



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA**

UNAN - MANAGUA

**“PROPUESTA DE ANTEPROYECTO DE DISEÑO DE RELLENO SANITARIO,
UBICADO EN LA COMUNIDAD DE SAN CARLOS AL NORTE DEL MUNICIPIO
DE DIRIAMBA. EN EL PERIODO DEL AÑO 2018 AL 2028.”**

Para optar al Título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Oscar Iván Villegas Torres.

Br. Jairo Antonio Mendieta.

Br. Luis Carlos Ortiz Rugama.

Tutor

Ing. Francisco Ernesto Cuadra.

Managua, abril 2018

DEDICATORIA

Ante todo, a Dios nuestro señor por permitirnos la fuerza y el anhelo de superación, a nuestras esposas e hijos por comprender el esfuerzo que hacemos para el bienestar de nuestras familias y el país.

A nuestros padres por habernos apoyado a lo largo de nuestras vidas e incondicionalmente en nuestros estudios hasta la culminación de cada una de nuestra formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

De manera muy personal al ingeniero Francisco Cuadra, quien estuvo con nosotros apoyándonos para poder realizar esta tesis.

A las autoridades municipales y a nuestro gobierno por brindarnos una beca la cual nos sirvió de apoyo para fortalecer nuestros estudios universitarios y a nuestros maestros que supieron comprender el sacrificio que hemos hecho para nuestra superación.

CONTENIDO

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
CONTENIDO	III
LISTADO DE CUADRO	VI
LISTADO DE FIGURA	VII
LISTADO DE GRÁFICOS	VII
LISTA DE ABREVIATURAS	VII
RESUMEN EJECUTIVO	1
1. GENERALIDADES	3
1.1 INTRODUCCIÓN	3
1.2 JUSTIFICACIÓN	5
2. OBJETIVOS	6
2.1 Objetivo general:	6
2.2 Objetivos específicos:	6
3. MARCO TEÓRICO	7
3.1 CONCEPTOS Y/O DEFINICIONES GENERALES	7
3.1.1 Desechos Sólidos	7
3.1.2 Desechos sólidos domésticos.	7
3.1.3 Generación de los desechos sólidos	7
3.2 FACTORES QUE AFECTAN LAS TASAS DE GENERACIÓN DE LOS DESECHOS.	9
3.2.1 La reducción en origen y las actividades de reciclaje	9
3.2.2 Las actitudes públicas y la legislación	10
3.2.3 Los factores físicos y geográficos	10
3.3 MÉTODOS COMÚNMENTE UTILIZADOS PARA ESTIMAR LAS CANTIDADES DE DESECHOS SOLIDOS	11
3.3.1 Análisis del número de cargas.	11
3.3.2 Análisis de peso- volumen.	11
3.4 Análisis de balance de masas	11
3.5 La importancia de la obtención de datos de la caracterización de los desechos sólidos.	12
3.5.1 Conociendo la producción per cápita por habitantes y la densidad de los sólidos se puede calcular:	12
3.6 Conociendo la composición física de los desechos, se puede determinar:	12
3.7 Composición de los desechos sólidos	12
3.8 Los desechos sólidos se dividen en sustancias orgánicas e inorgánicas	13
3.9 Densidad de los desechos sólidos	16

