # 2)	109
7.20	Distribución de las chimeneas en el relleno (perspectiva) (Op # 2)	109
7.21	Corte de interconexión de los sistemas	110

7.22	Detalle de la Sección Transversal del Canal	111
7.23	Detalle de la Sección Transversal del Canal Principal	111

LISTA DE GRAFICAS

Gráfica		Paginas
1	Sección Mapa Geográfico Guatemala, donde se encuentra Localizada el área en que se desarrollará el proyecto	92
2	Sección Mapa Geografico Guatemala, donde se encuentra Localizados los 4 Municipios que desembocan en el proyecto	93

I. INTRODUCCION

Contaminada o no, la tierra es el elemento básico para la vida de cualquier ser humano o animal. De ella brota todo lo que un ser viviente necesita para sobrevivir, alimento, medicinas, minerales, y muchos productos que el ser humano ha utilizado como parte de un sistema de vida. Todo lo que hoy en día podemos ver, edificios, casas, carros, carreteras, etc. Todo lo que hoy en día llamamos sociedad, proviene de una manera u otra de la tierra en la que día a día nos encontramos. Los arboles, que son la fuente de aire, dependen de la tierra, los ríos, lagos y mares tienen contacto directo en todo momento con la tierra. Por eso es que cada día nosotros debemos preocuparnos más de que ésta se encuentre limpia y pura, ya que de no ser así, todos los que tienen vida se verán afectados tarde o temprano.

Hoy en día se oyen mencionar con más frecuencia los desastres climatológicos por los que todo el mundo está sufriendo. Inundaciones, sequías, heladas, calores extremos, huracanes y mucho más han preocupado a la sociedad, ya que el sistema de vida se ve confrontado por situaciones que el ser humano no puede controlar. Se ha visto que estos desastres son causados por la degradación del medio ambiente que el ser humano ha causado día a día.

Especialistas de todo el mundo toman conciencia del grave problema, cada vez más rápido. de la degradación progresiva del medio ambiente y nos alertan sobre las irreparables consecuencias de su contaminación. Hoy en día, la mayoría de los gobiernos

del mundo toman conciencia de la situación y adquieren medidas preventivas para la recuperación del medio ambiente.

¿Qué son residuos sólidos? ¿Cuáles son los impactos de la generación de los residuos sólidos? ¿Cuál es la magnitud del problema de la gestión de residuos? ¿Cuáles son las metas futuras y las oportunidades para el cambio? ¿Y por qué son varias actividades asociadas con la generación de residuos, almacenamiento, recogida, transferencia y transporte, procesamiento, recuperación y evacuación, identificadas como elementos funcionales?

Los residuos sólidos comprenden todos aquellos que provienen de actividades animales y humanas, que normalmente son sólidos y que son desechados como inútiles o superfluos. Generalmente se utiliza el término residuo sólido para referirse a la basura y comprende tanto la masa heterogénea de los desechos de la comunidad urbana como la acumulación más homogénea de los residuos agrícolas, industriales y minerales.

La basura, también llamada residuos sólidos urbanos, RSU, cada día es más abundante debido al crecimiento tan acelerado de la sociedad. El " Qué Hacer con la Basura? " pasó de ser un problema de nadie, a ser un problema de todos, ya que por la falta de interés, hoy en día estamos viviendo las consecuencias de esta irresponsabilidad.

Este trabajo toca los temas generales de la producción de basura y los diferentes métodos que existen actualmente para tratarla. En forma específica se habla del basurero o botadero municipal que se encuentra en el Km. 22.5 Ruta a Amatitlán, y una posible solución para poder llevar acabo un basurero municipal bien tratado y aprovechar al

máximo los usos, que gracias a los estudios, se le puede dar a lo que la sociedad denomina como problema, y convertir el problema en beneficio para muchas personas.

II. OBJETIVOS

A. Objetivo General

El objetivo principal de este estudio es proponer un proyecto de tratamiento para la basura producida por los municipios de Villa Nueva, Villa Canales, San Miguel Petapa y Amatitlán, en el cual se evite la contaminación durante y después de su ejecución, y se logre utilizar en un futuro como modelo para las otras municipalidades del país y así contribuir a la lucha contra la contaminación en Guatemala.

B. Objetivos Específicos

- Brindar un servicio eficiente de recolección, transporte y disposición para los desechos sólidos que generan los 380,000 habitantes del área de influencia
- Proponer el equipo necesario para incrementar la capacidad de recolección y transportación al 70 % de las 203.8 toneladas/día generadas en los 4 municipios
- Proponer un modelo para la operación y mantenimiento en el proceso de recolección, transporte y disposición de los desechos sólidos
- Lograr separar el 20 % de los desechos reciclables para la comercialización en empresas dedicadas al reciclaje
- Evitar la contaminación de las capas internas del suelo lo mismo que del área externa, utilizando el área del relleno sanitario como un parque de reforestación, jardín, vivero o áreas deportivas.
- Conseguir un mercado para la venta de los materiales reciclables que se extraigan en el proceso de separación.

III. RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Desde la era de las sociedades primitivas, los seres humanos y los animales han utilizado los recursos de la tierra para su supervivencia y la evacuación de todos sus residuos. Antes el tema del “ qué hacer con los desechos? “ no planteaba ningún problema, porque la población era pequeña y el área para poder asimilar estos desechos era muy extensa.

Residuos sólidos son todos aquellos que surgen de las actividades humanas y animales. Estos normalmente son sólidos y se desechan como inútiles y no queridos. Por sus propiedades, los materiales de los residuos desechados a menudo son reutilizables y se pueden aprovechar como un recurso en otra área. Los residuos sólidos incluyen todos los materiales sólidos o semisólidos que el poseedor ya no considera de suficiente valor como para ser retenidos. Proviene de casas, oficinas, instituciones, vías públicas, parques, mercados construcciones y demoliciones.

A. TIPOS DE RESIDUOS SOLIDOS

Cuadro 3.1
Fuentes de Residuos sólidos en la comunidad

Fuente	Instalaciones, actividades o localizaciones donde se generan	Tipos de residuos sólidos
Doméstica	Viviendas aisladas y bloques de baja, mediana y elevada altura, etc., unifamiliares y multifamiliares	Residuos de comida, papel, cartón, plásticos, textiles, cuero, residuos de jardín, madera, vidrios, latas de hojalata, aluminio, otros metales, cenizas, hojas en la calle, residuos especiales (artículos voluminosos, electrodomésticos, bienes de línea blanca, residuos de jardín recogidos separadamente, baterías, pilas, aceite, neumáticos); Residuos domésticos peligrosos.
Comercial	Tiendas, restaurantes, mercados, edificios de oficinas, hoteles, moteles, imprentas, gasolineras, talleres	Papel, cartón, plásticos, madera, residuos de comida, vidrio, metales, residuos especiales (ver párrafo superior).

	mecánicos, etc.	residuos peligrosos, etc.
Institucional	Escuelas, hospitales, cárceles, centros gubernamentales.	(Como en Comercial)
Construcción y demolición	Lugares nuevos de construcción, lugares de reparación/renovación de carreteras, derribos de edificios, pavimentos rotos.	Madera, acero, hormigón, suciedad, etc.
Servicios municipales (excluyendo plantas de tratamiento)	Limpieza de calles, paisajismo, limpieza de cuencas, parques y playas, otras zonas de recreo.	Residuos especiales, basura, barreruras de la calle, recortes de árboles y plantas, residuos de cuencas, residuos generales de parques, playas y zonas de recreo.
Plantas de tratamiento, incineradoras municipales	Agua, aguas residuales y procesos de tratamiento industrial, etc.	Residuos de plantas de tratamiento, compuestos principalmente de fangos.
Residuos sólidos urbanos	Todos los citados.	Todos los citados.

Fuente: Standard Industrial Clasificación Manual (SIC), Executive Office of the President, Office of Management and Budget, U.S. Government Printing Office, Washington, DC.

Los residuos sólidos totales de una comunidad están compuestos por materiales residuales ilustrados en el cuadro 3.2. La proporción doméstica y comercial constituye un 50 o 75 por ciento del total de los residuos sólidos urbanos que son generados en las sociedades. La distribución porcentual de éstos depende de 3 aspectos.

- Extensión de las actividades de construcción y demolición
- Extensión de los servicios municipales prestados
- Tipos de procesos de tratamiento de aguas sucias utilizadas

La distribución de porcentajes de los componentes que generan los RSU en una comunidad, se puede apreciar en el siguiente cuadro.

Cuadro 3.2
Distribución estimada de todos los componentes de los RSU generados en una Comunidad típica excluyendo los residuos industriales y agrícolas (1)

Categorías de residuos (2)	Porcentaje en Peso	
	Rangos	Típico
Domésticos y comerciales, excluyendo residuos especiales y peligrosos	50-75	62,0
Especiales (artículos voluminosos, electrodomésticos de consumo, bienes de línea blanca, residuos de jardín recogidos separadamente, baterías, pilas, aceite y neumáticos)	3-12	5,0
Peligrosos (3)	0,01-1,0	0,1
Instituciones	3-5	3,4

Construcción y demolición	8-20	14,0
Servicios municipales		
Limpieza de calle	2-5	3,8
Arboles y pasajismos	2-5	3,0
Parques y zonas de recreo	1,5-3	2,0
Sumideros		
Fangos de plantas de tratamiento	3-8	6,0
Total		100,0

* El rango de los valores presentados varía mucho según el método utilizado para identificar y clasificar los residuos peligrosos encontrados en los RSU

Fuente: Standard Industrial Clasificación Manual (SIC), Executive Office of the President, Office of Management and Budget, U.S. Government Printing Office, Washington, DC.

1. Doméstico y Comercial

Los residuos domésticos consisten en residuos sólidos orgánicos e inorgánicos provenientes de zonas residenciales y establecimientos comerciales. La fracción orgánica de estos residuos está conformada por materiales como residuos de comida, papel de todos los tipos, cartón, textiles, goma, cuero, madera, y otros residuos de jardín. La fracción inorgánica está conformada por residuos como vidrio, plásticos, cerámicas, latas, aluminio y metales.

Los residuos putrefactibles son aquellos que se descomponen rápidamente, especialmente en climas templados. La principal fuente de los residuos sólidos es la manipulación, la preparación, la cocción y la ingestión de comida. La descomposición conducirá al desarrollo de malos olores y la reproducción de moscas.

Los residuos peligrosos son aquellos que representan una amenaza a la salud pública. Los organismos vivos han sido definidos como residuos peligrosos.

Cuadro 3.3
Productos domésticos peligrosos típicos

Productos	Inquietud	Evacuación
Productos domésticos de limpieza		

Polvos abrasivos	Corrosivos	Instalación para residuos peligrosos
Aerosoles	Inflamables	Instalación para residuos peligrosos
Limpiadores con amoníaco y basados en amoníaco	Corrosivos b	Instalación para residuos peligrosos, o diluir en pequeñas cantidades
Lejía de cloro	Corrosiva c	Instalación para residuos peligrosos, o diluir en pequeñas cantidades
Desatascadora	Corrosivos	Instalación para residuos peligrosos
Abrillantadores para muebles	Inflamables	Instalación para residuos peligrosos
Limpia cristales	Irritantes	Diluir en pequeñas cantidades
Medicinas caducadas	Peligro para el resto de la familia	Diluir en pequeñas cantidades y arrojar por el inodoro
Limpia hornos	Corrosivo	Instalación para residuos peligrosos
Betún para calzado	Inflamable	Instalación para residuos peligrosos
Abrillantados para plata	Inflamable	Instalación para residuos peligrosos
Quitamanchas	Inflamables	Instalación para residuos peligrosos
Limpia inodoros	Corrosivo	Instalación de residuos peligrosos
Limpia moquetas y tapizados	Inflamables y/o corrosivo	Instalación de residuos peligrosos
Productos de cuidado personal		
Productos para ondular el pelo	Venenosos	Diluir en pequeñas cantidades y arrojar por el inodoro
Champús médicos	Venenosos	Diluir en pequeñas cantidades y arrojar por inodoro
Quitaesmalte para uñas	Venenosos, inflamables	Instalación para residuos peligrosos
Alcohol para frotaciones	Venenosos	Diluir en agua en pequeñas cantidades y arrojar por el inodoro
Productos de automovilismo Anticongelante	Venenosos	Instalación para residuos peligrosos
Líquido de frenos y de transmisión	Inflamable	Instalación para residuos peligrosos
Baterías de coches	Corrosivas	Centro de reparación / Reciclaje
Fuel diesel	Inflamable	Centro de reciclaje
Queroseno	Inflamable	Centro de reciclaje
Gasolina	Inflamable/ venenosa	Instalación para residuos peligrosos
Aceite residual	Inflamable	Centro de reciclaje
Producto	Inquietud	Evacuación
Productos de pintura		
Pinturas de esmalte, óleo, látex de agua	Inflamable	Donar o instalación de residuos peligrosos
Disolventes de pintura	Inflamable	Reutilizar o instalación para residuos peligrosos
Productos misceláneos		
Pilas	Corrosivas	Centro de reciclaje o instalación para residuos peligrosos
Productos químicos para fotografía	Corrosivos, venenosos	Instalación para residuos peligrosos o donar a las tiendas de fotografía
Ácidos y cloro de piscina	Corrosivo	Instalación para residuos peligrosos
Pesticidas, herbicidas y fertilizantes		
Incluyendo insecticidas de jardín, mata hormigas y cucarachas, herbicidas domésticos, etc.	Venenosos, algunos inflamables	Instalación para residuos peligrosos o Departamento de Agricultura el Condado.
Fertilizantes químicos	Venenosos	Instalación para residuos peligrosos o Departamento de Agricultura del Condado

Insecticidas para plantas domésticas	Venenosos	Instalación para residuos peligrosos
--------------------------------------	-----------	--------------------------------------

* Nunca debe mezclarse amoníaco con productos de base clorada (puede producirse un gas mortal)

* Nunca debe mezclarse con limpiador de inodoros

Fuente: Standard Industrial Clasificación Manual (SIC), Executive Office of the President, Office of Management and Budget. U.S. Government Printing Office. Washington, DC.

Cuadro 3.4
Distribución de los materiales residuales peligrosos encontrados en los
RSU domésticos y comerciales

Artículo	Porcentaje
Productos domésticos y de limpieza	40.0
Productos de cuidado personal	16.4
Productos de automóviles	30.1
Pintura y productos relacionados	7.5
Pesticidas, insecticidas y herbicidas	2.5
Otros	3.5

Nota: la cantidad de material residual peligroso encontrado en los RSU domésticos y comerciales
Es del orden del 0.1 por ciento

Fuente: Gestión Integral de Residuos Sólidos, George Tchobanoglous, Hilary Thiesen,
Mc-Graw Hill, 1994.

Cuadro 3.5
Distribución de materiales residuales peligrosos recogidos durante días
Específicos para la recogida de residuos peligrosos

Residuos peligrosos	Porcentaje del total
Pintura de óleo	31.9
Disolventes	15.4
Pintura Látex	12.1
Pesticidas	9.9
Latas de aceite vacías	8.8
Productos de limpieza	8.3
Aceite residual	5.0
Acidos / bases	4.0
Derivados de petróleo	1.7
Otros	2.9

Fuente: Gestión Integral de Residuos Sólidos. George Tchobanoglous, Hilary Thiesen,
Mc-Graw Hill, 1994.

Los residuos especiales de origen doméstico, son aquellos que incluyen artículos voluminosos como electrodomésticos de consumo, productos de línea blanca, residuos de jardín que son recogidos por separado, bacterias, aceite y neumáticos, por lo general

estos residuos son manipulados separados a los demás residuos domésticos y comerciales.

2. Institucionales, Construcción y Demolición

Entre los productores de los residuos institucionales están incluidos los centros gubernamentales, escuelas, cárceles y hospitales. Los residuos generados por estas instituciones son muy similares a los residuos sólidos urbanos no seleccionados. En los hospitales, los residuos sanitarios son manipulados y tratados separados de los demás.

Los residuos de construcción, son aquellos que quedan de la construcción, remodelación y arreglos de viviendas, edificios y otras estructuras. Su composición es muy variable, pero entre ellas incluye piedras, hormigón, ladrillos, escayola, maderas, grava y todo tipo de material de construcción. Los residuos de similar constitución generados por demolición de edificios, calles levantadas, aceras, puentes y otros, son denominados residuos de demolición.

3. Plantas de Tratamiento e Industriales

Los residuos de plantas de tratamiento son aquellos residuos sólidos y semisólidos de aguas sucias e institucionales de tratamiento de residuos industriales.

Todos los procesos industriales generan residuos que son evacuados a cuencas cercanas que en algún momento llegan a nuestros ríos, lagos o mares. Estos dependen de la clasificación industrial en la que se encuentran. Mostrados en el cuadro 3.6. Se puede observar los tipos de residuos de procesos industriales, y cualesquiera de los residuos peligrosos que puedan ser generados.

Cuadro 3.6
Fuentes y tipos de residuos industriales

Código	Clasificación SIC por grupo	Procesos generadores de residuos	Residuos específicos esperados
19	Pertrechos militares y accesorios	Fabricación y montaje	Metales, plásticos, goma, papel, madera, tela, rechazos químicos
20	Comida y productos asociados	Procesamiento, empaquetamiento, transportes	Carnes, grasas, aceites, huevos, vísceras, vegetales, frutos secos y cáscaras, cereales
22	Productos de fábricas de tejidos	Tejidos, elaboración, tintado y transporte	Rechazos de tejidos y fibras
23	Ropa y otros productos elaborados	Corte, costura, encolaje, planchado	Tejidos, fibras metales plásticos, goma
24	Madera y productos de madera	Aserraderos, maquinaria de planta, contenedores de madera, productos misceláneos de madera, fabricación	Madera no útil, viruta, aserrín en algunos casos metales, plásticos, fibras, pegamentos. Selladores, pinturas, disolventes
25 ^a	Muebles, madera	Fabricación de muebles de hogar y oficina, tabiques instalaciones fijas de tiendas y oficinas, sommieres	Aquellos listados para el código 24; además, tejidos y rechazos de relleno
25 ^b	Muebles, metales	Fabricación de muebles de hogar y oficina, cerraduras, muelles de colchón, estructuras	Metales, plásticos, resinas, vidrio, goma, adhesivos, tejidos, papel
26	Papel y productos asociados	Fabricación de papel, conversión de papel y cartón fabricación de cajas y contenedores de cartón	Rechazos de papel y fibras, productos químicos, recubrimientos de papel, tintas, pegamentos, grapas, etc.
27	Impresión y edición	Edición de periódicos, impresión, fotografía, grabados y encuadernación e libros	Papel, papel de periódicos, cartón, metales, productos químicos, tejidos, tintas, pegamentos
28	Productos químicos y productos relacionados	Fabricación y preparación de productos químicos inorgánicos (variando desde medicinas y jabones hasta pinturas, barnices y explosivos)	Productos químicos e inorgánicos, metales, plásticos, goma, vidrio, aceite, disolvente, pigmentos
29	Refinería de petróleo e industrias relacionadas	Fabricación de materiales de pavimentación y tejados	Asfalto y alquitranes, fieltros, amianto, papel tejido, fibra
30	Goma de diversos productos plásticos	Elaboración de goma y productos plásticos	Goma y plásticos no útiles, negro de humo, compuestos de curado, tintas
31	Cuero y productos de cuero	Curtido y acabado de cuero, fabricación de cinta y envases de cuero	Cuero no útil, hilo, tintas, aceites, compuestos de procesamiento y curado
32	Productos de piedra, arcilla y vidrio	Fabricación de vidrio en planchas, fabricación y formación de vidrio, fabricación de hormigón,	Vidrio, cemento, arcilla, cerámica, yeso, amianto, piedra, papel, abrasivos

		yeso y productos de yeso; formación y procesamiento de piedra y productos de piedra, abrasivos, amianto y productos misceláneos no minerales	
33	Industrias primarias de metal	Operaciones de fusión, fundación, forjado, revenido, laminado, embutición y extracción	Chatarra de metales féreos y no féreos, escoria, arena, machos y modelos para moldes, agentes de cohesión
34	Productos fabricados de metal	Fabricación de latas metálicas, herramientas, ferreteria en general, aparatos de calefacción no eléctricos, instalaciones de fontanería, productos estructurales prefabricados, alambre.	Metales cerámica, arena, escoria, láminas, recubrimientos, disolventes, lubricantes, licores de los baños limpiadores de metales
35	Maquinaria (no eléctrico)	Fabricación de equipamiento de construcción, minería, elevadores, escaleras mecánicas, transportadora, camiones industriales, trailers, apiladoras, herramientas de mecánica, etc.	Escoria, arena machos de moldes, chatarra metálica, madera, plásticos, resinas goma, tejido, pintura, disolventes, productos de petróleo

Fuente: Standard Industrial Clasificación Manual (SIC), Executive Office of the President, Office of Management and Budget, U.S. Government Printing Office, Washington, DC.

B. COMPOSICION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

Poder evaluar la composición de los residuos sólidos es muy importante, para poder evaluar las necesidades de equipo, los sistemas, programas y planes de gestión. Hay varios factores que dependen para el tipo de composición de los residuos sólidos, entre ellos está la extensión de las actividades de construcción y demolición, la extensión de los servicios municipales suministrados y los tipos de procesos de tratamiento de agua y aguas sucias que son utilizadas. En el cuadro 3.7 se pueden ver los datos típicos de las distribuciones de los RSU.

Cuadro 3.7
Distribución estimada de todos los componentes de los RSU generados en una
Comunidad típica excluyendo los residuos industriales y agrícolas

Categorías de residuos	Rangos	Típico
Domésticos y comerciales, excluyendo residuos especiales y peligrosos	50-75	62,0
Especiales (artículos voluminosos, electrodomésticos de consumo, bienes de línea blanca, residuos de jardín recogidos separadamente, baterías, pilas, aceite y neumáticos)	3-12	5,0
Peligrosos	0,01-1,0	0,1
Instituciones	3-5	3,4
Construcción y demolición	8-20	14,0
Servicios municipales		
Limpieza de calle	2-5	3,8
Arboles y paisajismos	2-5	3,0
Parques y zonas de recreo	1,5-3	2,0
Sumideros		
Fangos de plantas de tratamiento	3-8	6,0
Total		100,0

Fuente: Gestión Integral de Residuos Sólidos, George Tchobanoglous, Hilary Thiesen, Mc-Graw Hill, 1994.

C. GENERACION DE RESIDUOS EN UNA SOCIEDAD

Se les llama residuos de una sociedad a los desechos sólidos de origen residencial, comercial, institucional, por barrido y limpieza de vías y áreas públicas. En los desechos sólidos de origen institucional podemos mencionar, los desechos generados por edificios de usos públicos, tal el caso de escuelas, mercados, etc.

El mayor volumen de desechos sólidos es de origen residencial y domiciliar. La cantidad depende de la actividad y de las características socioeconómicas de la población. Las poblaciones a tratar son poblaciones dormitorio, ésto es un indicador de menor generación de desechos que el promedio de la ciudad de Guatemala. También se considera que en general son poblaciones pobres con bajos ingresos, factor que nos indica una generación baja de desechos.

1. Generación de Desechos por Habitante y Día

La clasificación de producción de desechos se hace por estratificación socio económica, dividiendo los estratos en clase alta, media, baja y pobre. Esta estratificación se puede realizar en función del ingreso familiar, el tipo de calle en el frente de la vivienda, dimensiones de la vivienda, la existencia de jardines en la vivienda, el número de vehículos, número de empleados de servicio y otros.

La institución japonesa - Japan International Cooperation Agency " JICA " - realizó un estudio de los manejos de los desechos sólidos en áreas metropolitanas. Con relación al estudio, se analizaron los estratos económicos y se encontraron valores de generación de desechos de cada uno de ellos:

Cuadro 3.8
Producción de Basura Por nivel social

ESTRATO	GENERACION EN Kg/hab/dia
Clase Alta	0.767
Clase Media	0.564
Clase Baja	0.549
Pobre (marginal)	0.296

Fuente: Gestión Integral de Residuos Sólidos. George Tchobanoglous, Hilary Thiesen, Mc-Graw Hill, 1994.

D. PROPIEDADES DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

1. Propiedades Físicas

Las propiedades físicas más importantes de los RSU incluyen: peso específico, contenido de humedad, tamaño de partícula y distribución del tamaño, capacidad de campo y porosidad de los residuos compactados.

a. Peso Especifico

El peso específico se define como el peso de un material por unidad de volumen. Ya que el peso específico en los RSU frecuentemente se refiere a residuos sueltos, encontrados en los contenedores, no compactados, compactados, etc. En el cuadro 3.9 podemos ver los datos típicos utilizados para el peso específico y el contenido de humedad para los RSU.

CUADRO 3.9
Datos típicos sobre peso específico y contenido en humedad para residuos
Domésticos, comerciales, industriales y agrícolas

Tipos de Residuos	Peso específico, Kg / m ³		Contenido en humedad, porcentaje en peso	
	Rango	Típico	Rango	Típico
Domésticos (no compactados)				
Residuos de comida (mezclados)	131-481	291	50-80	70
Papel	42-131	89	4-10	6
Cartón	42-80	50	4-8	5
Plásticos	42-131	65	1-4	2
Textiles	42-101	65	6-15	10
Goma	101-202	131	1-4	2
Cuero	101-261	160	8-12	10
Residuos de jardín	59-225	101	30-80	60
Madera	131-320	237	15-40	20
Vidrio	160-481	196	1-4	2
Latas de hojalata	50-160	89	2-4	3
Aluminio	65-240	160	2-4	2
Otros metales	131-1.151	320	2-4	3
Suciedad, cenizas, etc.	320-1.000	481	6-12	8
Cenizas	650-831	745	6-12	6
Basuras	89-181	131	5-20	15
Residuos domésticos de jardín				
Hojas (sueltas y secas)	30-148	59	20-40	30
Hierba verde (sueltas y húmedas)	208-297	237	40-80	60
Hierba verde (húmeda y compactada)	593-831	593	50-90	80
Residuos de jardín (triturados)	267-356	297	20-70	50
Residuos de jardín (compostados)	267-386	326	40-60	50
Tipo de Residuos				
Urbanos				
En camión compactado	178-451	297	15-40	20
En vertedero				
Mediamente compactados	362-498	451	15-40	25
Bien compactados	590-742	600	15-40	25
Comerciales				
Residuos de comida (húmedos)	475-950	540	50-80	70
Aparatos	148-202	181	0-2	1

Caja de madera	110-160	110	10-30	20
Podas de árboles	101-181	148	20-80	5
Basura (combustible)	50-181	119	1-30	15
Basura (no combustible)	181-362	300	5-15	10
Basura (mezcla)	139-181	160	10-25	15
Construcción y demolición				
Demolición mezclados (no combustible)	1.000-1.600	1.421	2-10	4
Demolición mezclados (combustibles)	300-400	360	4-15	8
Construcción mezclados (combustible)	181-360	261	4-15	8
Hormigón roto	1.198-1.800	1.540	0-5	-
Industriales				
Fangos químicos (húmedos)	801-1.101	1.000	75-99	80
Cenizas volantes	700-900	800	2-10	4
Rastro de cuero	100-250	160	6-15	10
Chatarras metálicas (pesada)	1.501-2.000	1.780	0-5	-
Chatarra metálica (ligera)	498-900	740	0-5	-
Chatarra metálica (mezclada)	700-1.500	900	0-5	-
Aceites, alquitranes, asfalto	801-1.000	950	0-5	2
Serrín	101-350	291	10-40	20
Residuos textiles	101-220	181	6-15	10
Madera (mezclada)	400-676	498	30-60	25
Agrícolas				
Agrícolas (mezclados)	400-751	561	40-8050	
Animales muertos	202-498	359	-	-
Residuos de frutas (mezclados)	249-751	359	60-90	75
Estiércol (húmedo)	899-1.050	1.000	75-96	94
Residuos de vegetales (mezclados)	202-700	359	60-90	75

Fuente: Standard Industrial Clasificación Manual (SIC), Executive Office of the President, Office of Management and Budget, U.S. Government Printing Office, Washington, DC.