3.10	Propiedades y/o características.....	18
3.10.1	Propiedades Físicas.	18
3.10.2	Propiedades químicas.	18
3.10.3	Propiedades biológicas.	19
3.11	La gestión del servicio de aseo público.	19
3.12	Tratamiento o disposiciones final de los desechos sólidos.....	21
3.13	Ventajas y riesgos de un relleno sanitario.	24
3.14	Tipos de relleno sanitario.	26
3.15	Métodos constructivos de un relleno sanitario.	26
3.15.1	Método de trinchera o zanja 26	26
3.15.2	Método del área.	27
3.15.3	Método de la depresión o pendiente.	28
3.15.4	Método combinado.	29
3.16	Elementos principales de un relleno sanitario.	29
3.17	Obras de adecuación.	30
3.18	Pasos para el diseño, construcción y operación.....	35
3.18.2	Factores que influyen en la selección del sitio 35	35
3.18.3	Evaluación del sitio 38	38
3.18.4	Estudios básicos realizados en el sitio seleccionado. 38	38
3.18.5	Estudios de suelos..... 38	38
a)	Origen de los suelos..... 38	38
b)	Tipos de suelo..... 39	39
3.18.6	Estudios topográficos del área..... 42	42
3.18.7	Descomposición de los desechos sólidos en el relleno sanitario..... 42	42
3.19	Reacciones que ocurren en un relleno sanitario. 43	43
3.20	Asentamientos y características estructurales de un relleno sanitario..... 44	44
3.21	Lixiviados en un relleno sanitario. 45	45
3.22	Canales Ciegos 49	49
3.22.2	Tratamientos de los canales ciegos..... 49	49
3.22.3	Mecanismo de filtración de los canales ciegos..... 50	50
3.22.4	Medio filtrante. 50	50
3.22.5	Sistema de película biológica. 51	51
3.22.5	Operación 51	51
3.22.6	Clausura del botadero tradicional. 51	51
4.	CARACTERÍSTICAS DEL MUNICIPIO DE DIRIAMBA	59
4.1	CARACTERÍSTICAS Y GENERALIDADES DEL MUNICIPIO..... 59	59
4.2	Organización territorial del municipio 59	59
4.3	Población 63	63
4.4	Vivienda 64	64
4.5	Crecimiento histórico 64	64
4.6	Estructura urbana actual 64	64
4.7	Uso actual del suelo..... 65	65
4.8	Infraestructura..... 65	65
4.9	Jerarquía vial..... 66	66
4.10	Servicio Municipal 66	66
5.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	68

5.1 Tipo de estudio	68
5.2 Periodo de diseño	68
5.2.1 Procedimientos utilizados para realizar el estudio	68
5.2.2 Caracterización de los desechos solidos	68
5.3 Definición de la muestra	69
5.3.1 <i>Criterios para seleccionar la muestra.</i>	69
5.3.2 Características de los estratos socioeconómicos dentro de la muestra. 70	
5.3.3 Método de recolección de datos.	71
5.4 Evaluación del sitio.	76
5.5 Parámetros para la determinación del lixiviado.	80
5.6 Calculo del balance de agua y la determinación del lixiviado.	80
5.7 Estudios Topográficos.	83
5.8 Diseño de las trincheras del relleno sanitario.	84
5.9 Diseño de canales abiertos.....	85
5.10 Medidas ambientales	89
5.10.1 Medidas de mitigación fase de construcción	89
5.10.2 Medidas de mitigación fase de operación	93
Actividades impactantes	93
Medida ambiental	93
Ubicación espacial	93
5.10.3 Programa de gestión ambiental	95
5.10.3.1 Plan de contingencia	95
Objetivos y alcances del plan de contingencia	95
Organización para la aplicación del Plan de Contingencia.....	95
6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	97
6.1 Caracterización de los desechos sólidos.....	97
6.2 Calculo del volumen de desechos y área requerida.....	99
6.3 Estimación de la cantidad de lixiviados.	101
4.4 Estudio topográfico.	104
4.4.1 Diseño de canales pluviales.....	105
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	107
7.1 CONCLUSIONES.....	107
7.2 RECOMENDACIONES.	108
8. BIBLIOGRAFÍA	109
9. ANEXOS	110
Anexo 1. Producción per cápita de los desechos sólidos por barrio.....	110
Francisco Chávez. (Continuación)	111
Silvio González Mena.	111
<i>Zona Central. (Continuación)</i>	113
Anexo 2. Componentes de los desechos sólidos por estrato socio económico.	113
Anexo 3. Densidad compacta de los desechos sólidos por estrato socio-económico.....	115
Anexo 4. Producción per cápita de los desechos sólidos por estrato socio-económico.....	116

Anexo 5. Densidad suelta de los desechos sólidos por estratos socio-económicos.....	120
Anexo 6. PRESUPUESTO.....	121
Anexo 7. CRONOGRAMA DE EJECUCION.....	122
Anexo 8. Planos Constructivos Del Relleno Sanitario.....	123

LISTADO DE CUADRO

CUADRO 1. VALORES TÍPICOS DE LA PRODUCCIÓN PERCAPITA.....	8
CUADRO 2: PRODUCCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN NICARAGUA	8
CUADRO 3: COMPOSICIÓN DE LOS DESECHOS MUNICIPALES EN EUROPA OCCIDENTAL, LOS ESTADOS UNIDOS Y AMÉRICA LATINA.....	14
CUADRO 4: COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DE CINCO LOCALIDADES DE NICARAGUA.	15
CUADRO 5: . COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DETERMINADA POR TESISISTAS DE LA UNI.	16
CUADRO 6: DENSIDADES TÍPICAS DE DESECHOS SÓLIDOS MUNICIPALES POR PAÍS.	17
CUADRO 7: DENSIDAD SUELTA DE DESECHOS MUNICIPALES EN NICARAGUA.	17
CUADRO 8: DENSIDAD SUELTA DE DESECHOS SÓLIDOS DETERMINADOS POR TESISISTAS DE LA UNI.	17
CUADRO 9: CONTROL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS.....	57
CUADRO 10: BARRIOS Y COMUNIDADES DEL MUNICIPIO	60
CUADRO 11: POBLACIÓN DE DIRIAMBÁ	63
CUADRO 12: VIVIENDA DE DIRIAMBÁ	64
CUADRO 13: REVESTIMIENTO Y LONGITUD DEL SISTEMA VIAL.....	66
CUADRO 14: DATOS DE LA MUESTRA TOMADA DE LA POBLACIÓN Y VIVIENDAS DE LOS BARRIOS SELECCIONADOS.....	69
CUADRO 15: DISTRIBUCIÓN DE LAS VIVIENDAS POR ESTRATO SOCIO-ECONÓMICO.....	71
CUADRO 16: RECOLECCIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN DIRIAMBÁ.	72
CUADRO 17: EVALUACIÓN DEL SITIO PARA EL RELLENO SANITARIO.....	76
CUADRO 18: NUMERO DE VIVIENDA Y HABITANTES TOMADO EN CONSIDERACIÓN EN EL ESTUDIO.	97
CUADRO 19: CALCULO DE DESVIACIÓN ESTÁNDAR POR ESTRATO SOCIO-ECONÓMICO... 97	97
CUADRO 20: DENSIDAD COMPACTA DE DESECHOS SÓLIDOS PROMEDIO DE LOS ESTRATOS.....	99
CUADRO 21: PROMEDIO DE LOS ESTRATOS SOCIO-ECONÓMICOS DEL PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS	99
CUADRO 23: BALANCE HÍDRICO (PERC).	101
CUADRO 24: BALANCE HÍDRICO (PERC)(CONTINUACIÓN)	102
CUADRO 25: DETERMINACIÓN DE CAUDALES DE DISEÑO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE LOS LIXIVIADOS PRODUCIDOS EN EL TIEMPO.....	103
CUADRO 26: LEVANTAMIENTO PLANI-ALTIMÉTRICO.	104

CUADRO 27: DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DE DISEÑO.....	106
CUADRO 28: DETERMINACIÓN DE LAS SECCIONES GEOMÉTRICAS DE LOS CANALES....	106

LISTADO DE FIGURA

FIGURA 1: MÉTODO DE TRINCHERA PARA CONSTRUIR UN RELLENO SANITARIO.	27
FIGURA 2: MÉTODO DE ÁREA PARA CONSTRUIR UN RELLENO SANITARIO.....	28
FIGURA 3: MÉTODO DE LA DEPRESIÓN O PENDIENTES PARA CONSTRUIR UN RELLENO SANITARIO.....	29
FIGURA 4: COMBINACIÓN DE AMBOS MÉTODOS PARA CONSTRUIR UN RELLENO SANITARIO.	29
FIGURA 5: BALANCE DEL AGUA EN UN RELLENO SANITARIO.	48
FIGURA 6: MAPA DE LÍMITES MUNICIPALES DE DIRIAMBA	59
FIGURA 7: PROMEDIO DE LA CLASIFICACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DE LOS TRES ESTRATOS SOCIO- ECONÓMICOS.	98
FIGURA 8: PROMEDIO POR ESTRATO SOCIO-ECONÓMICO DE LA DENSIDAD SUELTA.	99
FIGURA 9: NOMENCLATURA Y LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN CANAL.	105

LISTADO DE GRÁFICOS

GRAFICO 1: CLASIFICACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DE LOS TRES ESTRATOS SOCIO- ECONÓMICOS	98
GRAFICO 2: ESTRATO SOCIAL SOCIO-ECONÓMICO DE LA DENSIDAD SUELTA	98