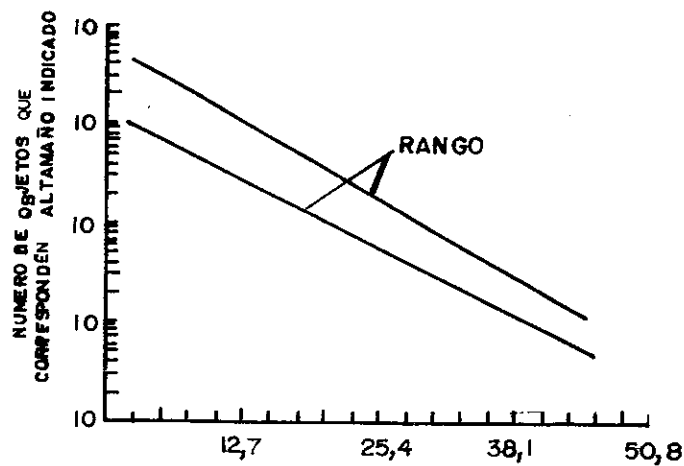
b. Contenido de Humedad

El contenido de humedad de los residuos sólidos normalmente se expresa de dos formas. En el método de medición peso-húmedo, la humedad de una muestra se expresa como un porcentaje del peso del material húmedo. en el método peso-seco, se expresa como un porcentaje del peso seco del material. Los datos de contenido de Humedad se pueden apreciar en el cuadro 3.9 mostrada anteriormente.

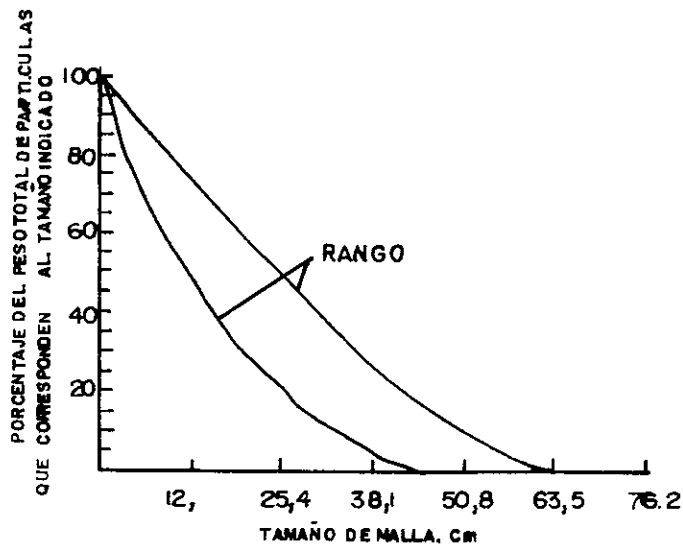
c. Tamaño de Partícula y distribución del tamaño

El tamaño y la distribución del tamaño de los componentes de los materiales en los residuos sólidos son una consideración importante dentro de la recuperación de

materiales, específicamente con medios mecánicos, como cribas, tromel y separadores magnéticos. Las relaciones de tamaños de las partículas se puede apreciar en los Dibujos 3.1 y 3.2.



DIBUJO 3.1
TAMAÑOS TÍPICOS DE COMPONENTES INDIVIDUALES EN RSU DOMESTICOS Y COMERCIALES



DIBUJO 3.2
PORCENTAJE DE LA MASA TOTAL DE LOS RSU DOMESTICOS Y COMERCIALES EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE MALLA (4,12)

d. Capacidad de campo

La capacidad de campo de los residuos sólidos es la cantidad total de humedad que puede ser retenida por una muestra de residuo sometida a la acción de la gravedad. La capacidad de campo de los residuos es de una importancia crítica para determinar la formación de lixiviación en los vertederos. El exceso de agua sobre la capacidad de campo se emitirá en forma de lixiviación. La capacidad de campo varía con el grado de presión aplicada y el estado de descomposición del residuo.

e. Permeabilidad de los residuos compactados

La conductividad hidrológica de los residuos compactados es una propiedad física importante que, en gran parte, gobierna el movimiento de líquidos y gases dentro de un vertedero. El coeficiente de permeabilidad normalmente se escribe como:

$$K = Cd^2 \gamma / \mu = k \gamma / \mu$$

Donde:

K = Coeficiente de Permeabilidad

C = Constante sin dimensiones o factor de forma

d. = Tamaño medio de los poros

γ = Peso específico del agua

μ = Viscosidad dinámica del agua

k = Permeabilidad intrínseca

2. Propiedades Químicas

La información sobre la composición química de los componentes que conforman los RSU es importante para evaluar las opciones de procesamiento y recuperación. Por ejemplo, la viabilidad de la incineración depende de la composición química de los residuos sólidos. Normalmente, se puede pensar que los residuos son una combinación de materiales semihúmedos combustibles y no combustibles. Si los residuos sólidos van a utilizarse como combustible, hay que conocer 4 propiedades que son las más importantes:

- Análisis Físico
- Punto de fusión de las cenizas
- Análisis elemental
- Contenido energético

Cuando la fracción orgánica de los RSU se va a compostar o se va a utilizar como alimento para la elaboración de otros productos de conversión biológica, no solamente será importante tener información sobre los elementos mayoritarios que componen los residuos, sino también será importante tener información sobre los elementos en cantidades porcentuales en que se encuentran en los residuos.

a. Análisis físico

El análisis físico para los componentes combustibles de los RSU incluye los siguientes ensayos.

- Humedad (determinación de la pérdida de humedad cuando se calienta a 105°C durante 1 hora).

- Materia volátil combustible (determinación de la pérdida de peso adicional con la ignición a 950°C en un crisol cubierto).
- Carbono fijo (determinación del rechazo combustible dejado después de retirar la materia volátil).
- Ceniza (determinación del peso del rechazo después de la incineración en un crisol abierto).

Los datos inmediatos para los componentes combustibles de los RSU según se desechan se presentan en el cuadro 3.10.

CUADRO 3.10
Análisis próximo y datos energéticos típicos para materiales encontrados en los residuos sólidos domésticos, comerciales e industriales

Tipo de residuos	Análisis próximo, porcentaje en peso				Contenido energético Kcal/kg		
	Humedad	Materia volátil	Carbono Fijo	No combustible	Como recogidos	Seco	Seco y libre de cenizas
Comida y productos de comida							
Grasas	2	95.3	2.5	0.2	8.964	9.148	9.353
Residuos de comida	70	21.4	3.6	5	998	3.324	3.989
Residuos de frutas	78.7	16.6	4	0.7	948	4.452	4.603
Residuos de carne	38.8	56.4	1.8	3.1	4.235	6.919	7.289
Productos de papel							
Cartón	5.2	77.5	12.3	5.0	3.912	4.127	4.357
Revistas	4.1	66.4	7	22.5	2.919	3.043	3.976
Papel Periódico	6	81.1	11.5	1.4	4.431	4.713	4.784
Papel (mezclado)	10.2	75.9	8.4	5.4	3.777	4.206	4.476
Cartones encerados	3.4	90.9	4.5	1.2	6.292	6.513	6.595
Plásticos							
Plásticos (mezclados)	0.2	95.8	2	2	7.834	7.995	8.902
Poliétileno	0.2	98.5	<0.1	1.2	10.382	10.402	10.529
Poliestireno	0.2	98.7	0.7	0.5	9.122	9.140	9.128
Poliuretano	0.2	87.1	8.3	4.4	6.224	6.237	6.524
Policloruro de vinilo	0.2	86.9	10.8	2.1	5.419	5.430	5.547
Textiles, goma, cuero							
Textiles	10	66	17.5	6.5	4.422	4.913	5.459
Goma	1.2	83.9	4.9	9.9	6.050	6.123	6.806
Cuero	10	68.5	12.5	9.0	4.167	4.467	4.990

Madera, árboles, etc.							
Residuos de jardín	60	30	9.5	0.5	1.445	3.613	3.658
Madera (verde)	50	42.3	7.3	0.4	1.167	2.333	2.352
Maderas duras	12	75.1	12.4	0.5	4.084	4.641	4.668
Madera (mezclada)	20	68.1	11.3	0.6	3.689	4.620	4.657
Vidrio, metales, etc.							
Vidrio y mineral	2.0	----	----	96-99 +	47	48	33
Metales, latas de hojalata	5.0	----	----	94-99 +	167	177	176
Metal férreo	2.0	----	----	96-99 +	----	----	----
Metal no férreo	2.0	----	----	94-99 +	----	----	----
RSU doméstico	21.0 (15-40)	52 (40-60)	7.0 (4-15)	20 (10-30)	2.778	3.472	4.629
RSU comerciales	15 (10-30)	----	----		3.056	3.594	
RSU	20 (10-30)	----	----		2.556	3.194	

Fuente: Standard Industrial Clasificación Manual (SIC), Executive Office of the President, Office of Management and Budget, U.S. Government Printing Office, Washington, DC.

b. Punto de Fusión de las cenizas

El punto de fusión de la ceniza se define como la temperatura en la que la ceniza resultante de la incineración de residuos se transforma en sólido (escoria) por la fusión y la aglomeración. Las temperaturas típicas de fusión para la formación de escorias de residuos sólidos oscilan entre 1,100°C y 1,200°C.

c. Análisis elemental

El análisis elemental de un residuo normalmente implica la determinación del porcentaje de C (carbono), H (hidrógeno), O (oxígeno), N (nitrógeno), S (azufre) y ceniza. Debido a la preocupación acerca de la emisión de compuestos clorados durante la combustión, frecuentemente se incluye la determinación de halógenos en el análisis elemental. Los resultados del análisis elemental se utilizan para caracterizar la composición química de la materia orgánica en los RSU. También se usa para definir la

mezcla correcta de materiales residuales necesaria para conseguir relaciones C/N aptas para los procesos de conversión biológica. Los datos sobre el análisis elemental de materiales combustibles individuales se presentan en el cuadro 3.11 y cuadro 3.12.

CUADRO 3.11
Datos típicos sobre el análisis elemental de material combustible presente
En los residuos sólidos domésticos, comerciales e industriales

Tipos de residuos	Porcentaje en peso (base seca)					
	Carbono	Hidrógeno	Oxígeno	Nitrógeno	Azufre	Cenizas
Comidas y productos de comidas						
Grasas	73,0	11,5	14,8	0,4	0,1	0,2
Residuos de comida (mezclados)	48,0	6,4	37,6	2,6	0,4	5,0
Residuos de frutas	48,5	6,2	39,5	1,4	0,2	4,2
Residuos de carne	59,6	9,4	24,7	1,2	0,2	4,9
Productos de papel						
Cartón	43,0	5,9	44,8	0,3	0,2	5,0
Revistas	32,9	5,0	38,6	0,1	0,1	23,3
Papel de periódico	49,1	6,1	43,0	<0,1	0,2	1,5
Papel (mezclado)	43,4	5,8	44,3	0,3	0,2	6,0
Cartones encerados	59,2	9,3	30,1	0,1	0,1	1,2
Plásticos						
Plásticos (mezclado)	60,0	7,2	22,8	-	-	10,0
Poliétileno	85,2	14,2	-	<0,1	<0,1	0,4
Poliestireno	87,1	8,4	4,0	0,2	-	0,3
Poliuretano	63,3	6,3	17,6	6,0	<0,1	4,3
Policloruro de vinilo	45,2	5,6	1,6	0,1	0,1	2,0
Textiles, goma, cuero						
Textiles	48,0	6,4	40,0	2,2	0,2	3,2
Goma	69,7	8,7	-	-	1,6	20,0
Cucro	60,0	8,0	11,6	10,0	0,4	10,0
Maderas, arboles, etc.						
Madera de jardín	46,0	6,0	38,0	3,4	3,0	6,3
Madera (madera verde)	50,0	6,4	42,3	0,1	0,1	1,0
Maderas duras	49,6	6,1	43,2	0,1	<0,1	0,9
Madera mezclada	49,5	6,0	42,7	0,2	<0,1	1,5
Viruta de madera (mezclada)	48,1	5,8	45,5	0,1	<0,1	0,4
Vidrios, metales, etc.						
Vidrio y mineral	0,5	0,1	0,4	<0,1	-	98,9
Metales (mezclada)	4,5	0,6	4,3	<0,1	-	90,5

Misceláneos						
Barreduras de oficina	24,3	3,0	4,0	0,5	0,2	68,0
Aceites, pinturas	66,9	9,6	5,2	2,0	-	16,3
Combustible derivado de residuos (CDR)	44,7	6,2	38,4	0,7	<0,1	9,9

Fuente: Gestión Integral de Residuos Sólidos, George Tchobanoglous, Hilary Thiesen, Mc-Graw Hill, 1994.

CUADRO 3.12
Datos típicos sobre el análisis elemental de los componentes combustibles en los RSU domésticos

Componentes	Porcentaje en peso (base seca)					
	Carbono	Hidrógeno	Oxígeno	Nitrógeno	Azufre	Cenizas
Orgánicos						
Residuos de comida	48	6.4	37.6	2.6	0.4	5.0
Papel	43.5	6.0	44.0	0.3	0.2	6.0
Cartón	44	5.9	44.6	0.3	0.2	5.0
Plásticos	60	7.2	22.8	-----	-----	10.0
Textiles	55	6.6	31.2	4.6	0.15	2.5
Goma	78	10.0	-----	2.0	-----	10.0
Cuero	60	8.0	11.6	10.0	0.4	10.0
Residuos de jardín	47.8	6.0	38.0	3.4	0.3	4.5
Madera	49.5	6.0	42.7	0.2	0.1	1.5
Inorgánicos						
Vidrio	0.5	0.1	0.4	0.1	-----	98.9
Metales	4.5	0.6	4.3	0.1	-----	90.5
Suciedad, cenizas, etc.	26.3	3.0	2.0	0.5	0.2	68.0

Fuente: Standard Industrial Classification Manual (SIC), Executive Office of the President, Office of Management and Budget, U.S. Government Printing Office, Washington, DC.

d. Contenido energético

El contenido energético de los componentes orgánicos en los RSU se puede determinar de varias formas.

- se utiliza una caldera a escala real como calorímetro
- se utiliza una bomba calorimétrica de laboratorio
- por cálculo, si se conoce la composición elemental

Por la facilidad que existe en este procedimiento, los componentes orgánicos de los RSU están basados en los resultados de ensayos con una bomba calorímetro. Los datos típicos del contenido energético y de los rechazos inertes de los componentes de residuos domésticos se representan en el cuadro 3.13.

CUADRO 3.13
Valores típicos de rechazos inertes y contenido energético
De los RSU domésticos

Componentes	Rechazos inertes porcentaje		Energía Kcal/kg	
	Rango	Típico	Rango	Típico
Orgánicos				
Residuos de comida	2-8	5,0	833-1.667	1.111
Papel	4-8	6,0	2.778-4.444	4.000
Cartón	3-6	5,0	3.333-4.167	3.889
Plásticos	6-20	10,0	6.667-8.889	7.778
Textiles	2-4	2,5	3.611-4.444	4.167
Goma	8-20	10,0	5.000-6.667	5.556
Cuero	8-20	10,0	3.611-4.722	4.167
Residuos de jardín	2-6	4,5	556-4.444	1.556
Madera	0,6-2	1,5	4.167-4.722	4.444
Orgánicos misceláneos	-	-	-	-
Inorgánicos				
Vidrios	99-99+	98,0	28-56d	33
Latas de hojalata	96-99+	98,0	56-278d	167
Aluminio	90-99+	96,0	-	-
Otros metales	94-99+	98,0	56-278d	167
Suciedad, cenizas, etc.	60-80	70,0	556-2.778	1.667
Residuos sólidos urbanos			2.222-3.333	2.778c

Fuente: Gestión Integral de Residuos Sólidos, George Tchobanoglous, Hilary Thiesen, Mc-Graw Hill, 1994.

3. Propiedades Biológicas de los RSU

Al excluir materiales como el plástico, la goma y el cuero, la fracción orgánica de la mayoría de los RSU se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Constituyentes solubles en agua, tales como azúcares, féculas, aminoácidos, y diversos ácidos orgánicos

- Hemicelulosa, un producto de condensación de azúcares con cinco y seis carbonos
- Celulosa, un producto de condensación de glucosa de azúcar con seis carbonos
- Grasas, aceites y ceras, que son esterres de alcoholes y ácidos grasos de cadena larga
- Lignina, un material polímero que contiene anillos aromáticos con grupos metoxi
- Lignocelulosa, una combinación de lignia y celulosa
- Proteínas, que están formadas por cadenas de aminoácidos

La biodegradabilidad es el contenido de sólidos volátiles determinado a 550°C. Existen ciertos materiales como el papel de periódico que es totalmente volátil pero bajos en biodegradabilidad. El cuadro 3.14 nos muestra con claridad los datos sobre la fracción biodegradable de ciertos componentes.

CUADRO 3.14
 Datos sobre la fracción biodegradable de componentes seleccionados de residuos orgánicos basados en el contenido de lignia

Componente	Sólidos volátiles (SV) porcentaje de sólidos totales (ST)	Contenido de Lignina (CL) porcentaje de SV	Fracción biodegradable (FV)
Residuos de comida	7-15	0.4	0.82
Papel			
Papel periódico	94.0	21.9	0.22
Papel de oficina	96.4	0.4	0.82
Cartón	94.0	12.9	0.47
Residuos de jardín	50-90	4.1	0.72

Fuente: Gestión Integral de Residuos Sólidos. George Tchobanoglous, Hilary Thiesen, Mc-Graw Hill, 1994.

Los olores pueden desarrollarse cuando los residuos sólidos se almacenan durante largos períodos de tiempo en estaciones de transferencia y en vertederos. La formación de olores se produce por la descomposición anaerobia de los componentes orgánicos que fácilmente se descomponen y que se encuentran en los RSU.

La reproducción de moscas en el verano y durante todas las estaciones en climas cálidos, es una cuestión importante para el almacenamiento de los residuos. Las moscas pueden desarrollarse en menos de dos semanas después de poner los huevos. El problema del desarrollo de las moscas, desde la etapa larval, en los contenedores de almacenamiento depende de los siguientes hechos: si los gusanos se desarrollan, son difíciles de quitar cuando se vacían los contenedores. Los que permanecen pueden desarrollarse hasta convertirse en moscas. Los gusanos también salen de los bidones destapados y se desarrollan hasta convertirse en moscas en el terreno circundante.

4. Transformaciones Físicas, químicas y biológicas

a. Transformaciones Físicas

Existen tres principales transformaciones físicas que se presenta en la operación de sistemas de gestión de residuos sólidos.

1. Separación de Componentes

Se le llama separación de componentes al proceso de separación por medios manuales o mecánicos de los diferentes componentes en los RSU que no están seleccionados. Este proceso es para transformar los residuos en componentes

heterogéneos a componentes más o menos homogéneos. Este es un proceso muy necesario, ya que después de esto se clasifican los residuos reciclables, peligrosos y otros.

2. Reducción mecánica de volumen

Este proceso de reducción de volumen se lleva a cabo por procesos de aplicación de fuerza o presión. En la mayoría de los casos los materiales reciclables tales como carros o chatarra, papel, cartón u otros, se empaican y se compactan para maximizar la cantidad de materiales por volumen.

3. Reducción mecánica de tamaño

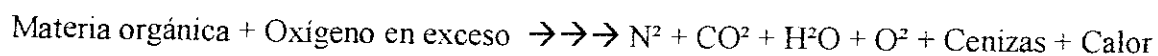
Este es el proceso para reducir el tamaño de los materiales residuales. Su propósito es reducir el tamaño y obtener un producto final que sea más fácil de manejar y considerablemente reducido en tamaño en comparación con su forma original. El término reducción de tamaño no necesariamente implica reducción de volumen, la mayoría de veces después de la reducción de tamaño, el volumen muchas veces es mayor que al inicio.

b. Transformaciones Químicas

Al cambio de fase de sólido a líquido, sólido a gas u otros se le llama transformación química. El proceso para reducir volumen o recuperar productos de conversión, los procesos utilizados principalmente para transformar los RSU son los siguientes.

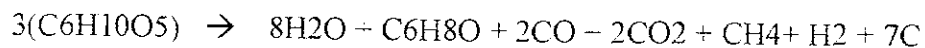
1. Combustión (oxidación química)

Combustión es la reacción química de oxígeno con materias orgánicas para producir compuestos oxidados, acompañados por emisión de luz y una rápida generación de calor. Se utiliza el oxígeno en exceso para asegurar la combustión total. La siguiente ecuación define el proceso de combustión:



2. Pirólisis

Este es el proceso en el cual ya que todas las sustancias orgánicas son térmicamente inestables, pueden romperse en fracciones gaseosas, líquidas y sólidas, mediante una combinación de crackin térmico y reacciones de condensación en un ambiente libre de oxígeno. Este proceso es altamente endotérmico a diferencia del proceso de combustión que es exotérmico. Los componentes resultantes de la pirólisis son 1) el flujo de gas que contiene principalmente hidrógeno, metano, monóxido de carbono, dióxido de carbono y diversos gases según el material; 2) el flujo de alquitrán y aceite que es líquido a temperatura ambiente y contiene sustancias químicas tales como ácido acético, acetona y metanol, y 3) la carbonilla, que se compone de carbono casi puro. La siguiente ecuación representa la reacción de pirólisis:



3. Gasificación

El proceso de gasificación implica la combustión parcial de un combustible carbonos para generar un gas combustible rico en monóxido de carbono, hidrógeno y algunos hidrocarburos saturados, principalmente metano. El gas combustible se puede

quemar en una caldera o en un motor de combustión interna. Cuando el gasificador se opera a presión atmosférica, con el aire como oxidante, los productos finales del proceso de gasificación son:

- Un gas de bajo poder calorífico que normalmente contiene dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), hidrógeno (H₂), metano (CH₄) y nitrógeno (N₂)
- Carbonilla, que contiene carbono y los inertes originarios del combustible
- Líquidos condensables similares al aceite pirolítico

c. Transformaciones Biológicas

Las transformaciones biológicas de la fracción orgánica de los RSU se pueden utilizar para reducir el volumen y el peso del material; para producir compost, una materia similar al humus que se puede utilizar como acondicionador del suelo, y para producir metano. Estas transformaciones pueden realizarse aeróbicamente o anaeróbicamente, según la disponibilidad de oxígeno.

1. Compostaje Aeróbico

Si se abandona, la fracción orgánica de los RSU sufrirá descomposición biológica. La extensión y el período de tiempo necesario para que esta descomposición se produzca depende del tipo de residuo y sus propiedades. Bajo condiciones controladas, los residuos de jardín y las partes orgánicas de los RSU se puede convertir en un residuo orgánico estable conocido como "compost". Los productos finales del compost son: nuevas

células, materia orgánica resistente, dióxido de carbono, agua, amoníaco y sulfato. El proceso de compostaje aeróbico se produce cuando a la materia orgánica se le mezcla con oxígeno y a éste se le mezcla con nutrientes provenientes del suelo. Esto sufre cambios aeróbicos y produce nuevas células y una materia orgánica resistente y con mayor cantidad de nutrientes en ello. Quedando así un tipo de abono que se conoce como compost.

2. Digestión anaerobia

La porción biodegradable de la fracción orgánica de los RSU se puede convertir biológicamente bajo condiciones anaerobias en un gas que contiene dióxido de carbono y metano. En este proceso la materia orgánica de los RSU con agua producen nuevas células y materia orgánica resistente llamada compost. En este proceso los principales productos finales son: dióxido de carbono, metano, amoníaco, sulfuro de hidrógeno y materia orgánica resistente. En la mayoría de los procesos de conversión anaerobios el dióxido de carbono y el metano constituyen más del 99 % del gas total producido. Luego de ser producido el gas es cuando nos queda la materia orgánica que puede ser descompuesta aeróbicamente para mayor estabilidad o puede ser utilizado después del proceso anaerobio.

IV. TRATAMIENTO

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

Los residuos tales como el papel, cartón, plástico, etc. Se pueden utilizar debido al valor que éstos han adquirido para el reciclaje y juega un papel muy importante en nuestro tratamiento. Debido a las técnicas que se han ido desarrollando para la reutilización de estos materiales, es importante tener un sistema de separación bien desarrollado para poder aprovechar al máximo estos residuos.

Los residuos orgánicos combustibles pueden convertirse en productos intermedios y después de varios procesos, en energía mediante una serie de procesos y sistemas los cuales se pueden ver a continuación.

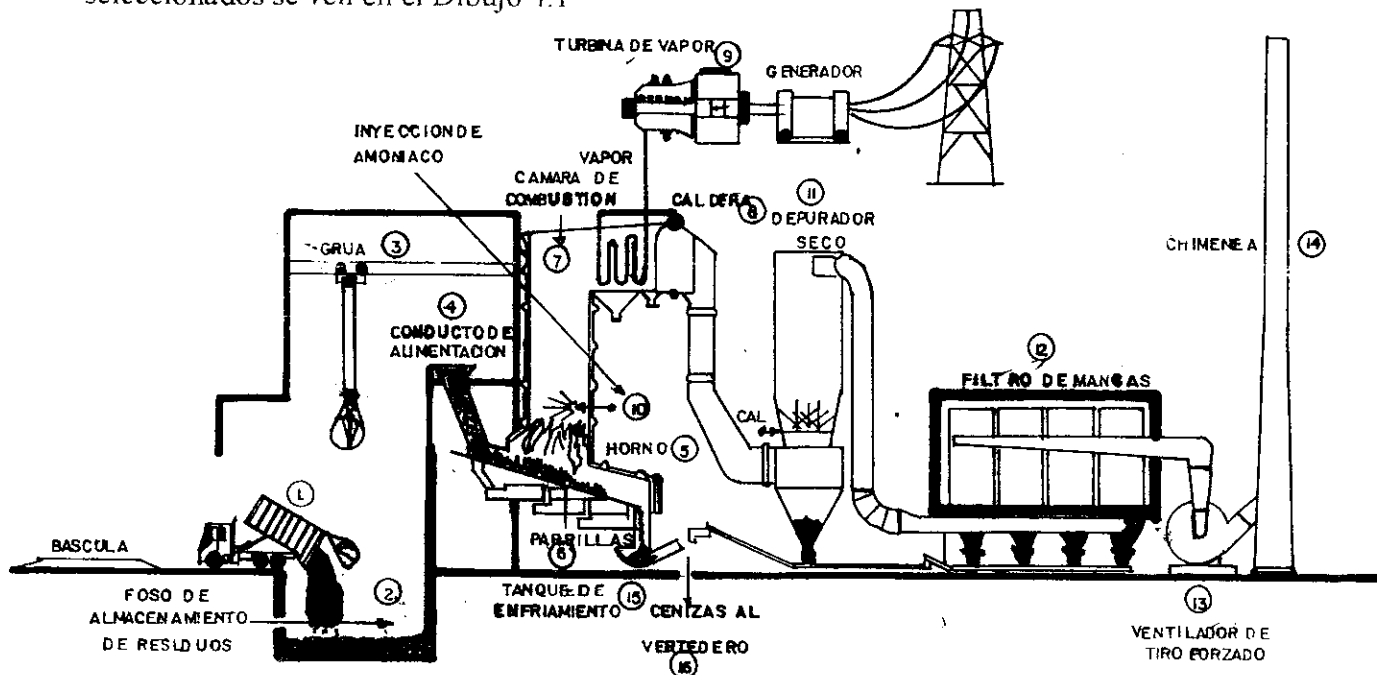
A. Sistemas de Incineración

Incineración es el proceso térmico de los residuos sólidos mediante oxidación química con cantidades estequiométricas o en exceso de oxígeno. Los productos finales incluyen gases calientes de combustión, compuestos principalmente de nitrógeno, dióxido de carbono y vapor de agua (gas de chimenea), y rechazos no combustibles (ceniza). Se puede recuperar energía mediante el intercambio del calor procedente de los gases calientes de combustión.

Los sistemas de incineración de residuos sólidos pueden diseñarse para operar con dos tipos de combustible de residuos sólidos: residuos sólidos no seleccionados y

residuos sólidos procesados en forma de combustible derivados de residuos (CDR quemado)

Las operaciones básicas implicadas en la incineración de los RSU no seleccionados se ven en el Dibujo 4.1



SECCION DE UNA INCINERADORA MUNICIPAL DE ALIMENTACION CONTINUA Y QUEMADA EN BRUTO, UTILIZADA PARA LA PRODUCCION DE ENERGIA DE RSU (CORTESIA DE COUNTY SANITATION DISTRICTS OR ANGELES COUNTY) DIBUJO 4.1

1. Incineradoras de Combustión en masa

En una incineradora de combustión en masa se da un procesamiento mínimo a los residuos sólidos antes de colocarlos en la tolva de alimentación de la incineradora. El operador de la grúa encargado de cargar la alimentadora puede rechazar artículos claramente no aptos. Sin embargo, se debe suponer que cualquier objeto dentro del flujo de RSU puede entrar finalmente en la incineradora, incluyendo objetos voluminosos no

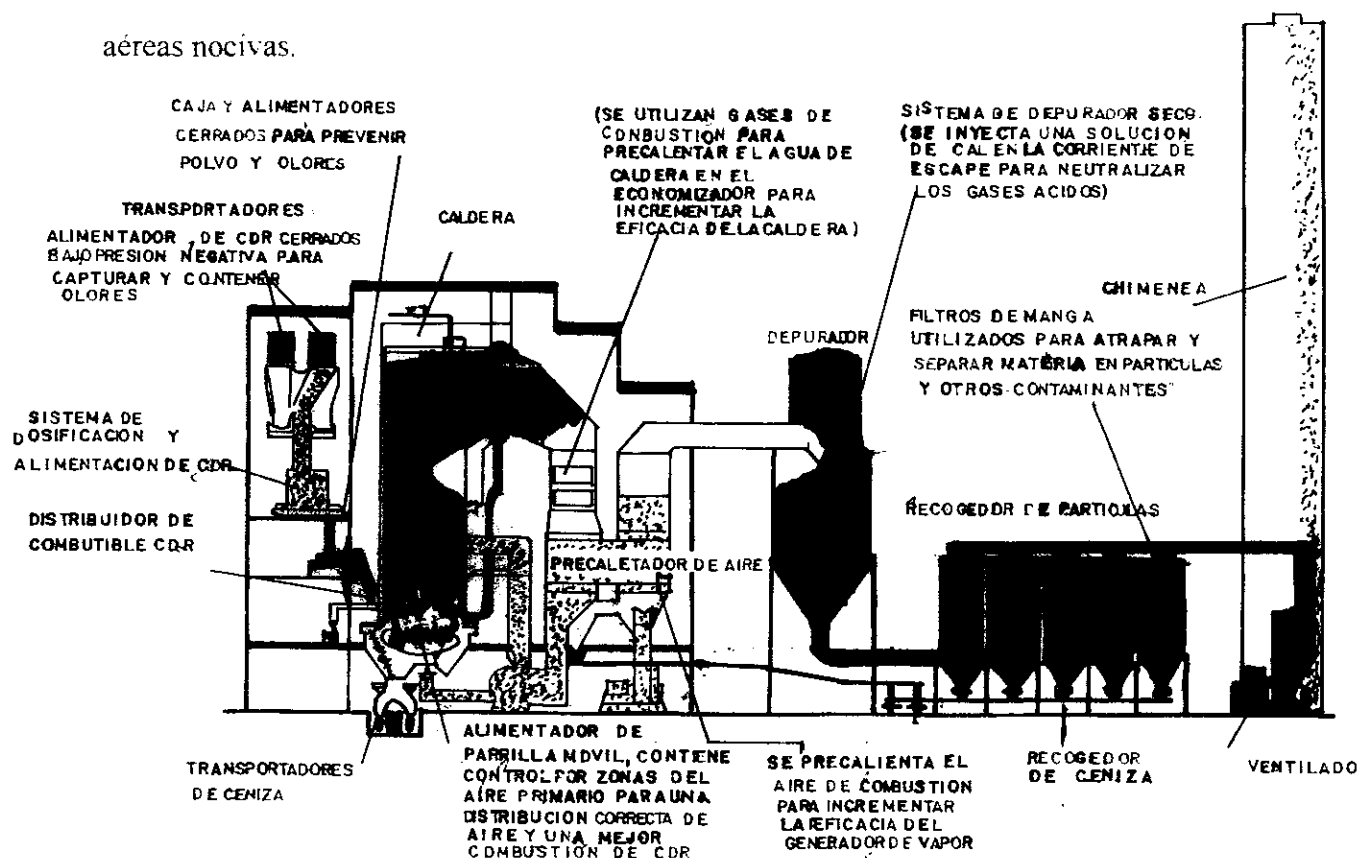
combustibles (por ejemplo: triciclos rotos), incluso residuos potencialmente peligrosos entregados en el sistema, ya sea a propósito o por confusión. Por estas razones la incineración se debe diseñar para manipular estos residuos rechazables sin causar daños al equipo o personal. El contenido energético de los residuos quemados en bruto puede ser extremadamente variable, según el clima, la estación del año y el origen de los residuos. A pesar de estas desventajas potenciales, las incineradoras de combustión en masa han llegado a ser la tecnología elegida para la mayoría de las incineradoras existentes y planificadas.

2. Incineradoras alimentadas por CDR

Comparándolo con la naturaleza incontrolada de los RSU no seleccionados y no procesados, el CDR puede producirse a partir de la fracción orgánica de los RSU, con una consistencia bastante buena como para cumplir las especificaciones de contenido energético, humedad y contenido de cenizas. Se puede producir CDR en forma triturada o fibrosa, o en formas cilíndricas o cúbicas densificadas. El CDR densificado (CDRd) es más costoso de producir, pero es más fácil de transportar y almacenar. Se pueden quemar las dos formas solas o mezcladas con carbón.

Por el contenido energético más alto del CDR pueden ser físicamente más pequeños que los sistemas comprobablemente equivalentes de RSU quemados en bruto. Un sistema alimentado por CDR también se puede controlar más eficazmente que un sistema de incineración en masa, por la naturaleza más homogénea del CDR, que permite un mejor control de contaminación aérea. Adicionalmente, un sistema correctamente

diseñado para el pre-procesamiento de los RSU puede lograr la separación de porciones importantes de metales, plásticos y otros materiales que puedan contribuir a emisiones aéreas nocivas.

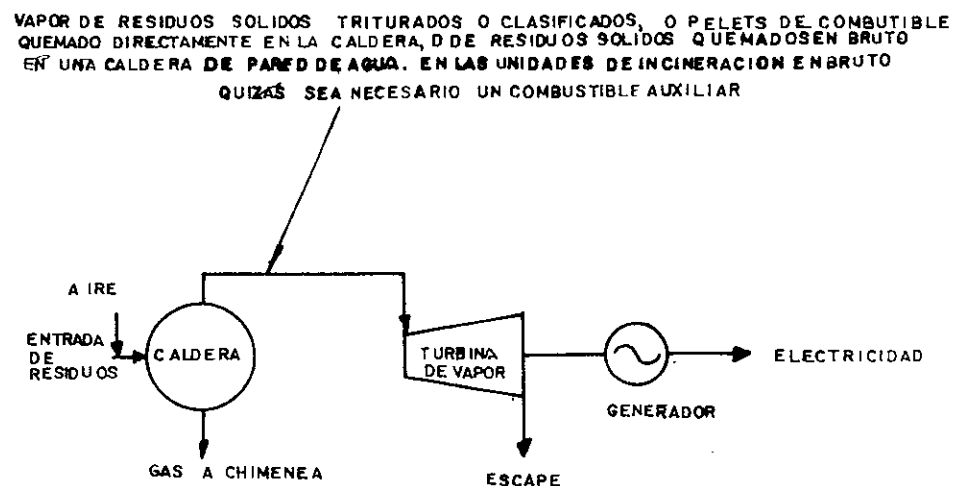


VISTA DE UN SISTEMA DE INCINERACION CON CALDERA UTILIZADO PARA LA PRODUCCION DE ENERGIA A PARTIR DE RESIDUOS SOLIDOS PROCESADOS. GAS NATURAL, ACEITE Y CARBON. (CORTESIA DE ABB RESOURCE RECOVERY SYSTEMS)
DIBUJO 4.2

3. Recuperación de energía

Actualmente todas las nuevas incineradoras en construcción en Estados Unidos y Europa emplean alguna forma de recuperación de energía para ayudar a recuperar los costos de operación, y reducir los costos de financiamiento del equipamiento para

controlar la contaminación aérea. La energía puede recuperarse de los gases calientes de chimenea generados por la incineración de RSU procesados, mediante dos métodos; 1) uso de una cámara de incineración de pantalla de agua, y 2) el uso de calderas de calor procedente de residuos, o ambos. Se puede generar agua caliente o vapor. El agua caliente puede utilizarse para aplicaciones industriales o para calefacción central de baja temperatura. El vapor es más versátil, porque se puede utilizar para calefacción y para generación de electricidad. Quizás el diagrama más común para la producción de energía eléctrica utilizando vapor implica el uso de una combinación generador-turbina de vapor. Como se puede apreciar en el siguiente Dibujo:



ESQUEMA DE UN SISTEMA PARA RECUPERACION DE ENERGIA UTILIZANDO UNA COMBINACION GENERADOR TURBINA DE VAPOR
DIBUJO 4.3

4. Reducción en Volumen

Entre los factores que se deben considerar en la valoración de los procesos de incineración de RSU está la cantidad de rechazos que quedan después de la incineración y si se necesitará combustible auxiliar cuando la recuperación de calor no sea de importancia primaria. La cantidad de rechazos depende de los tipos de residuos incinerados. En el siguiente cuadro se pueden apreciar los datos representativos sobre los rechazos procedentes de varios componentes de residuos sólidos.

CUADRO 4.1
Composición de rechazo de la incineración
De RSU no seleccionados

Componente	Porcentaje en peso	
	Rango	Típico
Materia orgánica parcialmente quemada o no quemada	3-10	5
Latas de hojalata	10-25	18
Otro hierro y acero	6-15	10
Otros metales	1-4	2
Vidrio	30-50	35
Cerámicas, piedras, ladrillos	2-8	5
Cenizas	10-35	25
Total		100

Fuente: Gestión Integral de Residuos Sólidos, George Tchobanoglous, Hilary Thiesen, Mc-Graw Hill, 1994.

B. Sistema de Pirólisis

Pirólisis es el procesamiento térmico de residuos en ausencia total de oxígeno. Existe cierta confusión entre el sistema de pirólisis y de gasificación. Se usan sistemas de pirólisis y gasificación para convertir los residuos sólidos en combustibles gaseosos, líquidos y sólidos. La diferencia principal entre estos dos es que los sistemas de pirólisis utilizan una fuente de combustible externa para conducir las reacciones endotérmicas de

pirólisis en un ambiente libre de oxígeno, mientras que los sistemas de gasificación se sostienen sin aportes externos y usan aire u oxígeno para la combustión parcial de los residuos sólidos.

Como la mayoría de las sustancias orgánicas son térmicamente inestables se pueden romper, con un calentamiento en un ambiente libre de oxígeno, mediante una combinación de desintegración térmica y reacciones de condensación en fracciones gaseosas, líquidas y sólidas. Este proceso es altamente endotérmico, requiriendo una fuente de calor externa.

Las tres fracciones de componentes más importantes producidas mediante pirólisis son las siguientes:

1. Una corriente de gas que contiene principalmente hidrógeno, metano, monóxido de carbono y diversos gases, según las características del material que es pirolizado.
2. Una fracción líquida que consiste en un flujo de alquitrán o aceite que contiene ácido acético, acetona, metanol e hidrocarburos oxigenados complejos. Con un procesamiento adicional, la fracción líquida puede utilizarse como aceite combustible sintético sustituyendo al aceite combustible convencional número 6.
3. Coque inferior que consiste en carbono casi puro más cualquier material inerte originalmente presente en los residuos sólidos

En el cuadro 4.2 se presentan datos representativos sobre el producto en función de la temperatura de operación. En el cuadro 4.3 se dan análisis típicos de gas de pirólisis en función de la temperatura.

CUADRO 4.2
Balance de masas para pirólisis

Temperatura (°C)	Residuos (kg)	Gases (kg)	Acidos alquitranes y prolíficos (kg)	Coque (kg)	Masa considerada (kg)
480	100	12.33	61.08	24.71	98.12
650	100	18.64	59.18	21.80	99.62
820	100	23.69	59.67	17.24	100.59
930	100	24.36	58.70	17.67	100.73

Fuente: Gestión Integral de Residuos Sólidos, George Tchobanoglous, Hilary Thiesen, Mc-Graw Hill, 1994.

CUADRO 4.3
Composición de gas de pirólisis en función de temperatura

Gas	Porcentaje en volumen			
	480 °C	650 °C	820 °C	930 °C
H ₂	5.56	16.58	28.55	32.48
CH ₄	12.43	15.91	13.73	10.45
CO	33.50	30.49	34.12	33.25
CO ₂	44.77	31.78	20.59	18.31
C ₂ H ₄	0.45	2.18	2.24	2.43
C ₂ H ₆	3.03	3.06	0.77	1.07
Total	99.74	100.00	100.00	99.99

Fuente: Gestión Integral de Residuos Sólidos, George Tchobanoglous, Hilary Thiesen, Mc-Graw Hill, 1994.

En el Dibujo 4.4 se muestra un diagrama de flujo simplificado. El sistema primario emplea dos etapas de trituración, clasificación neumática, cribado y secado para producir una fracción orgánica muy fina. También se recuperaron los metales féreos, el aluminio y el vidrio utilizando separación magnética, separación por corriente foucault y flotación, respectivamente. La parte del sistema que implicaba la pirólisis consistió en varios lazos interconectados de proceso. Los productos finales eran pirolíticos, gases, coque inferior y ceniza.

C. Sistema de Gasificación

Gasificación es el término global utilizado para describir el proceso de combustión parcial en el que un combustible es quemado a propósito con menos aire que el estequiométrico. Aunque el proceso se descubrió en el siglo XIX, sólo recientemente se ha aplicado para el procesamiento de residuos sólidos.

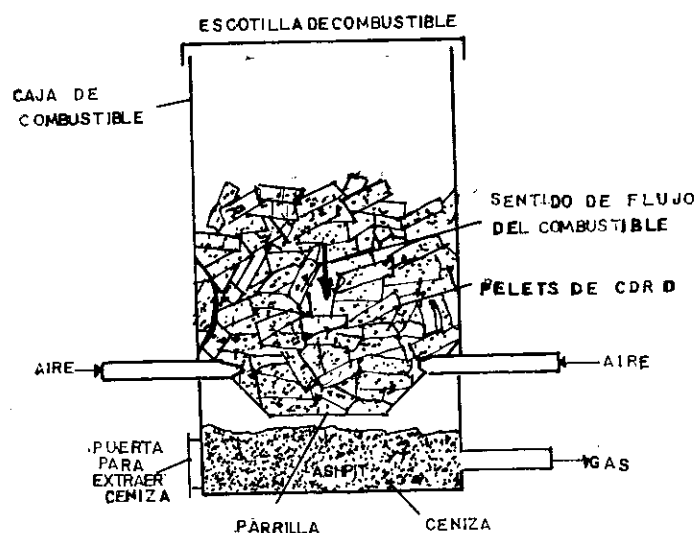
La gasificación es una técnica energéticamente eficaz para reducir el volumen de los residuos sólidos y recuperar energía. Esencialmente el proceso implica la combustión parcial de un combustible, carbonos para generar un combustible rico en gas con altos contenidos de monóxido de carbono, hidrógeno y algunos hidrocarburos saturados, principalmente metano. El gas combustible puede quemarse en un motor de combustión interna, turbina de gas o caldera en condiciones de oxígeno adicional.

Hay cinco tipos básicos de gasificadores: 1) de lecho fijo vertical, 2) de lecho fijo horizontal, 3) de lecho fluidizado, 4) de hogar múltiple y 5) de horno rotatorio. De éstos únicamente se explicarán los primeros 3 ya que son los que más se utilizan.

1. Lecho fijo vertical

El gasificador de lecho vertical tiene algunas ventajas sobre los otros tipos de gasificadores. Entre éstas está su simplicidad y que sus costos son relativamente bajos. Sin embargo este tipo de reactor es más sensible a las características mecánicas del combustible, ya que requiere un combustible uniforme y homogéneo, como el CDR densificado.

El flujo del combustible a través del gasificador se produce por gravedad, con aire y el combustible fluyendo conjuntamente a través del reactor. Los productos finales del proceso son principalmente gas de bajo poder calorífico y coque. Dicho proceso antes explicado se puede apreciar en el Dibujo 4.5.



DIGRAMA ESQUEMATICO DE UN GASSIFICADOR DE
LECHO FIJO VERTICAL DE ALIMENTACION EN LOTES
DIBUJO 4.5

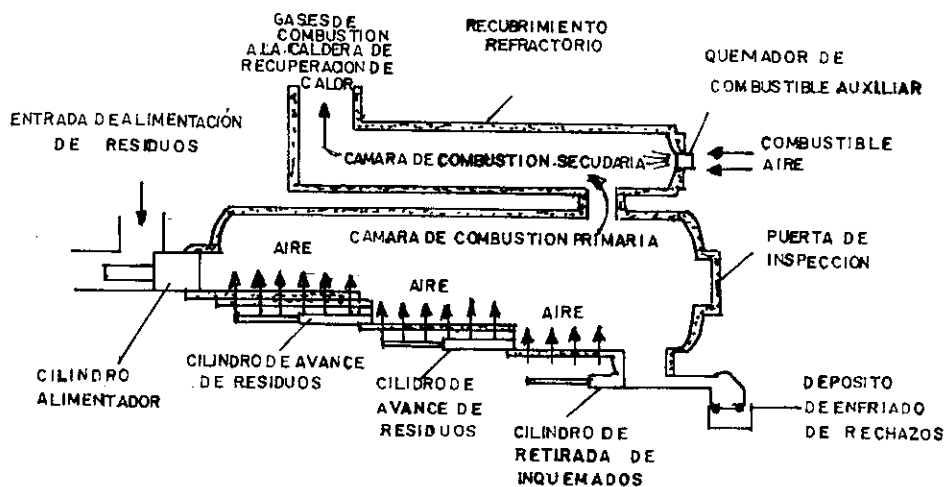
2. Lecho fijo horizontal

Comercialmente el gasificador de lecho horizontal es el más disponible. Se conoce como incinerada de aire restringido, aire controlado o pirolítica. El término de esta sección es de una unidad de combustión (UCM).

Una UCM está formada por dos componentes importantes: una cámara de combustión primaria y una cámara de combustión secundaria. En la cámara primaria, los residuos se gasifican mediante una combustión parcial en condiciones sub-

estequiométricas, produciéndose un gas de bajo poder calorífico que después fluye a la cámara de combustión secundaria, donde se quema con oxígeno adicional. La combustión secundaria produce gases de altas temperaturas (650 a 870 °C) de combustión completa (CO₂, H₂O, N₂) que se pueden utilizar para producir vapor o agua caliente en una caldera adjunta de calor residual. Una menor velocidad y turbulencia en la cámara de combustión primaria minimiza el arrastre de las partículas en la corriente de gas que conduce a unas emisiones de partículas más bajas que en las incineradoras convencionales de oxígeno adicional. El proceso antes mencionado se puede apreciar en el Dibujo 4.6.

Cuando se instalan calderas para la recuperación del calor, el vapor o el agua caliente producidos deben estar unidos cuidadosamente a un consumidor cercano. Algunas aplicaciones incluyen la incineración de residuos de madera en una fábrica de madera laminada, donde se aprovecha el vapor en el proceso de producción, y la incineración de RSU en un polígono industrial pequeño, donde se utiliza el vapor para la calefacción y el aire acondicionado de los edificios cercanos industriales y de oficinas.



UNIDAD DE COMBUSTION MODULAR UTILIZADA PARA RSU
DOMESTICOS Y COMERCIALES, Y PARA RESIDUOS
INDUSTRIALES SELECCIONADOS
DIBUJO 4.6

3. Lecho fluidizado

El uso de la combustión en lecho fluidizado para la incineración de RSU con aire en exceso se ha tratado anteriormente. Con modificaciones mínimas, se puede operar un sistema de combustión de lecho fluidizado en forma sub-estequiométrica como gasificador. Se han llevado a cabo varios ensayos a escala piloto con RSU como combustible. En Japón se ha desarrollado un gasificador de lecho fluidizado dual. El sistema emplea dos lechos fluidizados, uno para medio de transferencia de calor entre los dos lechos y producen un gas de poder calorífico medio. Este sistema de lecho fluidizado produce gas de bajo poder calorífico que se utiliza en las calderas para la producción de vapor y electricidad.

D. Relleno Sanitario

El relleno Sanitario es una técnica de disposición final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia ni peligro para la salud y seguridad de los vecinos, tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de terminado el mismo. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura a un área lo más pequeña posible, cubriéndola con capas, que son compactadas a medida que se trabajan los desechos en el plano indicado en ángulos que varían de 24 a 45 grados de inclinación, bien a favor de la fuerza de gravedad o en contra de ésta. El método consiste en que se sepultan los desechos sólidos bajo la aplicación de las diferentes técnicas ya vistas. Además prever los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos en el relleno, por efecto de la descomposición de la materia orgánica.

El sistema constructivo así como la secuencia de la operación de un relleno sanitario están determinados principalmente por la topografía del terreno escogido, aunque también dependen de la fuente del material de cobertura para construir dicho relleno. El terreno para el establecimiento de relleno sanitario, deberá ser fácilmente accesible a cualquier tipo de vehículos que deban usarlo normalmente, presentar una protección de la contaminación de las aguas que se puedan originar debido a la disposición de los residuos sólidos, así como una protección contra los movimientos descontrolados de los gases que se originan a partir de los residuos sólidos allí depositados, tener una cantidad adecuada de material de cobertura (tierra), que sea

fácilmente manipulable, compactable, libre de objetos voluminosos, y estar acorde con la planificación del uso de esas tierras en el futuro.

1. Método de trinchera o Zanja

Este método se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad, con el apoyo de una retroexcavadora o tractor de oruga. La tierra que se extrae, se coloca a un lado de la zanja para utilizarla como material de cobertura. Los desechos sólidos se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con la tierra. Este proceso se hace una vez. Luego de que la zanja haya sido cubierta, se puede excavar otra zanja a la par en sentido paralelo a la que inicialmente se había hecho. Este proceso se repite una y otra vez hasta cubrir el área plana disponible. El propósito de esto es que la basura sufrirá un proceso de descomposición y al cabo del tiempo, un promedio de 5 años, dejará de ser basura y pasará a ser materia orgánica que se puede reutilizar para hacer una nueva zanja en ese mismo lugar y repetir el procedimiento o utilizar esa materia orgánica como abono o condiciones similares.

2. Método de Area Sobre el Terreno Natural

En áreas relativamente planas, donde no sea factible excavar fosas o trincheras para enterrar las basuras, éstas pueden depositarse directamente sobre el suelo original, elevando el nivel algunos metros. En estos casos, el material de cobertura deberá ser importado de otros sitios o, de ser posible, extraído de la capa superficial. En ambas

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

Se adapta también para rellenar depresiones naturales o canteras abandonadas de algunos metros de profundidad. El material de cobertura se excava de las laderas del terreno, o en su defecto debe procurar lo más cerca posible para evitar el encarecimiento de los costos de transporte. La operación de descarga y construcción de las celdas debe iniciarse desde el fondo hacia arriba.

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

3. Criterios Básicos para la construcción del Relleno Sanitario

Supervisión constante, mientras se vacía, recubre la basura y compacta la celda, para conservar el relleno en óptimas condiciones. Esto implica tener una persona responsable de su operación y mantenimiento.