LISTA DE ABREVIATURAS

Agl - Aglomerado.
ALMAC – Almacenamiento.
Bas - Basalto.
C - cuña de agua salina del lago.
COSUDE- Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación.
cm / año – Centímetro por año
D.A- densidad del agua del acuífero
D.I - densidad de las aguas del lago
Esc - Esguerrimiento
E – Este
ENACAL - Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado.
fc – Capacidad de infiltración
gpd – galones por día
gpm – galones por minuto
Hm - Hectómetros
INETER - Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales.
Km – Kilómetros
l / s – litros sobre segundos

l / habitantes – día litros sobre habitantes sobre días
l/s/m – Litros por segundo por metro.
m - metros.
m/día- metros por día
mls- milésimas
m.s.n.m - metros sobre el nivel del mar.
MMCA - Millones de Metros Cúbicos por Año
MGA – Millones de galones al año
MARENA.- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales.
 $\mu\text{s/cm}$ - microsiemens por centímetro
 m^3 o m^3 - metros cúbicos
 $\text{m}^3 / \text{día-m}$ - metros cúbicos por día por metro
 mm / h – milímetros sobre horas
 m^2 - metros cuadrados
N – Norte
NRC – No reconocido en el terreno
nd – Dato no obtenido
O – Oeste
P - Precipitación
PP - Pozo perforado
% - Por ciento
Pp - Precipitación pluvial media mensual (mm).
Pe - Precipitación efectiva (mm)
VD- Volumen disponible.
Vaprov- Volumen aprovechable
s – Sur
Te - Formación terciaria inferior impermeable.

RESUMEN EJECUTIVO

Con el fin de solucionar el problema del mal manejo de los desechos sólidos, en algunas municipales de Nicaragua se han ejecutado los estudios siguientes:

- Proyecto para el saneamiento de basura en la ciudad de Managua presentado por rene carrillo césped, 1972.
- Disposición final y recolección de basura y desperdicios en la ciudad de Jinotepe, presentado por Silvio mena cantón, 1975.
- Recolección y disposición final de desechos sólidos de la ciudad de Matagalpa, presentado por Felipe blandón López, 1977.
- Caracterización de los desechos sólidos producidos en la ciudad de Masaya, presentado por la unidad de posgrado de ingeniería ambiental de la UNI, 1990.
- Diagnóstico de los desechos sólidos propuesta de diseño en la ciudad de Diriamba presentado por mari Nelly Meneses, 1997. Uní
- Relleno sanitario como método de disposición final de desechos sólidos no orgánicos de la ciudad de Jinotepe, presentado por Manuel rocha castillo, 1998
- Diseño de 5 rellenos sanitarios en las municipalidades Mateare, Santo Tomas, Santa Teresa, Acoyapa y Ocotal, presentado por el proyecto nic/95/017-PNUD – AECI. SUECIA CUD.

Todos estos estudios tenían con objetivo mejorar el sistema del manejo de los desechos en las distintas ciudades antes mencionadas.

Sin embargo, fue hasta 1995 que se puso en operación un relleno sanitario, implementado por el INIFOM a través del proyecto NIC-017-PROFIN, PNUD, FRANCIA, ESPAÑA, SUECIA en la localidad de mateare a través de este mismo proyecto se ha venido poniendo en operación otros rellenos sanitarios de la ciudad de santa teresa, el cual se inauguró en octubre de 1997.

En décadas anteriores la disposición final de los desechos sólidos municipales de Diriamba no llego a ser un problema significativo ya que la población era pequeña y por la gran disponibilidad de tierra la capacidad de asimilación de la naturaleza era suficiente debido a un aumento del crecimiento poblacionales requirió de un sitio adecuado para depositar los desechos sólidos, para ese entonces se eligió un área de 1.9 manzanas de terreno ubicado aproximadamente a 400m del extremo este de la ciudad la población urbana ascendía casi a los 7000 habitantes, este estudio lo realizo la alcaldía de Diriamba.

Actualmente después de casi siete décadas, se continúa utilizando el sitio y el método a cielo abierto con disposición final de los desechos sólidos, pero existen 19 lugares clandestinos agudizando aún más las condiciones higiénicas,

También sin ninguna planificación con respecto al manejo de desechos sólidos con la única variante que su área original se redujo a 1.4 manzanas y la población ha aumentado a 64,647 habitantes según la última caracterización realizada entre el 2013-2017 ejecutado por la Alcaldía de Diriamba. Todo esto se ha dado lugar a una explosiva producción de desechos sólidos que en la actualidad constituye una de las más serias amenazas contra la salud de la comunidad entera.

1. GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

Los desechos sólidos existen desde el inicio de la humanidad como sub-producto de todas las actividades humanas la cual utilizan como recipiente a los elementos naturales (aire, agua y suelo).

A nivel municipal, los desechos sólidos se queman o entierra en los sitios ubicados fuera de las ciudades. En algunas municipalidades se ha comenzado a hacer compostaje, que constituyen una buena solución, esta técnica la están aplicando en países altamente desarrollado como Canadá, Estados Unidos y Japón. El problema para los países de baja capacidad económica, es el costo y la comercialización, entonces se pensó en el relleno sanitario que parece ser la solución al menos hasta hoy o hasta que se tecnifique la recuperación y la reutilización y hasta que el hombre disminuye la producción. Porque lamentablemente la mayor parte de los desechos sólidos son arrojados en vertedero a cielo abierto, casi siempre ubicado al lado de un río o en lotes baldíos. Aparentemente es una forma fácil y barata de deshacerse de los desechos sólidos, pero esta práctica trae consecuencias graves ya que no se le dan ningún tratamiento técnico. Los desechos sólidos han sufrido modificaciones tanto en su producción unitaria o per cápita como es su composición física-química como consecuencia del incremento de la población y del desarrollo tecnológico y urbanístico. La composición química de los desechos sólidos en este caso no es muy importante dado que para el sistema de disposición final (relleno sanitario, tiene poca utilidad).

La disposición final o tratamiento de los desechos sólidos, es la etapa más crítica en las presentaciones del servicio de aseo urbano tanto al nivel de las grandes ciudades como en las poblaciones menores, en busca de soluciones a estos problemas se plantea una alternativa técnica y económica favorables para los pueblos desarrollado y en vía de desarrollo, como es el relleno sanitario.

Obviamente el relleno sanitario no es la solución perfecta porque entre otros, es enterrar energía es poner en riesgo las aguas subterráneas y superficiales, pero con la tecnología actual es la mejor solución que se tiene para minimizar el daño a la naturaleza y al hombre, este se va construyendo poco a poco, por lo que su operación es un proceso continuo y permanente, de su control depende que el relleno no se convierte en un botadero a cielo abierto, así como la deficiencia en la descomposición de los desechos.

En Nicaragua existen problema, tanto en los sistemas de recolección como en los sitios de disposición final y manejo de los desechos sólidos domésticos, ya que no se aplican criterios, ni técnicas de evaluación de impacto ambientales, para la selección hacer utilizado como disposiciones finales municipales, por otra parte, no existe control sobre esta actividad.

Todos estos problemas hacen necesaria la ejecución de estudios e investigaciones, con el objetivo de obtener datos que sirvan para planificar

proyecto que den solución a la problemática de manejo integral de los desechos sólidos domésticos.

Por tanto, con el estudio propuesto se pretende obtener datos de producción per cápita y por vivienda de los desechos sólidos, densidad y composición física, de los desechos sólidos para posteriormente hacer el diseño del relleno sanitario manual.

1.2 JUSTIFICACIÓN

En el municipio de Diriamba existe una problemática de los desechos sólidos ya que no cuenta con el manejo adecuado de lo mismo. se han realizado estudios que no han sido tan profundos por lo cual el problema persiste. El crecimiento poblacional provoca una mayor demanda con lo que respecta a la recolección de basura, saturando el sistema y servicio que brinda la alcaldía municipal de Diriamba.

En la actualidad existe un vertedero que posee una área de 2.78 mz, el cual funciona desde hace más de 50 años y al mismo tiempo se encuentra a 1.2 kilómetros de la zona central del municipio y a escasos metros del cementerio municipal y a 5 barrios aledaños entre ellos: Pedro Joaquín Chamorro, 26 de febrero, villa Guadalupe, urbanización Ricardo Morales Avilés, el barrio el cementerio y unas de las principales cuencas hídricas, por lo cual este mismo ya caduco en vista que no tiene mucha capacidad en área.