La altura de la celda es otro factor importante a tener en cuenta, para el relleno sanitario. Se recomienda una altura entre 1.0 m a 1.5 m para disminuir los problemas de hundimiento y lograr mayor estabilidad.

Es fundamental la cobertura diaria, con una capa de 0.10 a 0.20 m de tierra o material similar, por cada metro de basura, solamente un recubrimiento mínimo diario para no dejar la basura expuesta.

La compactación de los desechos sólidos se hará en capas de 0.20 a 0.30 m y finalmente cuando se cubre con tierra toda la celda. De este factor depende en buena parte el éxito del trabajo diario, alcanzando a largo plazo una mayor densidad y vida útil del sitio, éste tiene el propósito de alcanzar una mayor densidad, lo que resulta mejor desde el punto de vista económico y ambiental.

Es necesario desviar las aguas de escorrentía proveniente de la carretera que entre al barranco para evitar en lo posible su ingreso al relleno sanitario.

Control y drenaje de lixiviados y gases para mantener las mejores condiciones de operación y proteger el ambiente, se deben prever sistemas apropiados de disposición; para los lixiviados se prevé el tratamiento mediante la recolección de éstos en el fondo del barranco y tratamiento por aireación. En el caso del gas, se trabajará por medio de ventilas estratégicamente colocadas, en tramos conforme al avance del relleno.

El cubrimiento final de unos 0.40 a 0.60 m de espesor, se efectúa siguiendo la misma metodología que para la cobertura diaria; además debe realizarse de forma tal que sostenga vegetación, para lograr una mejor integración al paisaje natural.

Dada la permeabilidad del suelo y sus implicaciones en la posible contaminación de las napas freáticas es necesario contar con una protección o recubrimiento por medios naturales, barro o por medios artificiales como geotextil.

4. Ventajas del Relleno Sanitario

El relleno sanitario, como método de disposición final de los desechos sólidos urbanos es la alternativa más conveniente para el proyecto, dadas las características en el crecimiento urbano que tiene la región.

La inversión inicial de capital es inferior a la que se necesita para implantar cualquiera de los métodos de tratamiento: incineración o compostaje, además de que es posible dejar previsto el futuro aprovechamiento energético de los gases liberados por la descomposición de los desechos sólidos.

La mano de obra que se necesita para poder operar una instalación como ésta, no es una mano de obra calificada sino más bien se pueden utilizar los guajeros que se encuentran en las calles recuperando parte del material para reciclaje y darles una oportunidad a ellos.

V. DESCRIPCION DE LA POBLACION A SER SERVIDA

A. Situación Social y Económica del Area de Influencia

La problemática derivada de la recolección, transporte y disposición de los desechos sólidos surge por la ausencia de proyectos adecuados estructurados, que beneficien directamente a la población y que respondan a lineamientos y directrices del desarrollo socioeconómico del país.

De una manera muy marcada, el deterioro del nivel de vida de los guatemaltecos, se empezó a sentir con intensidad en el año 1984. Como consecuencia de las fuertes presiones, por una devaluación exabrupta cuyo impacto más severo se hizo sentir en el poder adquisitivo de las personas con ingresos fijos y en el presupuesto del Gobierno. Por esa época se incrementaron los barrios marginales en los municipios que rodean la ciudad de Guatemala. La deuda externa del gobierno de Guatemala y del Banco de Guatemala creció a niveles muy altos. La política monetaria de ajuste redujo las inversiones publicas y los recursos depositados en los bancos que antes se dedicaban al crédito se desviaron hacia la especulación especialmente en las operaciones del reporto en la bolsa de valores. Esta situación tuvo repercusiones en el ámbito nacional y por ende tuvo repercusiones en los municipios de Villa Nueva, Villa Canales, San Miguel Petapa y Amatitlán al igual que en el resto del país.

Para los fines del presente estudio, se analizan los Municipios de Villa Nueva, Villa Canales, San Miguel Petapa y Amatitlán, (Gráfica # 2) en el contexto de la

situación socioeconómica nacional, para caracterizar el área de influencia del Proyecto de Recolección, Transporte y Tratamiento de los Desechos Sólidos.

Los Municipios de Villa Canales, Villa Nueva, Amatitlán y San Miguel Petapa son los más populosos y los que más contribuyen en la producción de RSU. En ellos se identifica el fenómeno de las ciudades dormitorio, en donde se ubican dos desarrollos habitacionales más recientes, que dan habitación a gran cantidad de personas que sólo llegan a dormir a estas y trabajan en la ciudad de Guatemala. Fenómeno que se ha incrementado por la política de extender el transporte urbano a un radio de 30 Km. de la Capital. En estos municipios también se han establecido industrias contaminantes que se ubican en estos puntos por los bajos costos de tierra y la mano de obra barata de dichas áreas marginales.

B. Situación Geográfica

Los municipios que identifican el área de influencia para dicho proyecto tienen las siguientes características geográficas.

1. Villa Nueva

Es un municipio del departamento de Guatemala, ubicado al sur de la ciudad capital, dentro de los 14°31'32" latitud Norte y 90°35'15" longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, a una elevación 1330.24 msnm, su clima es templado, con una temperatura media anual de 20°C, con una humedad del 50%, una precipitación media anual de 1000 mm, y su área total es de 75 km².

2. Villa Canales

Este municipio pertenece al departamento de Guatemala, y está ubicado al Sur Oriente de la capital, dentro de los 14°29' de latitud Norte y a 90°33' de longitud Oeste, a una altitud de 1250 msnm, su clima es templado, con precipitación pluvial media anual de 1000 mm, un promedio de 20°C de temperatura, humedad del 50% y su área total es de 353 Km².

3. San Miguel Petapa

Es el municipio más pequeño del departamento de Guatemala, ubicado al Sur de la ciudad capital, a 14°30' de latitud Norte y 90°37' de longitud Oeste, con una elevación de 1200 msnm, con clima templado, un promedio de temperatura de 20°C, humedad del 50%, precipitación pluvial media anual de 1000 mm y una extensión territorial total de 20.14 Km².

4. Amatitlán

Está dentro del departamento de Guatemala, es el municipio en donde se encuentra el lago que lleva su nombre, también está al Sur de la ciudad capital y se ubica en los 14°29' de latitud Norte y 90°37' de longitud Oeste, con una altitud de 1182 msnm, con clima semicálido, una precipitación pluvial promedio al año de 1500 mm, un promedio de temperatura de 20°C, humedad del 50% y una extensión territorial de 114 Km².

C. Población

Con el propósito de dar una idea sobre las principales características de la población guatemalteca, se ha obtenido información de algunos indicadores sociales del Documento “ Las Sociedades Centroamericanas Actuales “, que contiene información al año 1970, para compararla con los resultados del Censo de 1994, que fueron proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística INE.

Como puede observarse en el cuadro 4.1, durante los 24 años transcurridos, de 1970 a 1994, no ha habido cambios sobresalientes a nivel nacional, pues los incrementos en la Población Económicamente Activa (PEA) y en la población Urbana son muy tenues, mientras que en la densidad de población solo se obtuvo un 2% de tasa de crecimiento geométrico, como consecuencia del aumento de la población.

En contraste la información existente para el área de influencia, con base en los Censos de 1981 y 1994, muestra un dinamismo mucho mayor, ya que la población urbana creció a una tasa de crecimiento geométrico del 9.5% en los trece años considerados, así como la densidad poblacional obtuvo el 6.4% de incremento geométrico en el mismo período.

CUADRO 5.1
Guatemala y Area de Influencia: Indicadores Sociales Comparativos
Según Años Indicados-Datos Demográficos

Indicadores	Nacional 1970	Nacional 1994	Area de Influencia 1981	Area de Influencia 1994
Población Económicamente Activa (PEA)%	29.2	29.7	52.0	33.4
Tasa Anual de Crecimiento %	2.8	2.5	-	6.4
PIB per-cápita real, quetzales de 1958	341.7	3922*	-	-

Población Urbana %	34.9	35.0	30.7	44.7
Población Rural %	65.1	65.0	69.	55.3
Habitantes por Kilómetro cuadrado	48.0	77.0	422.0	945.0

* Revista Crónica Guatemala en Números 1995

Fuente: Elaboración Proyecto SEGEPLAN-BCIE con base en datos del año 1970: " Las sociedades Centroamericanas Actuales" Años 1981 y 1994: INE, Datos Censales.

Con base en el Censo del 1994, la población total del país es de 8,322,051 habitantes, de los cuales 1,812,411 viven en la región I, que comprende el Departamento de Guatemala, lo que alcanza el 22 % del total, mientras que en los cuatro municipios indicados se ubicaban 350,839 habitantes, equivalente al 4% a nivel nacional al 19% del Departamento.

La población de Villa Nueva para dicho censo llegó a 192,069 de este total, 92,825 equivalente al 48.3% son hombres y 99,244 son mujeres con el 51.7%.

Para Villa Canales la población registrada llegó a 62,334 con 30,879 hombres, igual al 49.5 % y 31,455 mujeres con el 50.5 %.

En Amatitlán la población ascendió a 54,930, integrada por 26,789 hombres igual al 48.7 % y 28,141 mujeres con el 51.3 %.

En San Miguel Petapa la población es de 41,506, de la que corresponde 20,147 a hombres con el 48.5 % y 21,359 a mujeres con el 51.5 %.

En conjunto, para el área de influencia sobre el proyecto de los 350,839 habitantes que contribuyen a este proyecto, 51.4 % son mujeres y 48.6 % son hombres.

Durante el período de 1981 a 1994 la población creció a nivel nacional una tasa geométrica del 2.5 %. Si analizamos el Cuadro 5.2 podemos ver que en los 13 años se ha

duplicado, con un nivel de crecimiento acelerado, especialmente en Villa Nueva y San Miguel Petapa.

CUADRO 5.2

Guatemala; Población Comparativa a Nivel Nacional, del Departamento de Guatemala y el Área de Influencia, según Resultados Censales de 1981 y 1994, con Tasas de crecimiento En Miles de Habitantes y por ciento.

AREA GEOGRAFICA	1981			1994			TASA INTERCENSAL %		
	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural
Nacional	6,054			8,332					
Departamento de Guatemala	1,311	856	455	1,814	1,286	528	2.5	3.2	1.2
Área de Influencia	156	47	109	351	156	195	6.4	9.7	4.6
Villa Nueva	71	20	51	192	101	91	8.0	13.3	4.6
Villa Canales	39	3	36	62	5	57	3.7	4.0	3.6
San Miguel Petapa	13	4	9	42	13	29	8.7	9.5	9.4
Amatitlán	33	20	13	55	37	18	4.0	4.8	2.5

Fuente: Elaboración Proyecto SEGEPLAN-BCIE en base a Censos de Población 1980 y 1994, I.N.E.

D. Población Económicamente Activa

De acuerdo con el censo de 1994, la población a partir de los 7 años de edad, se distribuyó entre económicamente activa 'PEA' y no económicamente activa 'PNEA' y, asimismo a la PEA la dividió entre ocupada y desocupada y a esta discriminándola en que "busco trabajo pero trabajo antes" y que "busco trabajo por primera vez".

Para el departamento de Guatemala y el área que se analiza, la PEA registrada por dicho Censo es del 15.2 % y el 33.4 %, respectivamente, de la población total, como se presenta en el Cuadro 5.3, que aparece seguidamente.

CUADRO 5.3

Departamento de Guatemala y Área de Influencia: Población Económicamente Activo Ocupada y Desocupada, según Censo 1994

Área geográfica	Total	Ocupación	Desocupada
Departamento de Guatemala	275,566	273,166	2,400
Área de Influencia	117,160	116,165	995
Villa Nueva	65,253	64,723	530
Villa Canales	20,242	20,087	155

San Miguel Petapa	13,578	13,455	123
Amatitlán	18,087	17,900	187

Fuente: Elaboración Proyecto SEGEPLAN-BCIE en base a Censos de Población 1980 y 1994, I.N.E.

Podemos analizar estos municipios según sus principales actividades económicas. Sabemos que primordialmente se encuentran las industrias Manufacturera, Textil y Alimenticias. El análisis en detalle incluyendo las diferentes ramas de las Actividades se puede apreciar en el cuadro 5.4.

CUADRO 5.4
Población Económicamente Activa por Rama de Actividades Ocupacionales,
Según Municipios, Año de 1994 Habitantes y por Cientos-

Rama de Actividad	Por ciento	Total	Villa Nueva	Villa Canales	San Miguel Petapa	Amatitlán
Total	100.00	116,679	64,981	20,145	13,535	18,018
Agricultura, caza, Silvicultura y pesca	11.9	13,891	3,410	5,408	906	4,167
Explotación, Minas y Canteras.	0.2	178	74	27	44	33
Industria Manufacturera, Textil y Alimenticia	31.4	68,513	36,620	22,977	4,057	4,859
Electricidad, Gas y agua	1.1	1,257	615	92	123	427
Construcción	12.2	14,241	6,743	4,055	1,296	2,147
Comercio, Restaurantes y Hoteles	12.6	14,666	8,936	1,700	2,159	1,871
Transportes, Almacén y Comunicación	7.4	8,678	5,371	1,168	1,167	972
Establecimientos Financieros, Seguros y Bienes Inmuebles	5.4	6,292	3,640	791	930	931
Administración Pública y Defensa	4.6	5,340	3,411	553	615	761
Enseñanza	1.0	1,228	758	120	170	153
Servicios Sociales, Comunes y Personales	10.7	12,524	7,307	2,160	1,385	1,672
Organizaciones Extraterritoriales.	0.1	113	61	14	13	25
Actividad no Especificadas	1.4	1,651	1,651	-	-	-

Fuente: Elaboración Proyecto SEGEPLAN-BCIE en base a Censos de Población 1980 y 1994, I.N.E.

E. Salud

Los índices de nutrición, ya eran bajos en 1970 y lejos de mejorar han empeorado en el número de calorías, con una muy sutil diferencia favorable en proteínas, lo cual refleja el empobrecimiento que está sufriendo la población, como consecuencia de la

espiral inflacionaria, a causa de la cual la canasta básica de alimentos no es accesible a la mayor parte de los guatemaltecos.

Los servicios de salud disponibles para el área de influencia del proyecto son muy precarios, dado que existe sólo un hospital con 179 camas en Amatitlán, hay siete centros de salud, tres de ellos en Villa Nueva, dos en Amatitlán y uno en cada uno de los otros dos municipios; nueve sanatorios distribuidos en forma poco equitativa, ya que 4 de ellos están en Amatitlán, 4 en Villa Nueva y 1 en Villa Canales, mientras que en San Miguel Petapa no existen.

En el cuadro 5.5 y 5.6 se puede ver datos del sector de Salud.

CUDRO 5.5
Guatemala: Indicadores Sociales Comparativos,
Según Años Indicados, Datos Sector Salud,
Hasta 1994

Indicadores	Villa Nueva	Villa Canales	San Miguel Petapa	Amatitlán
Esperanza de vida al nacer, años	64d	62d	63d	61.8d
Población urbana con agua potable %	92.1e	90.5e	92.0e	90.1e
Población rural con agua potable %	54.0e	52.9e	53.5e	52.4e
Población urbana con letrización %	97.4e	95.2e	96.8e	95.0e
Población rural con letrización %	80.6e	79.7e	80.0e	78.5e
Tasa de Natalidad	-	-	-	-
Tasa de Mortalidad	-	-	-	-
Nutrición y Calorías	2,250d	2,050d	2,125d	2,015d
Nutrición y Proteínas	-	-	-	-
Números de Médicos	-	-	-	-
Número de Odontólogos	-	-	-	-

Fuente: Elaboración Proyecto SEGEPLAN-BCIE en base a años 1966 y 1970: "Las Sociedades Centroamericanas Actuales" Años 1981, 1988 y 1990, SEGEPLAN. Año 1994:

a) Dato de 1981; b) Dato de 1988; c) Dato de 1966 d) Revista Crónica 1995 Guatemala en Números e) Censo de 1994, I.N.E.

CUDRO 5.6
Datos del Sector Salud en el Area de Influencia Año de 1995

Servicios Existentes	Total	Villa Nueva	Villa Canales	San Miguel Petapa	Amatitlán
Hospitales Nacionales	1	0	0	0	1
Centro de Salud	6	3	1	1	1
Sanatorios	9	4	1	0	4

Camas	185	6	0	0	179
Médicos	78	22	5	2	49
Enfermeras	26	4	1	1	20
Enfermeras Auxiliares	203	46	17	2	138
Resto Personal	46	6	5	3	32

Fuente: Elaboración Proyecto SEGEPLAN-BCIE en base a AARLA, Investigación Directa

F. Educación

Un factor social muy importante es el nivel de educación que tienen los municipios tratados. Según los censos, el 14.6 % de la población no cuenta con ningún nivel de educación y si a esa situación sumamos el hecho de que la población que sólo ha llegado hasta el tercer grado de la escuela primaria es potencialmente analfabeta, encontramos que el 41.9 % del total carece de un nivel educativo apropiado para su desarrollo personal. En el cuadro 5.7, se presenta a continuación el detalle del grado de escolaridad de la población.

CUADRO 5.7
Grado de Escolaridad de la Población, según Niveles Educativos por Municipios Año de 1994

Niveles Educativos	Por Ciento	Total de Habitantes	Villa Nueva	Villa Canales	San Miguel Petapa	Amatitlán
TOTAL	110.0	280,294	154,665	49,215	32,848	43,566
Ninguno	14.6	40,957	17,798	11,549	3,897	7,713
SUBTOTAL	85.4	239,337	136,867	37,666	28,951	35,853
Preprimaria	1.7	4,730	2,612	766	635	717
Primaria	57.3	160,623	88,622	28,844	18,202	24,955
1-3	25.6	71,653	37,873	14,191	7,888	11,701
4-6	31.7	88,970	50,749	14,653	10,314	13,254
Media	22.7	63,572	38,227	7,379	8,824	9,142
1-3	13.2	36,881	22,549	4,534	4,908	4,890
4-7	9.5	26,691	15,678	2,845	3,916	4,252
Superior	3.7	10,412	7,406	677	1,290	1,039

Fuente: Elaboración Proyecto SEGEPLAN-BCIE en base a AARLA, Investigación Directa

G. Vivienda

En el cuarto censo de población, que se llevó a cabo en abril de 1981, señalaba un déficit de vivienda en el país de 488,324 unidades. Para el año 1990 el déficit acumulado, según cálculos de SEGEPLAN, era de 863,813 unidades, con una tasa anual de crecimiento geométrico del 6.5 % anual. Dado que la construcción de viviendas es muy poco significativa para las grandes necesidades existentes y que los precios han crecido en forma exponencial, la adquisición de casa propia es algo fuera del alcance de más del 90% de los guatemaltecos.

Es interesante destacar que salvo unas cuantas soluciones habitacionales emprendidas por el Banco Nacional de la Vivienda -BANVI-, en mejor cantidad por el Banco Nacional de Desarrollo Agrícola -BANDESA-, y en los últimos años por el Fondo Guatemalteco de la Vivienda -FOGUAVI-, el sector público casi no ha realizado esfuerzos para enfrentar este problema.

H. Empleo y Distribución de Ingresos

Uno de los indicadores más importantes del desarrollo es el nivel de empleo alcanzado por la población económicamente activa. En el caso de Guatemala, no se observa un mejoramiento en el nivel de empleo durante los últimos años.

Asimismo, en la distribución de la PEA, de acuerdo con la información que se obtuvo sobre los cotizantes al instituto Guatemalteco de Seguridad Social -IGSS-, que puede considerarse como el sector formal de la economía y que sólo cubre alrededor del 30% de la PEA, los datos en el año 1970 son del 47% para el primario; 20.3% para el

secundario y 32.7% para el terciario mientras que en el año de 1990 eran, en su orden del 35.9%, 15.5% y 48.6%, lo que significa una disminución de los sectores productivos y un incremento de los servicios.

Según los estudios presentados por SEGEPLAN, sobre la base de tres encuestas de ingresos y gastos de hogares, llevadas a cabo en los años 1980/81; 1986/87 y 1989, la distribución del ingreso se ha concentrado en el 10% de las familias más ricas, las que absorbieron, para cada uno de esos años, en su orden, el 40.8%, el 44% y el 44% de ingresos, lo que significa que el ingreso del 90% restante es bastante bajo, es más, cifras oficiales dadas a conocer por el Instituto Nacional de Estadística -INE-, indican que el 87% de la población guatemalteca es pobre y que el 67% de la misma es extremadamente pobre.

Los ingresos promedio familiares, calculados con base en los resultados de estas encuestas, muestran con mayor dramatismo el deterioro de los ingresos de los guatemaltecos, durante la década de los 80's, puesto que el nivel de empobrecimiento ha afectado a todos los estratos de la población, aunque los pobres siguen siendo más pobres, ya que comparando el ingreso del estrato más bajo 1989 respecto de 1980/81 se encuentra que ha tenido una reducción del 93.4%, en tanto que en el estrato más alto, la disminución fue del 55.7%. Si se hace el mismo ejercicio con los demás estratos la disminución en el ingreso promedio familiar, de la última encuesta, con relación a la primera, oscila entre el 79.8% y el 51.3%. Las áreas de Villa Nueva, Villa Canales, San Miguel Petapa y Amatitlán son consideradas de estratos de nivel medio bajo, por lo que

esta disminución afectó a estas áreas como se puede ver en el siguiente cuadro y el dato para estos municipios se puede ver en negro.

CUADRO 5.8
Guatemala: Ingreso Promedio Familiar Mensual a Nivel Nacional
según Encuestas 1980/81, 1986/87 y 1989 En US\$-

Estratos de Población	1980/1981	1986/1987	1989
Más Bajo	61	12	4
11-20%	79	26	16
21-30%	94	37	27
31-40%	125	50	38
41-50%	150	72	50
51-60%	160	89	66
61-70%	219	117	88
71-80%	257	142	119
81-90%	361	218	176
Más Alto	1,037	599	459

Fuente: Elaboración Proyecto SEGEPLAN-BCIE en base al I.N.E.

Con estos datos se determina que de la población ubicada en el área de influencia, más del 65% obtienen ingresos por arriba del Índice de precios establecidos para 1995 en Q. 714.00 respecto de diciembre de 1989. También se pueden ver los niveles de Ingresos de la Población Económicamente Activa en el siguiente Cuadro y en negro los datos de los municipios correspondientes.

CUADRO 5.9
Guatemala: Niveles de Ingreso de la Población Económicamente Activa 1995
Area en negro se Aplica al Area de Villa Nueva, Villa Canales,
San Miguel Petapa y Amatitlán

Rangos Niveles de ingreso mensual en Quetzales	Población Económicamente Activa	
	Total	Porcentaje
	116,679	100%
0 - 133	4,667.16	04%
134 - 323	7,000.74	06%
324 - 541	12,834.69	11%
542 - 813	17,501.85	15%

814 – 1,084	14,001.48	12%
1,085 – 1,628	19,835.43	17%
1,629 – 2,715	21,002.22	18%
2,716 – 5,433	14,001.48	12%
5,434 y más	5,833.95	05%

Notas: Tomamos como base, datos de la encuesta socioeconómica de 1989 y se ajustó el límite superior aplicando el IPC a diciembre de 1995 (Q. 714.00) respecto al de diciembre de 1989 (Q. 262.70)

Fuente: Elaboración Proyecto SEGEPLAN-BCIE en base a Boletín mensual Índice de Precios al consumidor, ciudad de Guatemala, INE, Guatemala C.A. Volumen III, Fascículo I Región Metropolitana Encuesta Nacional Sociodemográfica 1989 I.N.E.

VI. RECOLECCION, BARRIDO DE CALLES Y TRANSPORTE

A los cuatro municipios se les presta el servicio de recolección y transporte de desechos por la administración municipal, contrato con algunas empresas o recolectores privado (Gráfica # 2). Es importante hacer la observación que el recolector pasa por cada propiedad dos a tres veces por semana.

Cabe indicar que debido a la deficiencia de prestación en el servicio por parte de las municipalidades, un importante volumen de población ha optado por el servicio privado, a manera de ejemplo se tiene a la Compañía Profesional de Limpieza S.A. - COPROLI S.A., legalmente establecida y con un contrato de concesión de la Municipalidad de Villa Nueva para prestar el servicio por un período de 10 años, a partir de 1993.

Esta empresa presta el servicio en un 60 % del área. Este dato incluye el casco urbano de Villa Nueva, parte de San José y parte de Bárcenas y el 60 % de las orillas del Lago de Amatitlán. La tarifa que se cobra por el servicio es de Q. 15.00 mensual por vivienda doméstica y de Q. 30.00 a Q. 500.00 mensual para comercios grandes e industria. El servicio es prestado a 5,000 usuarios aproximadamente

A. Financiamiento

Para la prestación de un servicio eficiente, en el manejo de desechos sólidos, las municipalidades deben cobrar una tarifa a los usuarios del sistema, la que debería permitir recuperar los costos invertidos para prestar dicho servicio.

Dentro de los principales problemas que se les ha presentado a los Gobiernos Locales se puede citar la falta de financiamiento para brindar eficazmente el servicio de recolección y transporte de desechos y aseo de las vías públicas, por lo que en pocas ocasiones, las municipalidades disponen de recursos para poder adquirir el equipo.

Las municipalidades perciben tan bajos ingresos que no recuperan los costos de operación en que incurren, no obstante obtener ingresos por las concesiones que hacen a las empresas o recolectores privados.

Los ingresos que pueden venir del proceso de recolección y transporte se pueden ver en el siguiente cuadro.

CUADRO # 6.1
Total de Ingresos por Recolección y Transporte, 1994

Municipio	70 % de hogares	Tarifa mensual	Total de ingresos	
			Mensual	Anual
Total	46,923	12.00	563,076.00	6,756,912.00
Villa Nueva	25,699	12.00	308,388.00	3,700,656.00
San Miguel Petapa	5,684	12.00	68,208.00	818,496.00
Villa Canales	8,379	12.00	100,548.00	1,206,576.00
Amatitlan	7,161	12.00	85,932.00	1,031,184.00

Fuente: Proyecto SEGEPLAN-BCIE

Si aplicamos la tasa de crecimiento del 4.1 % anual y esta tasa se aplica al 70 % de hogares ocupados por municipio, podemos obtener la relación proyectada para los años futuros. Dicho detalle se puede observar en el cuadro 6.2.

CUADRO 6.2
Proyección de Ingresos por Tarifa de Recolección y Transporte de Desechos Sólidos

Año	Total	Total de Ingresos por Municipio según Año			
		Villa Nueva	San Miguel Petapa	Villa Canales	Amatitlan
1999	6,608,755.17	3,619,422.23	800,638.73	1,180,185.15	1,008,509.05
2000	6,879,714.13	3,767,818.55	833,464.92	1,228,572.74	1,049,857.92
2001	7,161,782.41	3,922,299.11	867,636.98	1,278,944.22	1,092,902.10
2002	7,455,415.49	4,083,113.37	903,210.10	1,331,380.94	1,137,711.08

2003	7,761,087.52	4,250,521.02	940,241.71	1,385,967.55	1,184,357.24
2004	8,079,292.11	4,424,792.38	978,791.62	1,442,792.22	1,232,915.88
2005	8,410,543.09	4,606,208.87	1,018,922.08	1,501,946.70	1,283,465.44

Fuente: Proyecto SEGEPLAN-BCIE

Podemos ver a continuación los ingresos esperados por el proceso de recolección y transporte y por la venta de los componentes recuperados para reciclaje en el cuadro a continuación.

CUADRO 6.3
Total de ingresos del proyecto de Recolección Transporte y Disposición de desechos sólidos en los municipios a trabajar

Año	Total	Ingresos esperados por	
		Proceso de Recolección y Transporte	Venta de Componentes Recuperados
1999	6,680,358.45	6,608,755.17	71,603.28
2000	6,956,092.51	6,879,714.13	76,738.38
2001	7,243,273.57	7,161,782.41	81,491.16
2002	7,542,394.07	7,455,415.49	86,978.58
2003	7,858,884.78	7,761,087.52	97,797.26
2004	8,178,317.85	8,079,292.11	99,025.74
2005	8,516,211.91	8,410,543.09	105,668.82

Fuente: Proyecto SEGEPLAN-BCIE

El proyecto de recolección, transporte y disposición de desechos sólidos de los municipios de Villa Nueva, San Miguel Petapa, Villa Canales y Amatitlán tiene un costo de Q. 31.3 millones. El cuadro 6.4 contiene la inversión para el proyecto. Dichos montos provienen del Estudio Técnico elaborado por AMSA. Es importante notar que el 71% de la inversión está designada al relleno sanitario y el 29% al proceso de transporte y recolección de desechos sólidos.

CUADRO 6.4
Monto de la Inversión por Rubro

Concepto de la Inversión	Total	Porcentaje
Total Inversión Inicial	31,393,689.00	100
Relleno Sanitario y separación para Reciclaje	22,315,616.00	71

Maquinaria y equipo	6,227,765.00	
Terreno	6,000,000.00	
Inversión en Ejecución Física	6,522,204.00	
Equipamiento Mobiliario y Equipo	182,550.00	
Equipamiento Herramientas	105,000.00	
Equipamiento Equipo Comunicación	52,504.00	
Contrataciones	2,282,771.00	
Imprevistos	880,497.00	
Costos Importación y Trámite	62,325.00	
Recolección y Transporte Desechos	9,078,073.00	29
Vehículos	8,998,00.00	
Equipamiento Equipo Comunicación	80,073.00	

Fuente: Proyecto SEGEPLAN-BCIE

Según pactado con el Banco Centroamericano de Integración Económica 'BCIE' en su programa de Desarrollo Social contempla el financiamiento en inversiones fijas y de capital de trabajo. De igual manera se estableció que se aplicará una tasa de interés del 7% anual y se gozará de un plazo máximo de hasta 20 años, incluyendo un período de gracia de hasta 5 años.

Si se hace un aporte propio de 6 millones, la cantidad a financiar del banco sería de Q. 25,393,689.00 más el financiamiento para capital de trabajo de Q. 500,000.00 haría un total de financiamiento de Q. 25,393,689.00. Los costos de mantenimiento según estudio realizado por SEGEPLAN son de Q. 4.9 millones anuales y el monto por depreciaciones es de Q. 3.5 millones al año.

Después de analizar las condiciones del financiamiento por el BCIE, el estado de resultados para el proyecto determina una pérdida de Q. 4,258,995.27. Esta cantidad tendría que ser proporcionada por el gobierno por lo menos durante los primeros 5 años. Dicha cantidad de cálculos de la siguiente manera:

• Ingresos	5,917,179.96
• Por recolección y transporte de desechos sólidos	5,858,244.24
• Por venta de desechos recuperados	58,935.72
• Costos	4,938,080.00
• Por operación de separación y relleno sanitario	1,414,582.00
• Por operación de recolección y transporte	3,523,498.00
• Utilidades por operación (sin financiamiento)	979,099.96
• Costos Financieros	1,777,558.23
• Intereses	1,777,558.23
• Depreciaciones	3,460,537.00
• Relleno Sanitario	1,644,923.00
• Recolección y Transporte	1,815,614.00
• Utilidad o Pérdida del Proyecto	- (4,258,995.27)

Analizando estos números podemos ver que el basurero tendría un costo anual que tendría que ser cubierto por las municipalidades de Q. 4,258,995.27. Ahora no hay que descartar los números que se le cobran a los usuarios de Q. 12.00 mensual, esto como podemos ver en el cuadro 6.1 tiene un ingreso anual de Q. 6,756,912.00. Esto significa que el basurero estaría teniendo una utilidad de Q. 2,497,916.73 anualmente ya sea para el gobierno o para la entidad que lo maneje. Esto se podría lograr si se le cobra a los camiones que están depositando la basura el equivalente a esa cuota o se hace un equivalente por tonelada y se les cobra por tonelada tratada. El problema es que dicho mantenimiento lo está cubriendo el gobierno y a los camiones que depositan basura actualmente no se les cobra nada. De convertir el manejo de este basurero en un negocio sustentable habría que hacer las rutas de recolección por medio de quien esté manejando el basurero o cobrar a los camiones para que depositen la basura, de no ser así, este representará una pérdida de Q. 4.25 millones al año.

B. Capacidad Instalada

En función a la prestación del servicio, no se cuenta con capacidad ociosa, dado a que existe una gran brecha entre la cobertura y los requerimientos que deban atender las municipalidades, por la falta de maquinaria y/o equipo necesario para la recolección, transporte y disposición de desechos. Se puede establecer que con el equipo disponible y con la operación de empresas particulares, actualmente sólo se cubre el 30 % del servicio en el 60% del área a la cual se le presta el servicio, (61.14 ton) dada la generación de 203.81 toneladas métricas diarias para el año 1996 y para el año 2000, si las condiciones de prestación del servicio no se cambia, la deficiencia en recolección sería de 189.9 ton/día, según cuadro 6.5.

CUADRO 6.5
Area de Influencia de Proyecto: Proyección Poblacional y
Generación de Desechos Sólidos (1995-2015)

AÑO	POBLACION (miles)	GENERACION DE DESECHOS SOLIDOS (Ton/día) 100%	70 % DE LA GENERACION TOTAL
1995	365,22	191,01	133,71
1996	380,20	203,81	142,67
1997	395,79	217,48	152,24
1998	412,01	232,05	162,44
1999	428,91	247,60	173,32
2000	446,49	264,20	184,94
2001	464,80	281,91	197,34
2002	483,85	300,80	210,56
2003	503,69	320,96	224,67
2004	524,34	342,48	239,74
2005	545,84	365,43	255,80
2006	568,22	389,92	272,94
2007	591,52	416,06	291,24
2008	615,77	443,95	310,77
2009	641,02	473,70	331,59
2010	667,30	515,45	360,82
2011	694,66	539,33	377,53
2012	723,14	575,48	402,84

2013	752.79	614.05	429.84
2014	783.65	655.21	458.65
2015	815.78	699.12	489.38

Nota: Tasa de crecimiento poblacional es de 0.041 según criterios de urbanismo de ARRIA. El factor de Generación de desechos sólidos para 1995 es de 0.523 Kg/hab/día, y para los años siguientes

Se aplicó una tasa de crecimiento de 2.5% por año

Fuente: Elaboración Proyecto SEGEPLAN-BCIE.

Para hacer frente a la creciente demanda de servicio, se cuenta con una oferta completamente inelástica. Esta oferta consta de una serie de reuniones y la búsqueda de soluciones que han empezado la Secretaria General de Planificación Económica SEGEPLAN y la Comisión Nacional del Medio Ambiente CONAMA, que convocaron a las instituciones públicas relacionadas con el tema, para buscar soluciones al manejo de los desechos sólidos. Se solicitó a la OPS, que apoyara la gestión con el Seminario-Taller. “El manejo de los Desechos Sólidos en Guatemala”, el cual se realizó en febrero de 1991. Hasta la fecha se ha logrado que las instituciones aprueben el marco conceptual que define su campo de acción.

Debido a las limitaciones financieras de las municipalidades para adquirir maquinaria, equipo y otros recursos. Así mismo por la poca cobertura de servicio que presentan las empresas privadas que se dedican a la recolección y transporte de desechos sólidos en el área de influencia. De mantenerse la inelasticidad de la oferta, dando mantenimiento a la maquinaria y equipo actuales y adquiriendo nuevas, solamente para reposición de las mismas que se consideren inservibles, para el año 2000 la oferta seguirá cubriendo sólo el 30 % de los desechos.

Actualmente la prestación del servicio de Recolección y Transporte de desechos sólidos en el área de influencia cuenta con 6 unidades motorizadas de las cuales, 2 corresponden a la municipalidad de Amatitlán, 3 a la de Villa Nueva y 1 a Villa Canales. Similar situación presenta la asignación de recursos humanos a la actividad, donde al no existir una empresa o entidad administrativa específica para el control del proceso, se tienen asignados únicamente chofer y ayudante. Con ésto se están cubriendo rutas en los cascos urbanos de los cuatro municipios de los cuales a excepción de Amatitlán, el servicio se brinda con una frecuencia de 2 veces por semana.

C. Gastos de Operación y mantenimiento

En los últimos años, los gastos por la prestación del servicio y mantenimiento de maquinaria y equipo de recolección y transporte se ha incrementado en un porcentaje alarmante, al grado de que para 1995 las cuatro municipalidades prestaron el servicio con déficit, a causa del deterioro que presenta el equipo existente y la deficiencia en la capacidad financiera de las municipalidades para adquirir nuevos. Esta situación afecta en gran medida la prestación del servicio que genera niveles de gasto elevados que sobrepasan el presupuesto asignado por las municipalidades como se muestra en el siguiente cuadro.

CUADRO 6.6
Area de Influencia del Proyecto: Ingresos y Gastos Respecto
A la Prestación del Servicio, según Municipalidad

Municipalidad	Ingresos	Gastos	Déficit
Villa Nueva	3,000.00	6,000.00	- 3,000.00
Villa Canales	1,600.00	3,200.00	- 1,600.00

San Miguel Petapa	480.00	700.00	- 220.00
Amatitlan	2,400.00	6,000.00	- 3,600.00

Fuente: Elaboración Proyecto SEGEPLAN-BCIE con información de las Municipalidades y ARRLA

D. Situación actual

En la actualidad, para el servicio de recolección y transporte de desechos siguen prevaleciendo tanto el sistema de contrato como el de administración propia de las municipalidades y con la frecuencia promedio de dos veces por semana.

Dentro del ámbito organizacional es importante anotar que ninguna municipalidad cuenta con una estructura organizacional específica encargada de la administración de las actividades de recolección, transporte y disposición de desechos. La organización de dichas acciones se carga a otras secciones, por la falta de personal, recursos económicos e interés por parte de las autoridades. Situaciones como ésta, trae como consecuencia la deficiencia en la calidad del servicio prestado, poca planeación para la actividad y falta de evaluación periódica de los servicios acorde a los aumentos poblacionales y urbanísticos

Al tomar en cuenta que no existe planificación de rutas, se debe efectuar una revisión de las que obligatoriamente deben cubrir los servicios de recolección de desechos sólidos. Esto será posible únicamente si se ponen en circulación los 36 camiones necesarios para poder cumplir con estos servicios. Con estas unidades disponibles será posible abarcar el 70 % del área deseada.

Es importante anotar que el crecimiento de la población ha generado que los diferentes cascos urbanos se hayan ampliado y por consecuencia el servicio ha disminuído por la deficiencia, el deterioro del equipo y que no se ha incrementado el número de unidades a circular.

Para poder absorber la demanda de los cuatro municipios, se requiere de 36 camiones para el año 2000. Este dato es contemplado para poder cubrir la falta de camiones y reponer los que se encuentran inservibles. De igual manera el recurso humano asignado a esta actividad es insuficiente para responder a la necesidad que la población creciente plantea. Al hacer una revisión se encontró que existen 22 trabajadores municipales dedicados a esta actividad para cubrir los servicios hacia los 380,000 demandantes. Esto nos genera una relación de 0.00005 trabajadores municipales por cada demandante.

Para la recolección y transporte se requiere como mínimo de 36 choferes y 72 ayudantes. En el siguiente cuadro podemos ver el requerimiento de vehículos y su distribución necesaria en los 4 municipios que son servidos.

CUADRO 6.7
Requerimiento de vehículos para la Recolección y Transporte de
Desechos Sólidos para los años, 1995 y 2000

Municipio	Año	Año
	1995	2000
Villa Nueva	14 Camiones	20 Camiones
San Miguel Petapa	3 Camiones	4 Camiones
Villa Canales	4 Camiones	6 Camiones
Amatitlan	4 Camiones	6 Camiones

Fuente: Elaboración proyecto SEGEPLAN-BCIE.

Utilizando estos datos como base para poder satisfacer de forma más eficiente y eficaz, vemos que actualmente se consta con el 17 % del equipo y personal que se necesita para poder satisfacer estas necesidades. Con ésto se pueden suplir no solamente los cascos municipales como hasta la fecha se ha estado haciendo, sino que contando con el equipo y el personal adecuado se pueden ampliar las rutas de recolección a las diferentes colonias en cada uno de estos municipios.

VII. DISEÑO

A. Generalidades

1. Descripción del área seleccionada

El área seleccionada está ubicada en una parte del Parque de Naciones Unidas (Gráfica # 1). En la parte norte del área se colinda con la carretera C.A.9 Pacífico en el kilómetro 22. Esta se extiende hasta el lindero del barranco “Las Periqueras”.

El barranco en el cual se efectúa este diseño tiene aproximadamente 700m de largo y 150 m de ancho (Dibujo 7.2).

a. Cabecera del barranco

Debido a que dicho barranco lleva 15 años de ser utilizado como un botadero a cielo abierto sin ningún control hasta el momento, es muy difícil poder predecir el diseño topográfico y físico en su origen del área que se está utilizando como botadero temporal. Debido a esto se puede decir que esta área es producto del relleno con material biodegradable y no biodegradable, dado esto, se puede decir que esta área es inestable tanto en su punto plano como en su talud. El talud en su cabecera tiene pendientes que van desde 45 % a 90 % y una profundidad de 55m (Dibujo 7.2). Dados los aspectos topográficos vemos que esta área puede sufrir deslaves o asentamientos debido a las lluvias, sismos o vibraciones (Dibujo 7.1). Por esto se recomienda hacer ciertos trabajos de estabilización y consolidación del talud, por medio de plataformas para así poder evitar la erosión, asentamientos o deslizamientos que se pueden originar por saturación de agua.

Estos trabajos se tienen que llevar a cabo ya que de no ser así, se pueden provocar deslaves y ocasionar daños en la parte inferior de la cuenca, la cual es conocida como “Zanjón Malena”,(Dibujo 7.2) que desemboca en el Río Michatoya y drena al Lago de Amatitlán. Esta es una de las razones principales del por qué se le ha hecho tanto énfasis a este basurero y su estabilidad en lo que se hacen los trabajos necesarios para que tenga un funcionamiento al 100%.

b. Taludes laterales

En los taludes laterales del área del relleno, se puede ver una marcada deforestación que consta únicamente de algunos arbustos y plantas menores. Las pendientes de estos taludes van desde 30 % al 90 % (Dibujo 7.2). Actualmente debido a los fenómenos naturales que Guatemala ha sufrido, estos taludes se encuentran sumamente dañados. Se han dado casos de deslaves y deslizamientos que proporcionan el material de relleno que después va a dar al Lago de Amatitlán.

c. Fondo del Barranco

El fondo del barranco lo podemos dividir en 2 partes, la parte alta y baja. La parte alta va desde la parte baja del talud de la cabecera o el área donde se termina el botadero existente, hasta aproximadamente 50 m hacia abajo. En esta área el perfil del suelo presenta una capa de 40 cm de profundidad de suelo húmico, vegetal, con gran contenido de nutrientes y se cataloga de óptimo para cultivos. También se pueden observar partes que constan de material no biodegradable como: plástico, llantas metales y otros.

La parte baja va desde los 50m de la corona hasta 150 m abajo (Dibujo 7.2). Esta área está compuesta de material Selecto Arena Limosa en una capa superficial de 30 cm. Luego se observa un perfil arenoso de profundidad considerable.

2. Situación del Trafico

La carretera principal es la C.A – 9, que es una autopista de doble carril y el tráfico que transita por ella es considerado muy intenso ya que es muy utilizada por tráfico pesado.

Se dará un flujo adicional en dicha carretera debido al flujo de los vehículos de recolección y transporte de basura al sitio en mención. 46 semanas al año y seis días durante la semana. Esto nos da una cifra que permite conocer que al relleno estarán llegando diariamente entre 200 – 400 toneladas de desechos, si consideramos que cada camión tiene una capacidad de 10 ton. Esto incrementaría el tráfico entre 20 – 40 camiones por día.

3. Condiciones Técnicas

a. Tipo de Relleno Sanitario

El relleno sanitario que se efectuará en este sitio se construirá como un depósito de desechos cerrado con recolección de los gases y los lixiviados.

b. Area de la Planta

El área total del relleno tendrá cerca de 100,000 m² y sus dimensiones serán de la planta de 360 – 540 m de largo por 180-210 metros de ancho. Considerando una futura extensión a lo largo del barranco (Dibujo 7.3).

B. Descripción de la Planta

Para poder entender con mayor claridad, vea el Dibujo # 7.3, 7.4 y 7.5 como referencia.

1. Acceso

En la entrada a la planta se construirán áreas de parqueo temporal (Dibujo 7.3 y 7.4) para los camiones y contenedores en donde recibirán una inspección más cuidadosa sin obstruir la actividad continua de la entrada. Conjuntamente con el área de parqueo existirá un área de báscula y control donde serán pesados y examinados los camiones que entran (Dibujo 7.4).

2. Logística y Control

El área de acceso está diseñada de tal modo que los vehículos que llegan entren directamente a la inspección (Dibujo 7.4). En este lugar se hace una inspección visual de la carga del camión en el que se verificará de una forma analítica por personal del relleno sanitario. También se llevará un chequeo de los documentos que lo acompañan (si la ley lo dicta). En esta área se estarán recibiendo básicamente 3 tipos de desechos: desechos sólidos municipales, desechos industriales o desechos de pequeños acarreadores e individuales privados.

Posteriormente el vehículo será medido y pesado en una báscula y se revisarán los documentos y un número de ingreso será proporcionado al camión (Dibujo 7.4). Si la basura que se está entregando no cumple con los requerimientos del relleno sanitario ni

con los documentos del camión, el vehículo tendrá que evacuar el área de la planta sin pasar por el sitio del relleno.

Para poder llevar un control de operación y una documentación correcta de la operación, se obtendrán los datos de cada ingreso y quedarán registrados con los siguientes datos:

- Peso
- Origen
- Tipo de desechos
- Fecha y hora de entrega (documentos de acompañamiento y número de ingreso)
- Resultados del análisis
- Resultado de la identificación de los desechos
- Documentación de los desechos no aceptados y su debida justificación

Para poder llevar a cabo las inspecciones analíticas se necesita equipar el área de laboratorio (Dibujo 7.4) con cierto equipo mínimo necesario para su funcionamiento:

- Agua
- Sólidos volátiles
- pH
- TOC

- Conductividad
- Test rápido de aminio

3. Clasificación y reciclaje

Los desechos son descargados sobre una rampa en el interior de un recinto para su clasificación después de haber pasado la inspección visual (Dibujo 7.4) para su preclasificación. Existirán 2 rampas de descarga, una para camiones de volteo, cuyo vaciado es rápido, y otra para camiones de estacas. Dichas rampas tendrán capacidad de recibir un máximo de 3 camiones cada una. Si entramos en más detalle del diseño del área de descarga y almacenamiento temporal, nos podemos ubicar para mayor guía en los Dibujos # 7.6, 7.7 y 7.8.

De aquí los desechos son transferidos al abrir una compuerta a una rampa de selección de desechos. Aquí serán separados los desechos reciclables de los demás. Estos desechos reciclables serán recolectados y llevados a instalaciones adecuadas para su distribución y venta (Dibujo 7.3).

Los desechos en su forma original no cumplen con los requerimientos del relleno, debido a su consistencia y contaminación. Para poder cumplir con los requisitos de un relleno sanitario para desechos sólidos municipales, algunos de éstos pueden ser tratados y acondicionados antes de su disposición final del relleno. Para ésto se puede dejar prevista un área de trituración y compactación justamente después de que estos desechos ya han sido clasificados (Dibujo 7.4). También se puede dejar prevista un área para poder tratar con los desechos que necesitan algún tipo de tratamiento biológico, físico-

químico, térmico u otro tipo de tratamiento especial (Dibujo 7.4). Con ésto le proporcionamos un mejor funcionamiento al sistema de descomposición y acomodamiento de dichos desechos en el relleno.

La instalación de este tipo de equipo, es considerada para el futuro y será una excelente alternativa para rellenos caros y de volumen limitado y para residuos peligrosos de aquellas industrias que tendrán que disponerlos en su local durante algún tiempo. Con esto estaríamos proporcionando una solución para todo tipo de desecho. Esto se quedaria para el final ya que el costo de equipamiento e instalación del equipo y laboratorio necesarios para poder analizar y tratar estos desechos es muy caro y sofisticado.

C. Relleno

En el área del relleno se puede apreciar con mayor claridad la construcción y los debidos planos en el Dibujo 7.3.

1. Sedimentación y estabilidad

El control del declive del relleno así como el control del escalonamiento de la base del depósito se garantizará adoptando medios de cobertura con parámetros estables. El diseño del desarrollo de la preparación del terreno original, los cortes que se necesitan para conformar las diferentes plataformas que se tienen planificadas, que sean 4 cortes principales para desarrollar en forma ordenada y fácil el relleno sanitario, se pueden apreciar en la serie de Dibujos # 7.9 al # 7.11.

Para poder conformar la estabilidad de los taludes en estos cortes habrá que aprovechar al máximo las herramientas que se dan naturalmente cuando se trabaja con

desechos sólidos. Actualmente se encuentra una gran cantidad de llantas que ocupan mucho espacio, se planificó que éstas sirvan como estabilizadores en los taludes al traslaparlas a la mitad y formar un ángulo de 45 % (Dibujo 7.11). De esta manera se logra la estabilidad de un muro con los costos casi mínimos y dar uso al máximo a los materiales que sean sobrantes en el relleno como son las llantas.

Toda nueva sección estará separada por un dique de aproximadamente 1 metro de altura. El relleno se efectuará en capas separadas de aproximadamente 30 – 50 cm y cada capa deberá ser compactada con un compactador de por lo menos 16 toneladas de peso.

La primera capa de desechos será depositada sobre una capa protectora de 20 cm de geotextil y deberá ser llenada desde arriba. Por ser la primera capa no se necesitara compactación antes de que está alcance los dos metros de altura. Después de esto sí se efectuará compactación en cada capa.

2. Desviación de las Aguas superficiales

En los alrededores de toda el área para el relleno sanitario, en la parte exterior a la base del sellado, se planifica un sistema de drenajes de agua, que se puede apreciar en el Dibujo # 7.13, 7.22 y 7.23, para coleccionar y descargar agua de lluvia no contaminada de la calle de circunvalación del relleno (Dibujo # 7.12), así como aguas superficiales provenientes de celdas cerradas del relleno y otras aguas superficiales que entran en la planta (Dibujo # 7.14). El detalle de dichas cunetas se puede apreciar en los dibujos 7.22 y 7.23.

3. Calle del relleno, intersección con la carretera principal

La calle del relleno está orientada de tal forma que el acceso a todas las celdas que se están relleno pueda ser garantizado durante la fase de operación y sin ningún atranco (Dibujo 7.12).

Para no obstruir el flujo del tráfico en la carretera C.A.9, se habilitará un carril de espera y de retorno, es esencial que el control y recepción de los camiones este funcionando en una forma adecuada, para no causar colas sobre la carretera y en ningún momento obstruir el paso. Dicho carril auxiliar se puede apreciar en el Dibujo # 7.4.

4. Impermeabilización

La impermeabilización es básica para la protección del suelo debajo del área del relleno y ésta debe permanecer sellada para evitar la contaminación ambiental.

a. Impermeabilización Básica

La base del relleno deberá ser impermeabilizada según una serie de combinaciones de capas. Como se puede apreciar en el dibujo # 7.16. Varias capas de materiales se aplican en capas bien compactadas cuyo espesor dependerá del requerimiento ambiental y económico que dictamine el proyecto.

Todos los materiales que se utilicen para esta impermeabilización, deberán ser sometidos a una prueba antes de utilizarlos. De esta manera se estará asegurando que dichos materiales cumplan con las condiciones de impermeabilización que se necesita.

Este material impermeabilizante puede ser de material arcilloso o una mezcla de arena, grava fina y betonita.

b. Impermeabilización Plástica

El impermeabilizante plástico se colocará en pliegos que estarán adheridos y en contacto directo a la capa de impermeabilizante mineral preparada anteriormente. Esta deberá cubrir toda el área del relleno. El plástico deberán ser de polietileno con alta densidad y con un grosor mínimo de 2.5 mm. De igual manera que los materiales minerales, estos materiales impermeabilizantes deberán ser probados por entidades autorizadas para verificar su condición. Dicho detalle se puede ver en la figura # 7.16.

c. Cobertura de geotextil

Para poder proteger el plástico impermeabilizador a lo largo de todo el relleno, se utilizará una fibra de geotextil que contenga una superficie hidrofóbica fina. No sólo como protector de nuestro impermeabilizante, el geotextil proveerá mayor estabilidad a las pendientes (Dibujo # 7.16)

5. Recolección y drenajes de Lixiviados

a. Drenaje de lixiviados

Al líquido que se acumula en el fondo del relleno se le conoce como lixiviados. Por lo general el lixiviado es resultado de la percolación de la precipitación pluvial, fugas no controladas e irrigación en el basurero. También incluye el agua que contiene la basura. Estos contienen constituyentes químicos que son derivados de la solubilización de los materiales depositados en el relleno y a partir de las reacciones químicas y bioquímicas que ocurren dentro del relleno.

Todas las aguas superficiales que se escurren hacia el relleno durante la operación del mismo así como los líquidos generados a partir de la basura depositada y conforme a

las descripciones antes mencionadas son recolectados por un sistema de drenaje superficial los cuales son transferidos por gravedad a los drenajes de los lixiviados y a los tubos recolectores de lixiviados localizados en un colector principal el cual conduce estos líquidos al sistema de tratamiento que se encuentra en la parte inferior del relleno (Dibujo 7.4). Este sistema de recolección se puede apreciar en el dibujo # 7.17.

b. Superficie de drenaje

Para la superficie de drenaje se emplea grava redonda, que es resistente al agua, lavada, libre de pedazos pequeños. La capa de grava deberá ser continuamente de 30 mm como mínimo a lo largo de toda su trayectoria.

Sobre la superficie de drenaje deberá ir una capa de filtro hecha de fibra geotextil sin fin, para así poder evitar que el cuerpo del drenaje se tape con partículas más pequeñas (Dibujo # 7.16).

c. Tubos de drenaje de lixiviados

Los tubos de drenaje de los lixiviados con perforaciones de 2/3 con un diámetro de 20 cm y un grosor de pared aproximadamente de 1.1 cm. Estos se encuentran en la capa baja de los impermeabilizantes. Los tubos de drenaje inician en un lado sobre la inclinación del relleno y son conectados con la parte alta de la cresta hacia una caja de control, mientras que el otro lado el punto bajo está conectado a la llave de control de lixiviados. De esta manera se forma la red de recolección a lo largo de toda la superficie baja del relleno (Dibujo 7.16).

d. Deposito de colección y retención de lixiviados

Para drenajes separados y mantenimiento, el depósito se diseñará en forma de un tanque de concreto con doble cámara y un revestimiento laminar de 2.5 mm de material PE-HD (Dibujo 7.4). Esta capa protectora es necesaria ya que los lixiviados tienen una característica muy agresiva.

Dicho tanque está diseñado para retener una capacidad grande de líquido para poder ser reutilizada como agua humectante para el relleno en la época seca. Esta tiene un desfogue que consta de una planta de tratamiento que limpia los contaminantes que vienen en dichos lixiviados.

Debido al hecho que no se disponen los datos de la composición de los lixiviados para una nueva planta completa en esta fase del proyecto, se puede proporcionar una solución que puede atender la mayoría de las diferentes situaciones que se pueden dar a la hora de la operación.

Los lixiviados colectados en los tanques presentarán contaminación biológica e inorgánica. Se puede pensar como mínimo en una planta diseñada de dos etapas de tratamiento. Primero un tratamiento biológico con nitrificación y desnitrificación. Con ésto se pueden remover las sustancias orgánicas y reducir los compuestos nitrogenados como el amonio y nitrógeno. La segunda etapa sería la precipitación para poder remover los sólidos remanentes y así reducir la carga de metales pesados. Para evitar una que se llene dicha planta, estos sólidos deben ser removidos periódicamente para que el sistema no se llene. En las siguientes tablas se pueden ver con mayor claridad los flujos de entrada y los parámetros de afluentes.

TABLA 7.1
Parámetros de Entrada de Flujo

		Rango	Promedio
Valor pH	--	6-8	7
NH4 – N	Mg/l	100 – 1,000	500
DQO como O2	Mg/l	500 – 6,000	3,000
DBO5 como O2	Mg/l	100 – 4,000	1,500
AOX	Mg/l	0.5 – 5	2
Suma de Metales Pesados	Mg/l	1 – 50	10
Total Sales	Mg/l	100 – 20,000	12,000
Cloro	Mg/l	10 – 15,000	5,000
Sulfato	Mg/l	10 – 3,000	1,500

Fuente: Estudio AAMSA, 1997

TABLA 7.2
Tasa Promedio de Remoción

		Biología	Precipitación
DBO5	%	90	-
DQO	%	60	-
NH4	%	85	-
NO3	%	80	-
AOX	%	3	-
Metales Pesados	%	3	90
Cloro	%	-	-
Sulfato	%	-	-

Fuente: Estudio AAMSA, 1997

TABLA 7.3
Parámetros esperados del afluente

		Biología
NH4 – N	mg/l	75
DQO como O2	mg/l	1,200
DBO5 como O2	mg/l	150
AOX	mg/l	1.9
Suma Metales Pesados	mg/l	1
Total Sales	mg/l	-
Cloro	mg/l	-
Sulfato	mg/l	-

Fuente: Estudio AAMSA, 1997

Para poder llevar a cabo una operación apropiada de la planta de tratamiento de lixiviados se emplearán los siguientes componentes químicos:

- Acido fosfórico como nutriente para el tratamiento biológico

- Acido acético como fuente de C – para la desnitrificación
- Soda cáustica o cal
- Medio floculante

6. Sistema de recolección de Gases

La generación de los principales gases en un relleno (CO₂ y CH₄) ocurre en aproximadamente 5 fases que van en secuencia.

Fase 1

Es la fase de ajuste en la cual los componentes orgánicos biodegradables y los desechos orgánicos empiezan a sufrir descomposición bacteriana inmediatamente después de su disposición en el relleno.

Fase 2

Esta es la fase que se conoce como la de transición, es cuando el oxígeno se agota y las condiciones anaerobias se empiezan a desarrollar.

Fase 3

Esta se conoce como la fase ácida. En la fase 2 se empezó la actividad bacteriana, en esta etapa esta actividad se acelera con la producción de ácidos orgánicos y menores cantidades de hidrógeno.

Fase 4

Esta fase se llama de fermentación del metano. En esta etapa predomina un grupo de microorganismos que convierten el ácido acético y el hidrógeno originado en la fase ácida, a metano y CO₂.

Fase 5

Esta se conoce como la fase de maduración. Esta ocurre justo después de que los materiales orgánicos biodegradables han sido convertidos en CH₄ y CO₂ durante la fase de fermentación.

En cada una de estas fases la producción de gas es diferente. Debido a esto es que se da la variación del contenido de metano entre 0-60 %. Todos los otros gases son inertes como el CO₂, N₂, O₂ y gases traza.

Si tomamos en consideración las fracciones orgánicas de los desechos antes mencionados, se puede estimar una cantidad de 50% de metano y una cantidad de 150 Nm³ gas/t de basura depositada en un período de 15 años.

Si asumimos que el comportamiento va a ser así, el promedio de producción de gas extraído por succión es de 10 – 650 Nm³/h (Conservador 500 Nm³/h).

Al ver esto, podemos ver que no se producen gases en volúmenes significativos antes del 3er año, y a partir de esta fecha el gas podrá ser usado sin necesidad de energéticos complementarios.

a. Sistema de Chimeneas y tuberías

El sistema de recolección de gas, consta de chimeneas verticales con un diámetro aproximado de un metro. Estos están llenos de grava y se elevan a la par del avance de los desechos, un tubo de acero fijo en una base de concreto se extenderá conforme cada nueva elevación y se llena con grava libre de carbonatos. Una red interna en el relleno hecha con tubos PE-DH perforados (Dibujo # 7.16) se conectan a las chimeneas, con esto

se logra que estos tubos conduzcan el gas hacia las chimeneas, el sistema de tubos perforados sería la única salida que tienen los gases. Una vez concentrado el flujo de gases a las chimeneas, debido a que éstas son el único ducto para la salida de los gases, se deberá instalar otro sistema de tubos de succión en la parte superior de las chimeneas para que ésta conduzca los gases a la estación de transformación de gases. (Dibujo # 7.17 y 7.18). Esta tubería final deberá encontrarse cubierta en la etapa final entre el suelo y el humus, para poder darle al parque un aspecto limpio y sin tuberías expuestas.

Cada tubo deberá estar equipado con una manguera para toma de muestras y válvulas de control. Si se puede llevar un control, se podrá alcanzar un máximo de eficiencia en cuanto a la colección de gases.

b. Estación del compresor

Esta unidad dependerá del presupuesto con el que se cuente, ya que dicha planta es de costos muy elevados. La implantación de esta planta es optativa, de no hacerse se eliminará la tubería superior de recolección de gases y únicamente se dejarán las chimeneas expuestas. Los gases con una concentración de metano superior a 25% pueden ser inflamados en una mufla, mientras que los gases en menor concentración, tendrán que ser sacados a la atmósfera pasándolas por un sistema de biofiltros. De preferencia se dejarán las chimeneas con una altura exterior de 4m como mínimo. Dicho detalle se puede apreciar con mayor exactitud en los Dibujos # 7.19 y 7.20.

De contar con los recursos para poder recolectar y tratar los gases después de ser liberados, éstos serán llevados por la tubería de transportación a la estación. Dicha

estación deberá contar con un contenedor con el equipo necesario como compresor, tanque de condensación, una distancia medible, dispositivos de control y medida.

Los gases entran en el contenedor por medio de los tubos colectores y pasan a través del tubo de condensación y son drenados. De ahí los gases pasan a través de un dispositivo de análisis antes de entrar a la unidad del compresor (Dibujo 7.3). De ahí el gas puede ser comprimido y vendido o utilizado a la disposición de la que administre el relleno sanitario.

Existe una segunda alternativa del “¿ Qué hacer con el gas?” . Este puede ser transformado en energía eléctrica a través de una planta y luego ser vendida o conectada a la distribución principal de la EEGSA para poder proporcionar una fuente extra de energía. Esta alternativa no se describirá con detalle ya que el costo de la planta de transformación es aproximadamente de \$ 10,000,000.00. Debido a ésto es que únicamente se menciona que se puede adaptar a la salida de gas una planta transformadora de gas a energía, pero por lo costos no se entrará en mayor detalle.

7. Recubrimiento Final

Cada uno de los sectores del relleno será cubierto y cultivado una vez se haya alcanzado la elevación proyectada y antes de empezar con un nuevo sector. La superficie que se utilizará como revestimiento para la basura compactada será una primera capa de material mineral impermeabilizante o materiales técnicos equivalentes que se colocará sobre la última capa de tierra que va después de la última capa de desechos sólidos. Luego se instalará una lámina de geotextil, se construirá una capa de drenajes de

aproximadamente 20 cm. Luego se instalará una segunda lámina de geotextil y sobre ésta una capa de impermeabilizante plástico o mineral. Una tercera y última capa de geotextil se aplicará sobre el impermeabilizante y justo encima de éste se colocará una capa final del suelo local original o humus. En éste se le dará el acabado arquitectónico fino de la jardinería y la implementación de un parque similar al de las Naciones Unidas u otro parque similar. Dicho detalle se puede apreciar en el Dibujo # 7.16.

8. Otras Instalaciones de Operación

Ya que las instalaciones del relleno estarán abiertas durante las horas hábiles, habrá ciertas precauciones y medidas a tomar para poder prevenir cualquier problema y también se implementarán ciertas instalaciones para poder darle un mantenimiento más fácil.

a. Cerco

El área total de la planta deberá ser cercada con alambre de 2 metros de altura para así poder controlar el ingreso clandestino de camiones de basura no autorizados y todos aquellos que quieran evadir el pago de sus cuotas.

b. Tanque de agua

Deberá ser construido un tanque de agua en el área de mayor altura para poder trabajar por gravedad sin ninguna necesidad de bombeo. Este se utilizará para proveer a las áreas de oficina y de laboratorio con agua, pero primordialmente para poder combatir los incendios que se pueden dar debido a los gases que son liberados por la basura y que muchas veces se van de control (Dibujo 7.3).

c. Gasolinera

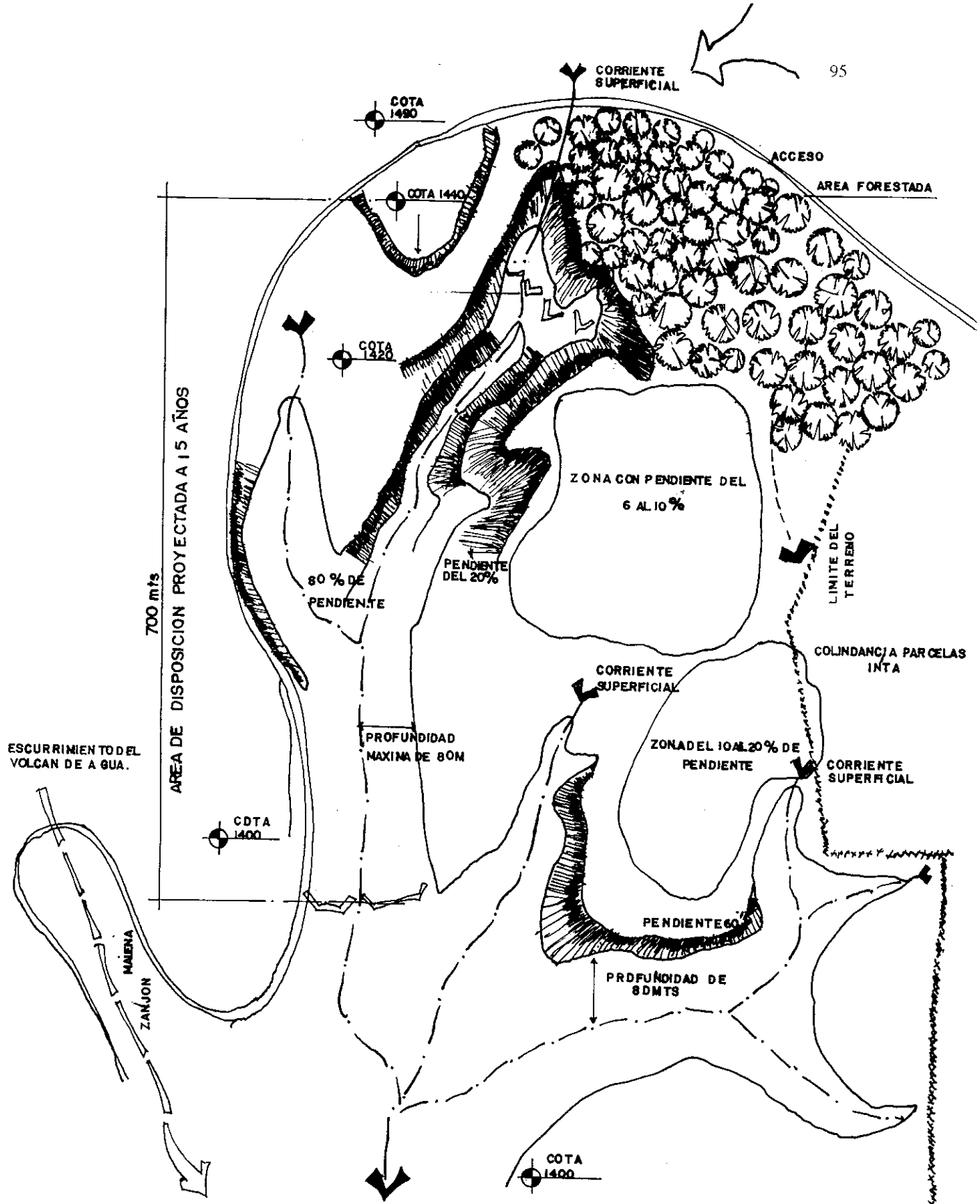
En el área de parqueo se deberá construir una gasolinera para uso exclusivo de la maquinaria que estará trabajando en el relleno como son las compactadoras y otros tipos de maquinaria movida por gasolina o diesel. Esta constará únicamente de 2 bombas, una de diesel y otra de gasolina, se encontrará ubicada en el área de entrada lo suficientemente lejos para evitar cualquier accidente con los incendios (Dibujo 7.3 y 7.4)

d. Estacionamiento

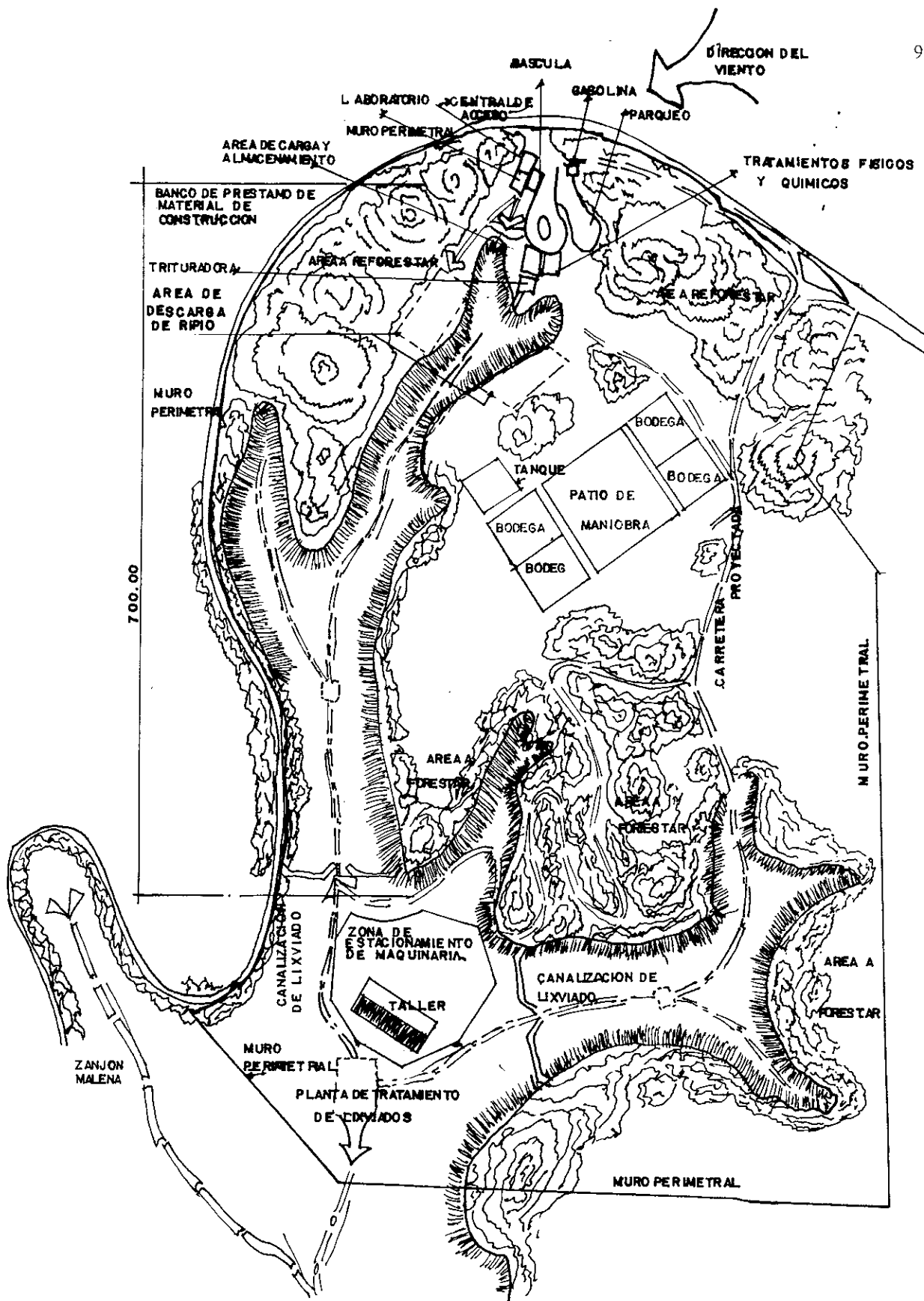
Aparte del estacionamiento de los camiones que están esperando para poder depositar sus desechos, se deberá sectorizar una área de parqueo para el personal del relleno. Preferiblemente si éstos están techados, pero ese detalle quedará a discreción y dependiendo de los recursos financieros con los que se cuenten (Dibujo 7.3 y 7.4)



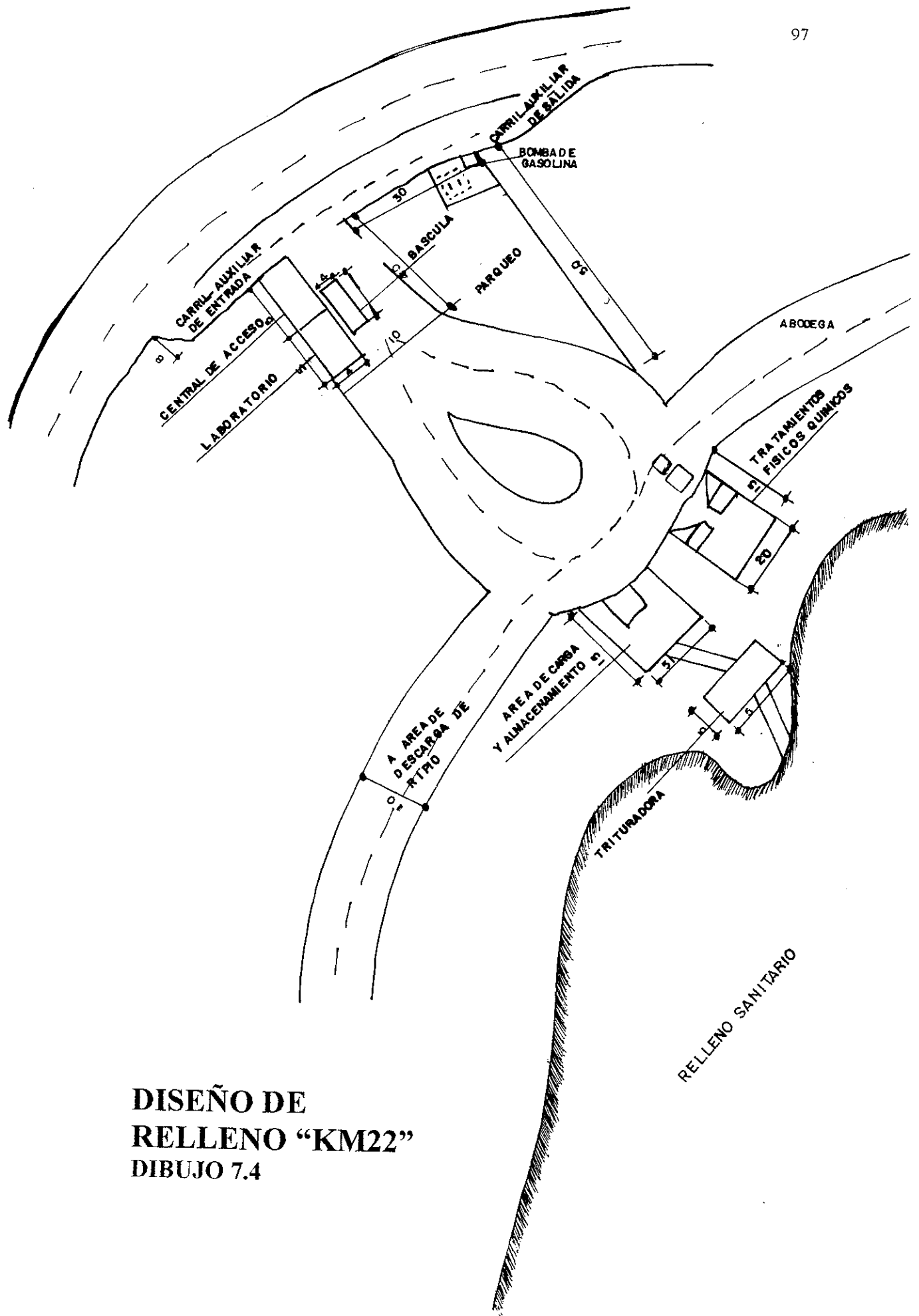
**PERFIL TOPOGRAFICO DEL
RELLENO SANITARIO
DIBUJO 7.1**



**ANALISIS DEL SITIO
RELLENO SANITARIO
DIBUJO 7.2**

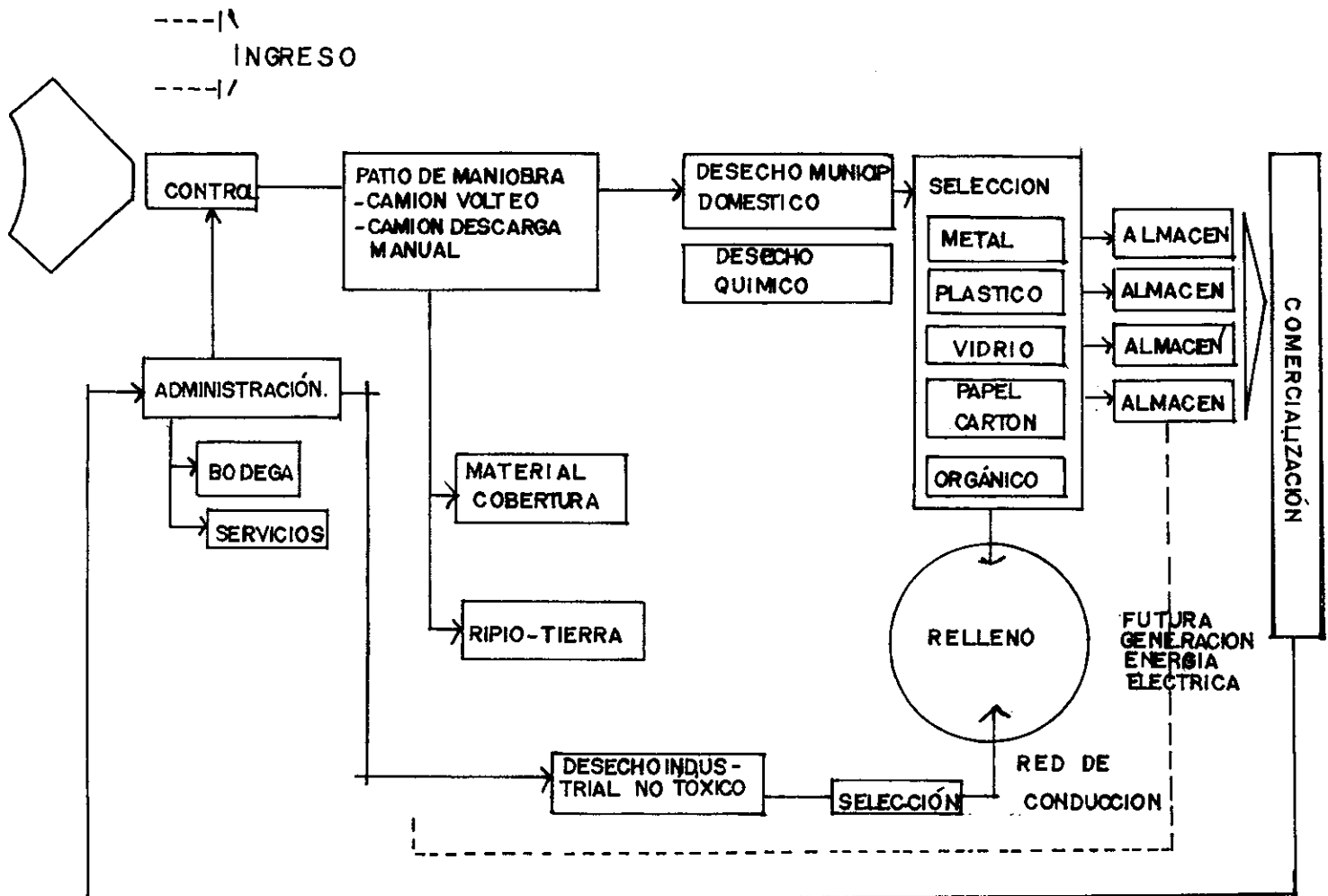


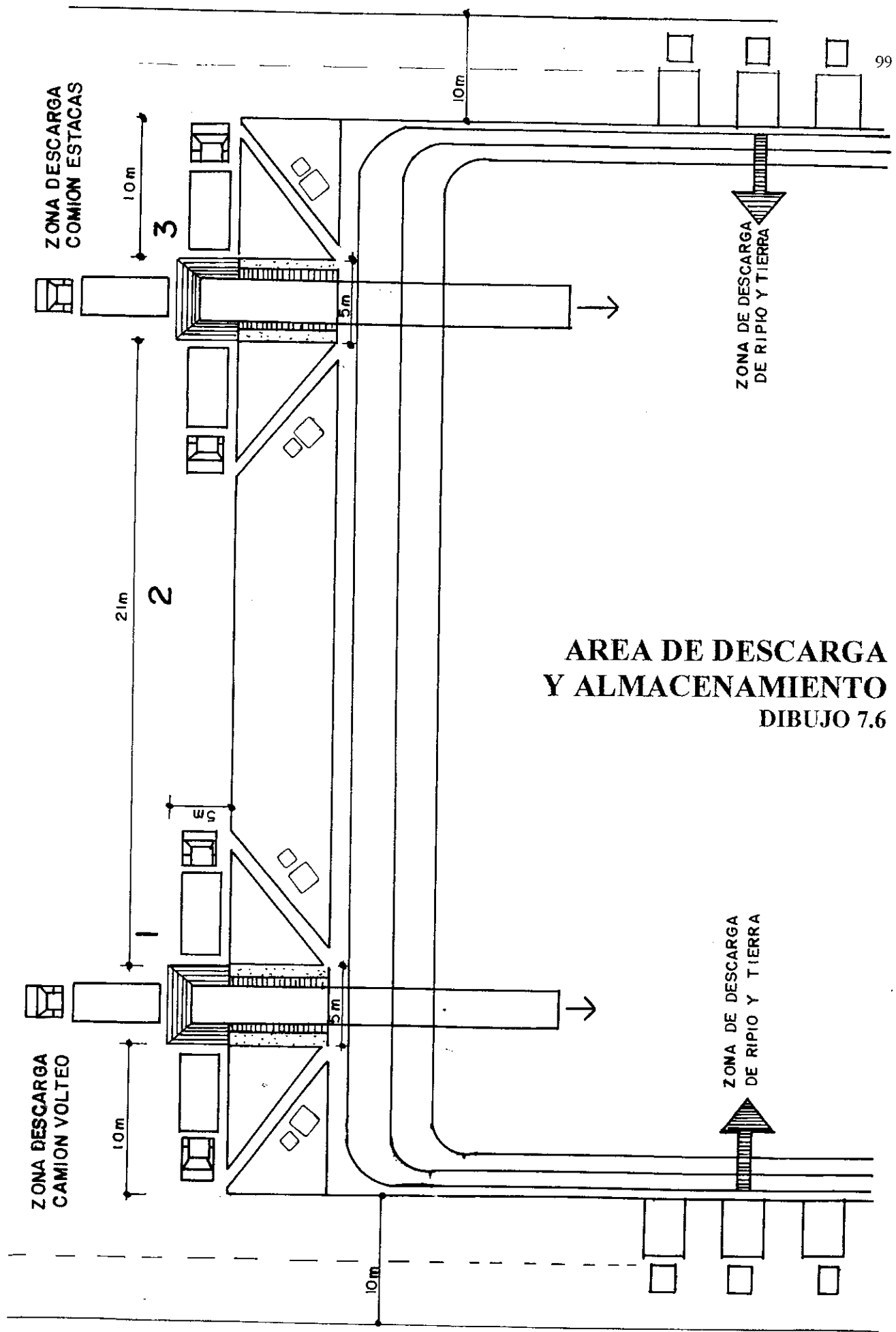
**PLANTA DE DISTRIBUCION DEL
CONJUNTO RELLENO SANITARIO
DIBUJO 7.3**



**DISEÑO DE
RELLENO "KM22"
DIBUJO 7.4**

PROCESO DE DISPOSICION FINAL DE DESECHOS DIBUJO 7.5

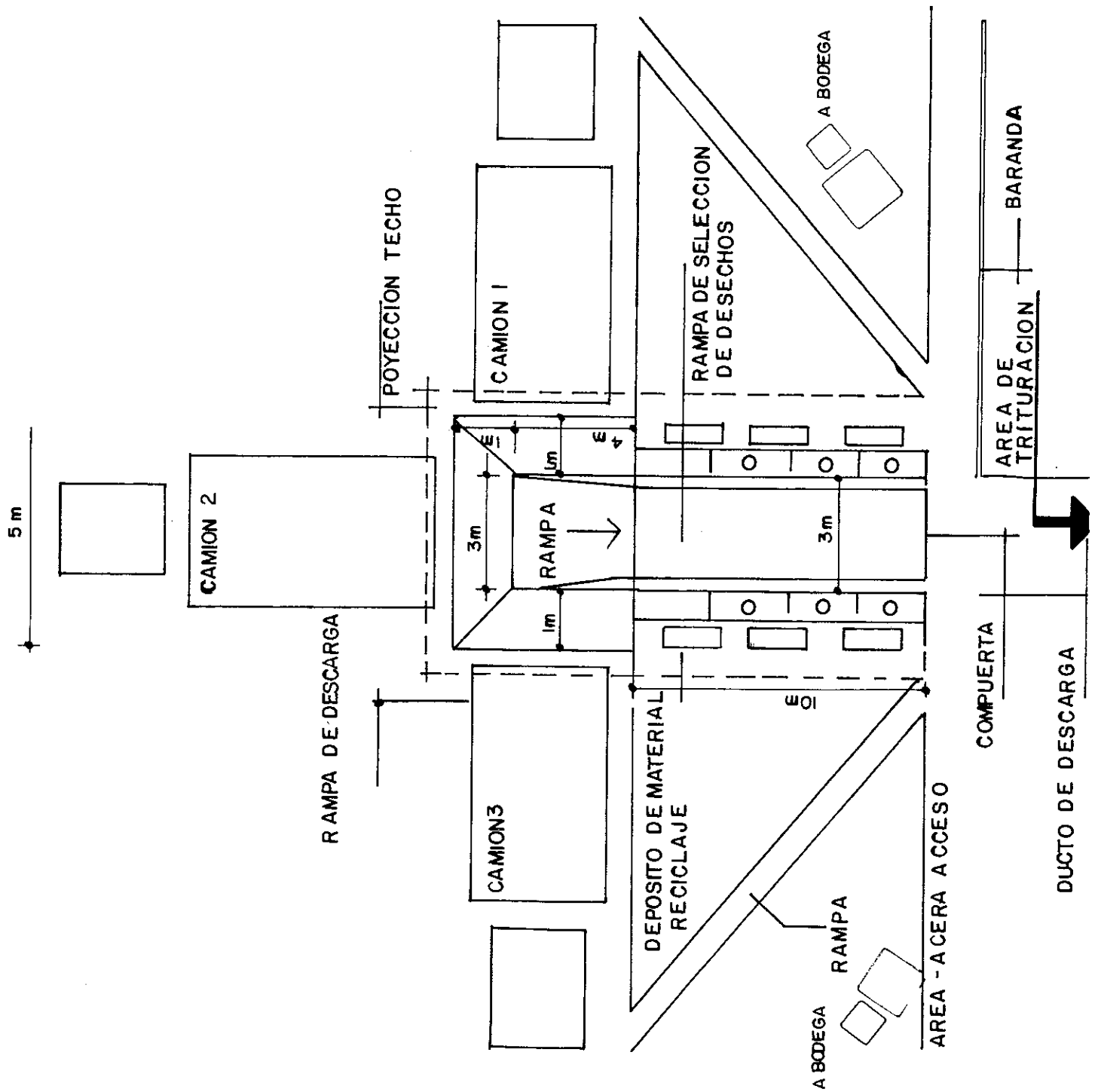


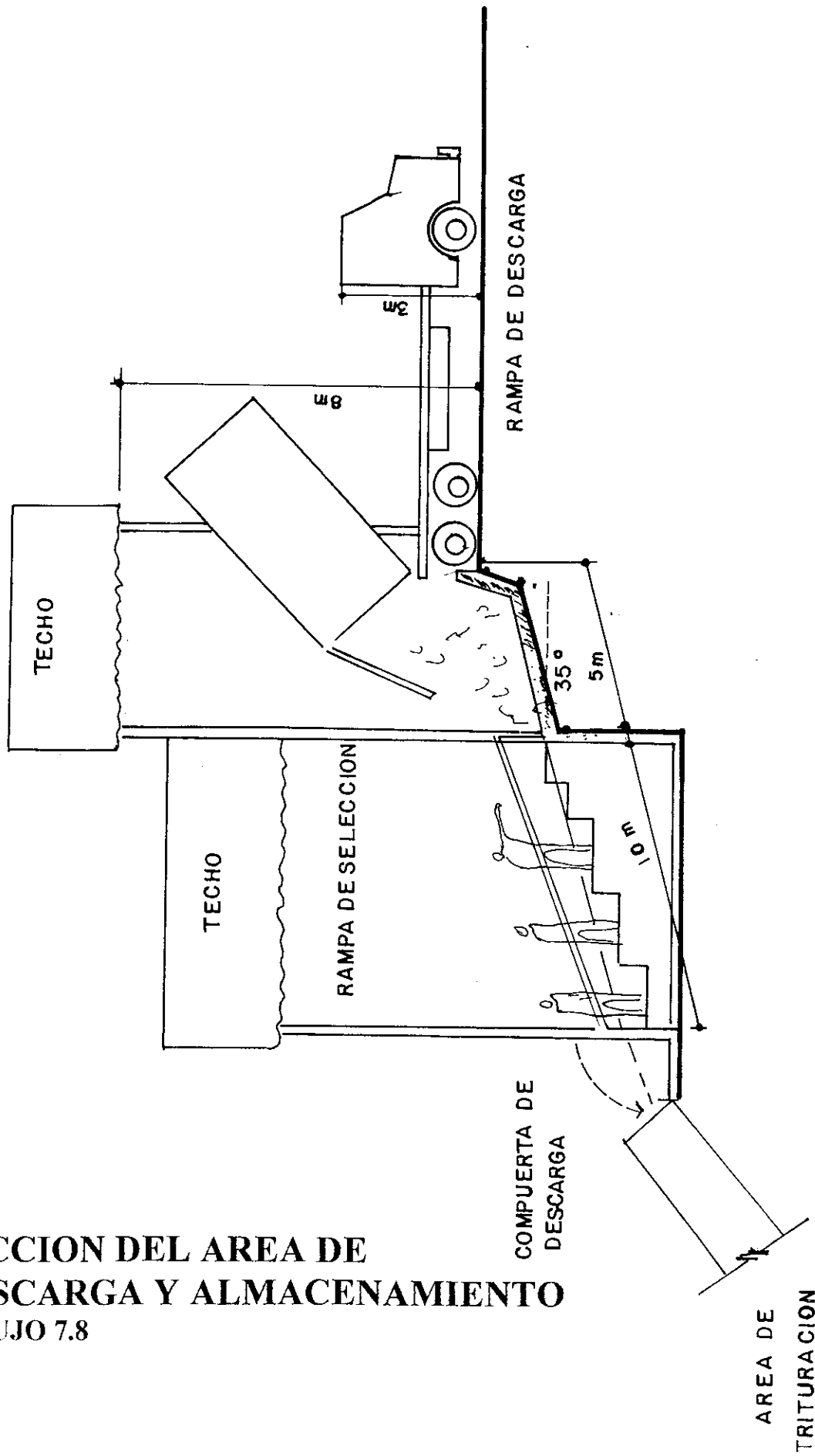


**AREA DE DESCARGA
Y ALMACENAMIENTO**
DIBUJO 7.6

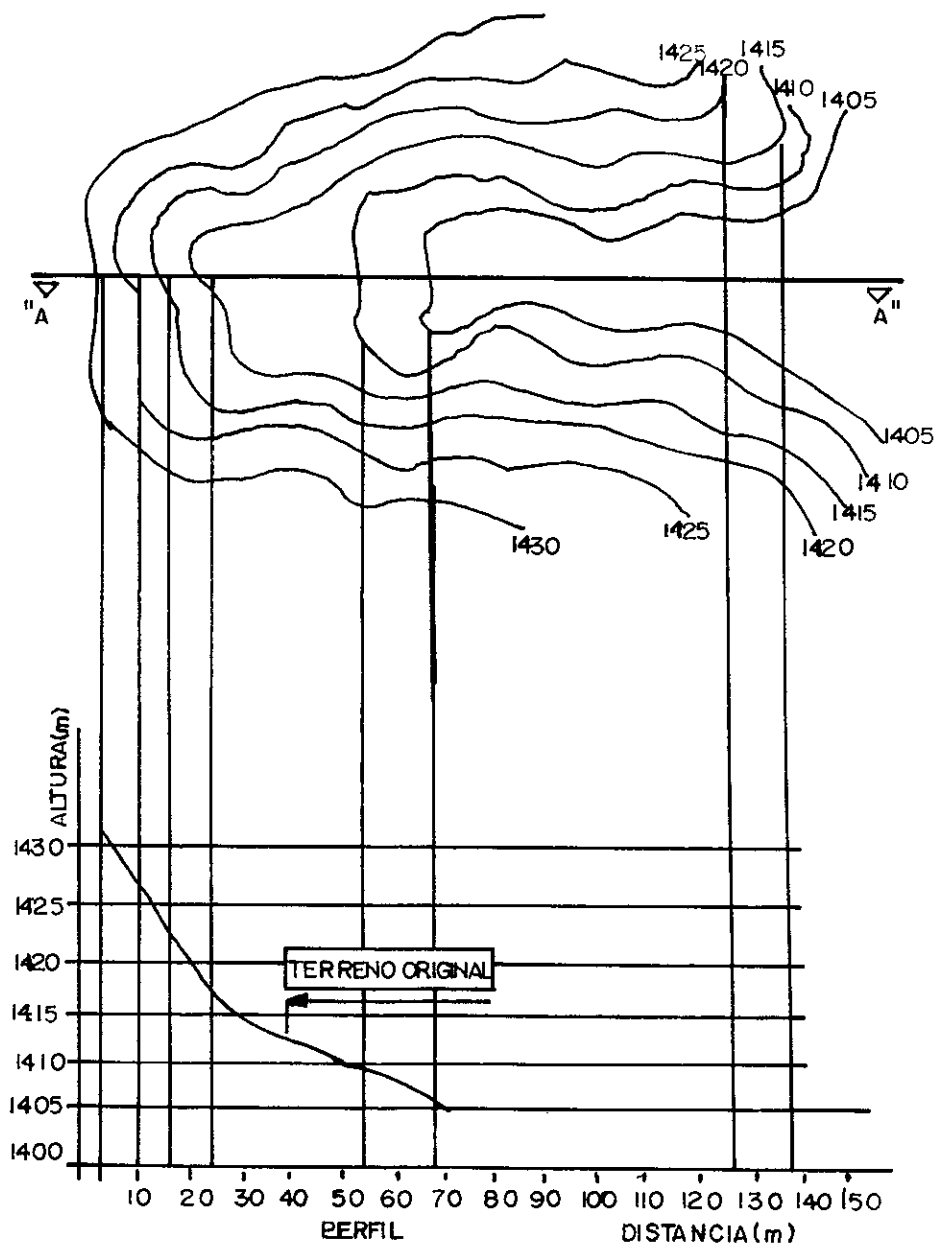
DETALLE EN PLANTA DEL AREA DE DESCARGA Y ALMACENAMIENTO

DIBUJO 7.7

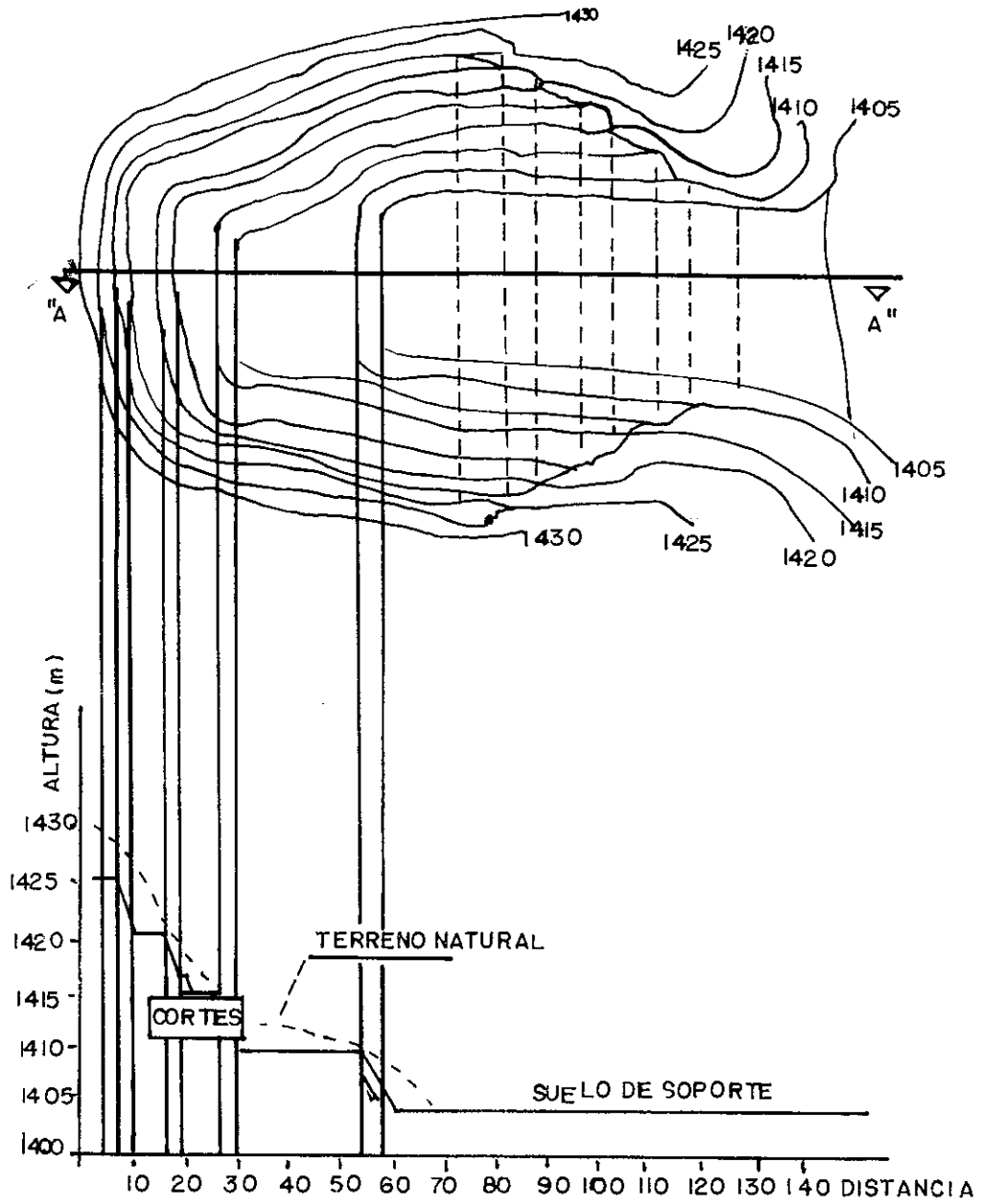




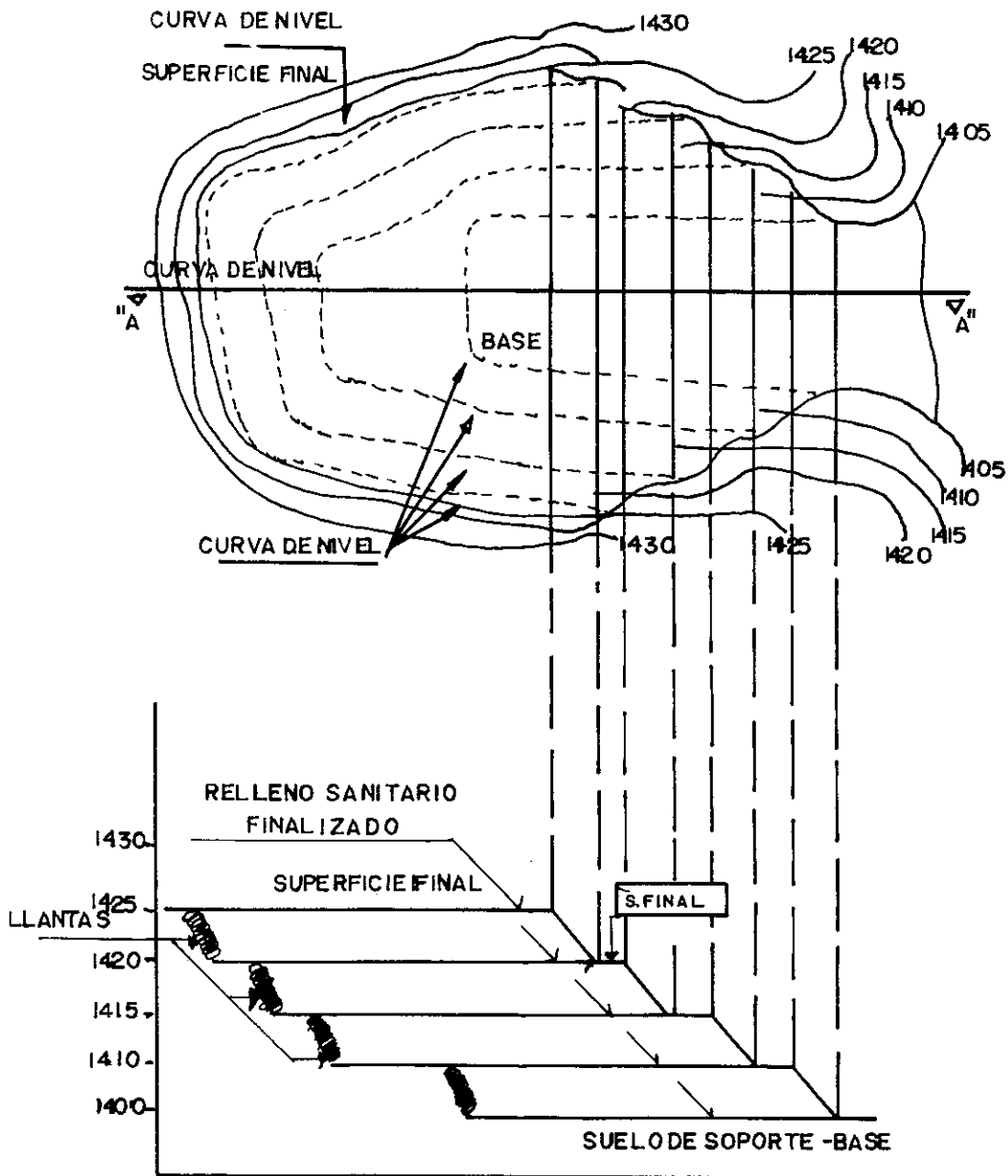
**SECCION DEL AREA DE
DESCARGA Y ALMACENAMIENTO
DIBUJO 7.8**



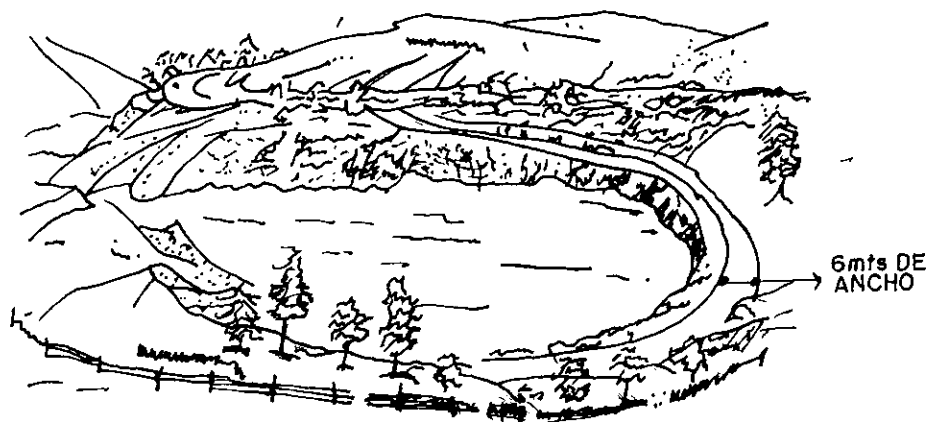
**CONFORMACION DEL
TERRENO ORIGINAL
DIBUJO 7.9**



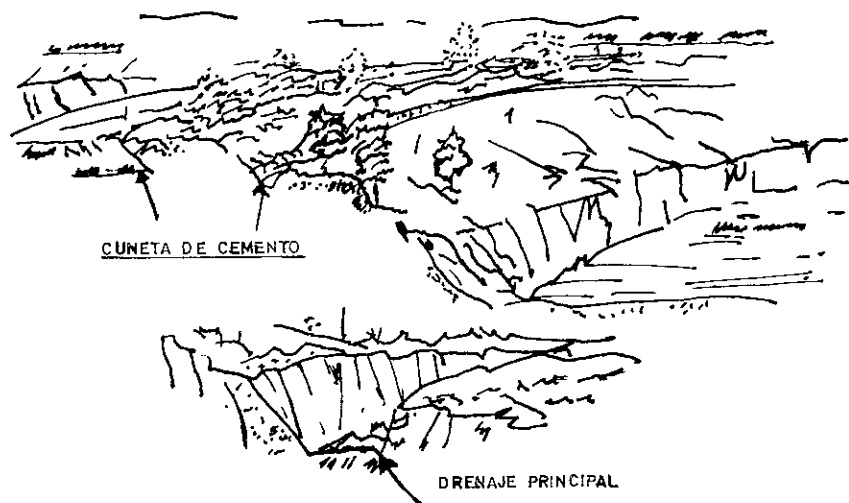
**CONFORMACION DE CORTES
EN EL SUELO SOPORTE
DIBUJO 7.10**



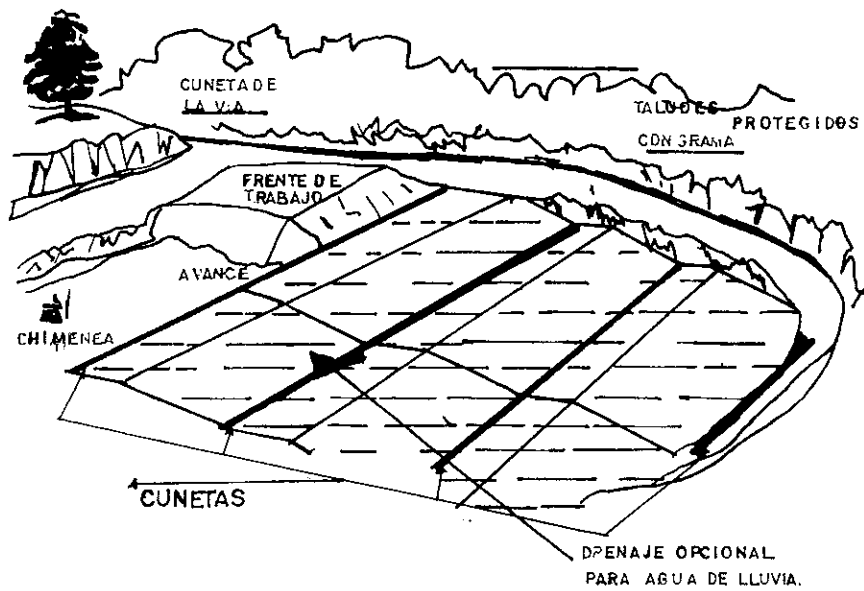
**CONFIGURACION FINAL DEL
RELLENO SANITARIO
DIBUJO 7.11**



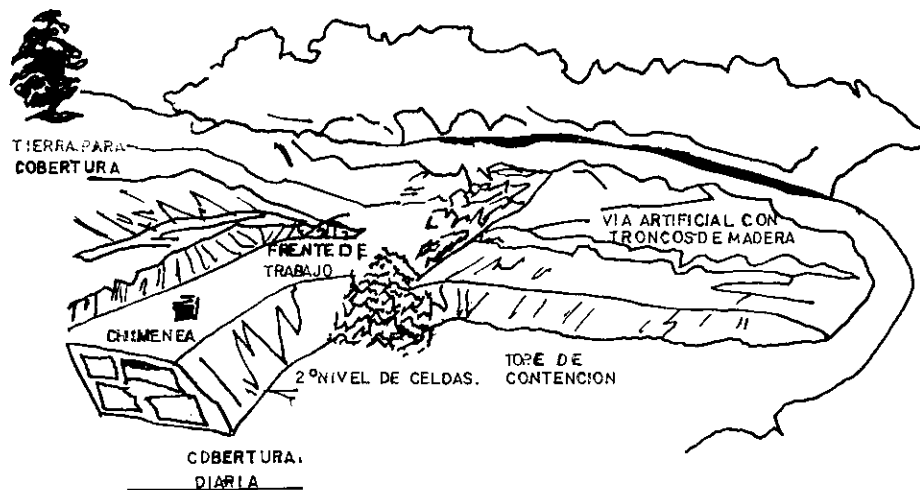
VIA DE ACCESO AL RELLENO
DIBUJO 7.12



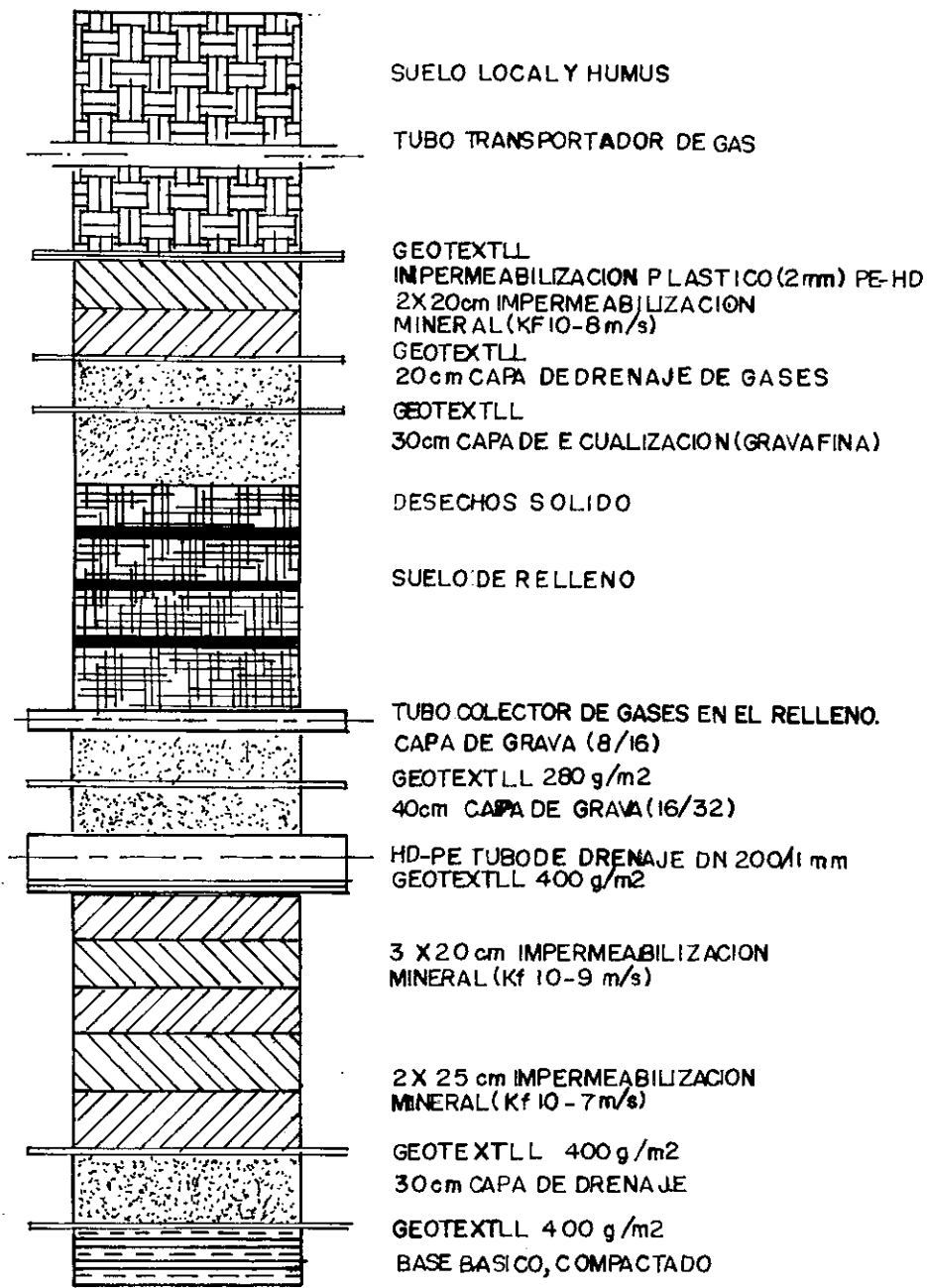
DRENAJE PERIMETRAL DE
AGUAS DE LLUVIA
DIBUJO 7.13



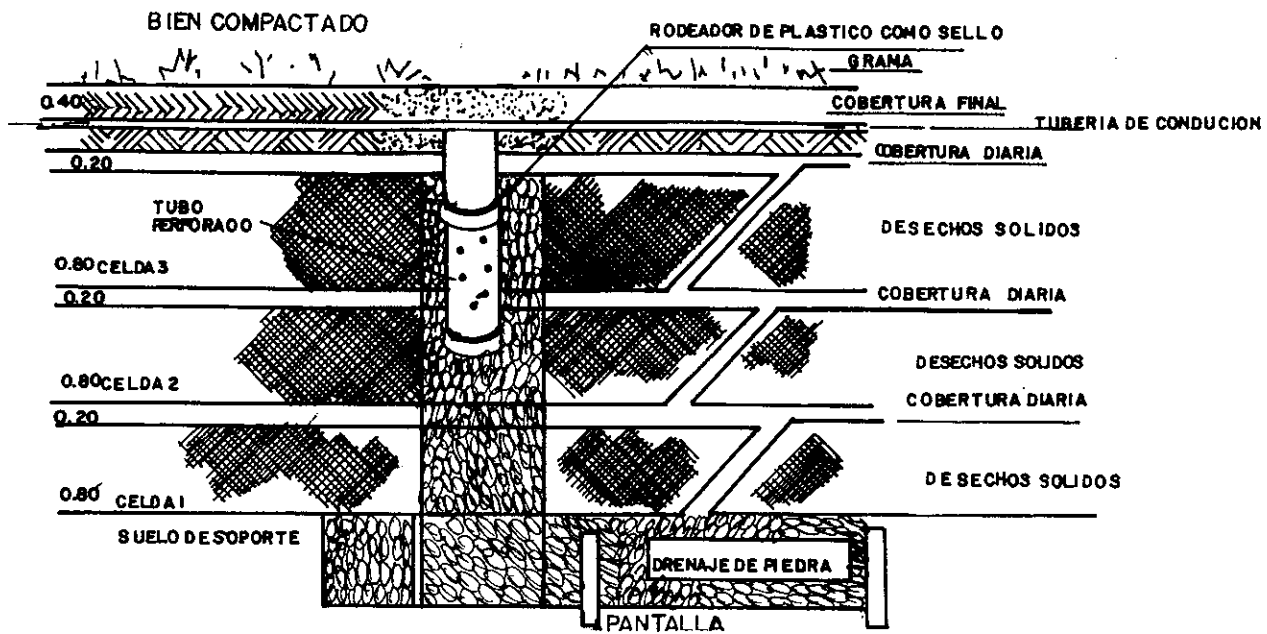
**DISEÑO FINAL DEL RELLENO
SANTITARIO
DIBUJO 7.14**



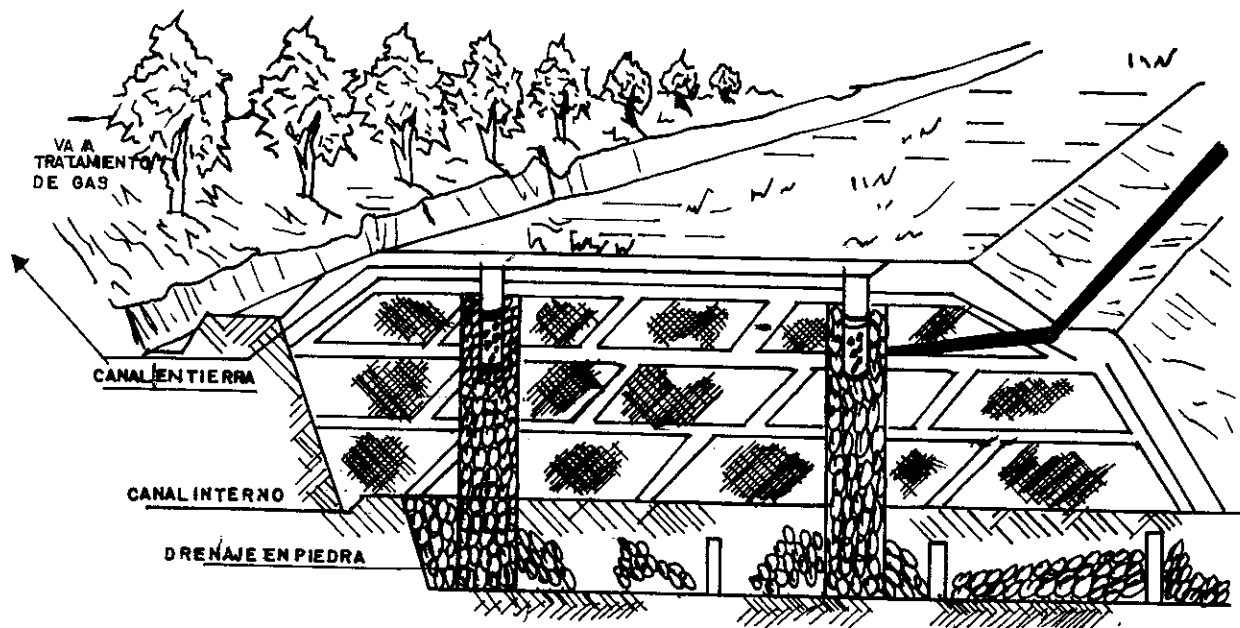
**CONSTRUCCION DE LA PRIMERA
TERRAZA
DIBUJO 7.15**



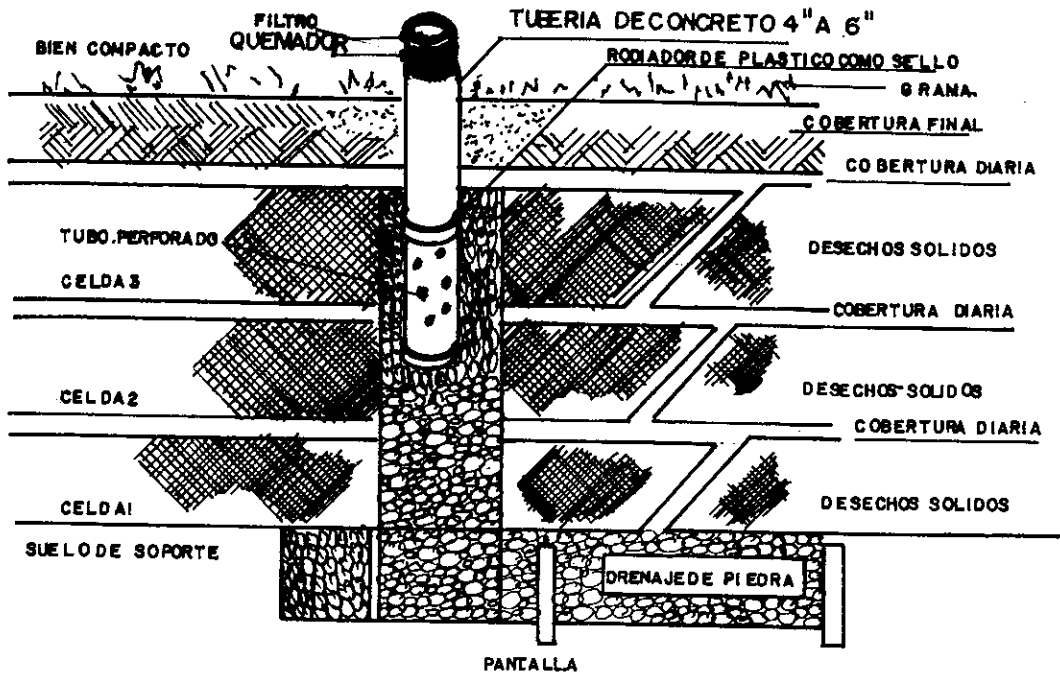
**COMBINACION TIPICA PARA
RELLENO SANITARIO**
DIBUJO 7.16



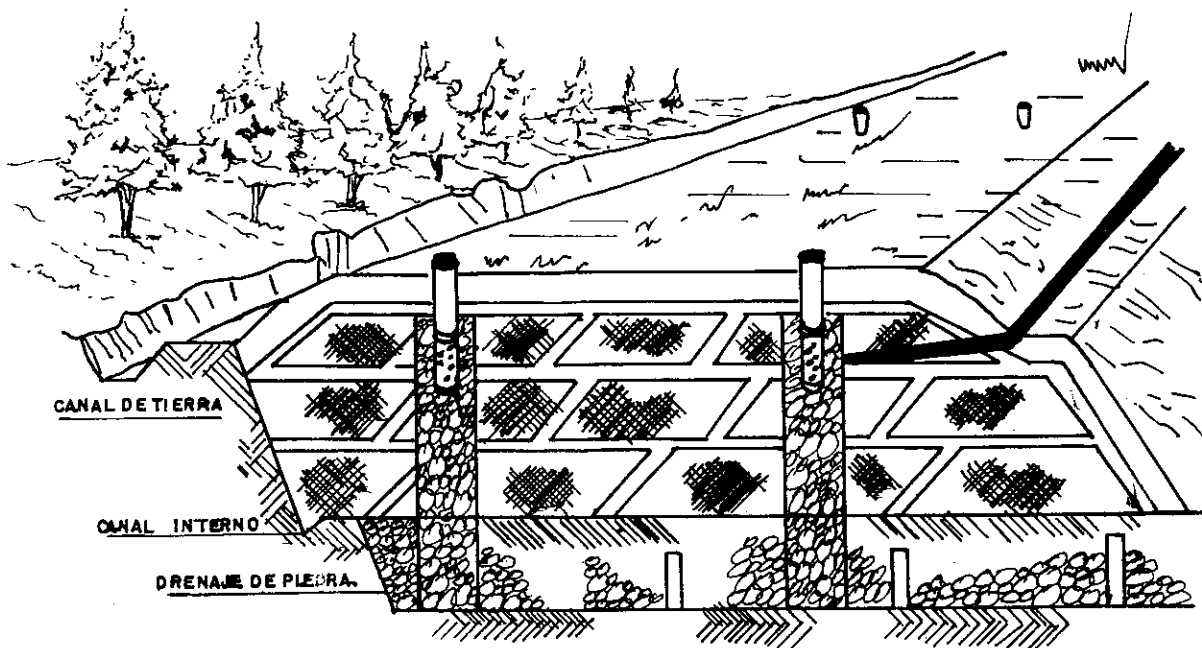
**DETALLE CONSTRUCTIVO DEL FILTRO
PARA DRENAJE DE GAS**
DIBUJO 7.17



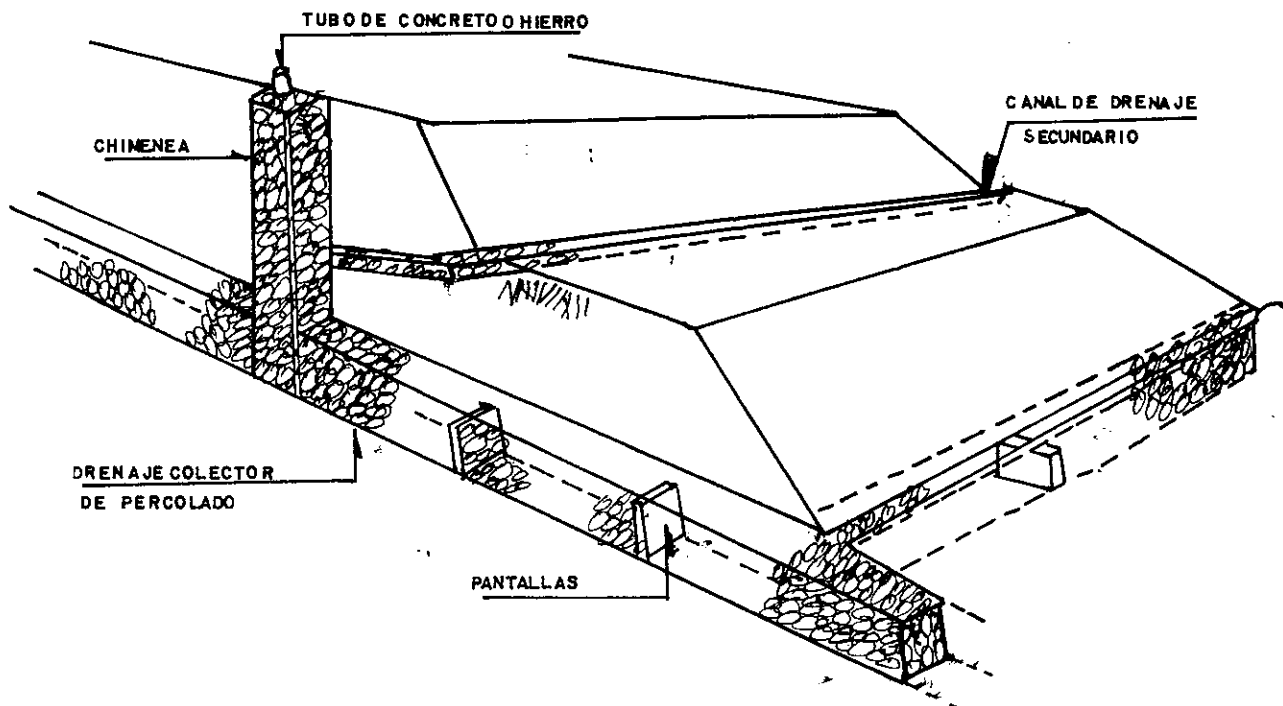
**DETALLE CONSTRUCTIVO DEL FILTRO
PARA DRENAJE DE GAS**
DIBUJO 7.18



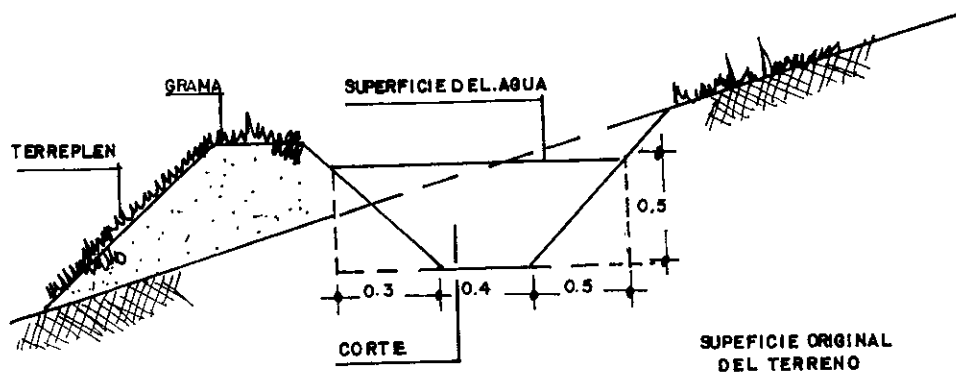
**DETALLE CONSTRUCTIVO DEL FILTRO
PARA DRENAJE DE GAS**
DIBUJO 7.19



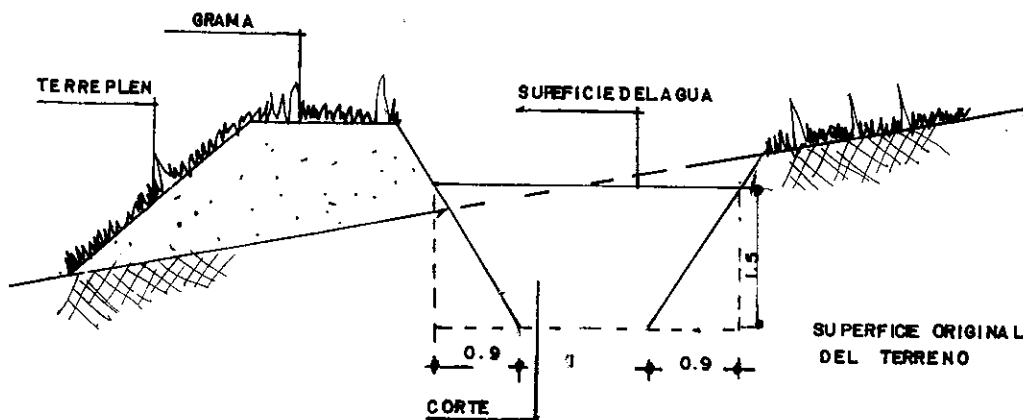
**DISTRIBUCION DE LAS CHIMENEAS
EN EL RELLENO**
DIBUJO 7.20



**CORTE DE INTERCONECCION DE
LOS SISTEMAS
DIBUJO 7.21**



**DETALLE DE LA SECCION TRANSVERSAL
DEL CANAL
DIBUJO 7.22**



**DETALLE DE LA SECCION TRANSVERSAL
DEL CANAL PRINCIPAL
DIBUJO 7.23**

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. CONCLUSIONES

Actualmente darle una solución a los basureros clandestinos es una necesidad y no una opción con la que las diferentes municipalidades tienen que lidiar.

El proyecto de tratamiento de residuos sólidos del Km. 22 carretera a Amatitlán es adecuado ya que proporciona un reducimiento de los contaminantes hacia las capas internas del suelo. También la opción de regenerar el parque una vez sea terminado proporciona una solución a la problemática de la contaminación.

El método utilizado para el proyecto (relleno sanitario) es el más adecuado ya que es el que más se adapta a las condiciones del terreno y entre los otros métodos, es el que representa menor costo de inversión y no necesita de mano de obra calificada para su manejo.

El proyecto brinda una solución de la problemática de los residuos que no son biodegradables al comercializarlos y venderlos como material reciclable.

Se logró habilitar cuencas que no podían ser utilizadas para nada debido a su topografía y se brindará en vez de ella un parque al finalizar el proyecto.

Este proyecto sirve de modelo para las diferentes municipalidades de la nación no solamente en el ámbito de la lucha contra la contaminación sino que como modelo para dar más de 50 fuentes de trabajo sin que éste represente costo de mantenimiento para ellas.

El proyecto actualmente no está siendo llevado financieramente de una forma adecuada ya que no se está cobrando por tratar la basura.

Con el proyecto se les ofrece una solución a las personas de la calle (guajeros) que son los que actualmente recogen algunos de los materiales reciclables, ya que se les daría un empleo seguro y firme trabajando de la misma manera en que lo están haciendo.

Se está reduciendo el nivel de tóxicos que ingresan al lago de Amatitlán ya que al tratar los lixiviados los tóxicos son recogidos antes de llegar al lago.

B. RECOMENDACIONES

Se recomienda cobrar por tonelada a cada camión que entre a depositar los residuos para poder convertir el proyecto en auto sustentable y que represente utilidades.

Es recomendable comprar la planta transformadora de gas a energía o la planta para poder envazar en cilindros el gas para venderlo.

IX. BIBLIOGRAFIA

1. Gestion Integral de Residuos Solidos, Theisen, Vigil y Tchobanglous, Mc Graw Hill, Mexico, 1998
2. El Problema de los Residuos Sólidos Urbanos Resuslto, Instalaciones Tratamiento Resudios Urbanos, S.A., ITRUSA, Barcelona, 1998
3. Proyecto AMSA, SEGEPLAN, Guatemala, 1997
4. Relleno Sanitario, Mapreco, S.A., Guatemala, 1998
5. Entrevista con Arq. Evelyn Reyna, Directora AMSA, Guatemala, 1999
6. Entrevista con Ing. Francisco Asturias, Ex Director de CONAMA, Guatemala, 1999
7. Analisis Económico de Proyectos, Squire, Lyn y Herman, Madrid, España, 1983