Por tanto, en esta investigación se persigue caracterizar los desechos sólidos de la ciudad de Diriamba, obtener datos de cantidad de producción y composición de los desechos sólidos, y debido a que estos datos serán obtenidos mediante muestreo más representativos, serán de mayor confiabilidad para el diseño del relleno sanitario y así poder coadyuvar a la solución de los problemas con respecto a los desechos sólidos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general:

- “Proponer el diseño de un relleno sanitario ubicado en la comunidad de san Carlos al norte del municipio de Diriamba”.

2.2 Objetivos específicos:

- Definir la metodología a emplear para recolección de según la topografía del terreno y la característica del suelo.
- Caracterizar los componentes individuales de los desechos sólidos doméstico.
- Estimar la producción per cápita de los desechos sólidos domésticos. (municipales).
- Definir las características topográficas donde se realizará el relleno sanitario.
- Calcular el área requerida y estimación de lixiviado de un relleno sanitario.
- Dimensionar el sistema de drenaje.
- Proponer el diseño del relleno sanitario.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 CONCEPTOS Y/O DEFINICIONES GENERALES.

3.1.1 Desechos Sólidos.

Los desechos sólidos comprenden todos los desechos que provienen de las actividades animales y humanas que normalmente son sólidos o semi-sólidos y que son desechados como inútiles o no queridos. El término de desechos sólido, involucra toda una masa heterogénea de los desechos agrícolas, industriales y minerales. (Tchobanoglous, G. et 1994).

Por sus propiedades intrínsecas los materiales de los desechos a menudo son reutilizables y se pueden considerar como un recurso en otro marco.

3.1.2 Desechos sólidos domésticos.

Los desechos sólidos urbanos es una masa heterogénea compuesta de cada uno de los desechos de casa negocios e instituciones, no contienen dosis masiva de toxico, pero si contienen pequeñas cantidades encontradas en los desechos de las diversas actividades como: la lejía, los líquidos de limpieza, los insecticidas y la gasolina.

Los desechos sólidos urbanos normalmente se supone que incluyen a todos los desechos de la comunidad con la excepción de los desechos de procesos industriales y de los desechos agrícolas. (Tchobanoglous, G. et al. 1994).

3.1.3 Generación de los desechos sólidos.

Se entiende por generación a la cantidad de desechos originados por una determinada fuente en un intervalo de tiempo determinado, en esta abarca las actividades en las que los materiales son identificados como sin ningún valor adicional o bien son tirados y recogidos juntos para la evacuación.

La generación de desechos es de momento una actividad poco controlable, sin embargo, es dentro de los centros urbanos donde se genera las mayores cantidades de desechos sólidos.

La generación de desechos sólidos varía mucho con el tiempo, de país a país y de ciudad a ciudad y según a cantidad de habitantes también es muy influenciada por las costumbres o hábitos y según el estado socioeconómico e ingreso de la sociedad. Estos hábitos tienen un importante impacto ambiental, debido al tipo y a la cantidad de bienes y productos que se fabrican y consumen

muchos de los cuales no son biodegradables, como en el caso de los empaques tetra Brick, que actualmente se utilizan en gran cantidad.

En el cuadro 1 se ilustran datos de producción per cápita por habitantes y viviendas en otros países.

Cuadro 1. Valores típicos de la producción percapita

Tamaño de la ciudad	pph	ppv
(Habitantes)	kg/hab./día	kg/vivienda/día
>1000	0.80	4 .00
<1000 y > 500	0.70	3.60
<500 y > 100	0.50	2.60
<50	0.30	1.60

Fuente: Héctor collazo Peñalosa, (abril; 2001)

En los cuadros 2 se muestran los datos de generación de desechos sólidos per cápita por día para distintas municipalidades de Nicaragua.

Cuadro 2: Producción de desechos sólidos en Nicaragua

Municipio	Departamento	Generación per cápita
		kg/vivienda/día
Diriamba	Carazo	0.41
Managua	Managua	0.70
Santo tomas	Chontales	0.52
Acoyapa	Chontales	0.77
Estelí	Estelí	0.42

Fuente: INIFOM 2009.

Puede observarse que la producción per cápita aumentar en los municipios que tienen mayor población. Los estratos socioeconómicos muy altos tienden a generar más desechos sólidos.

El sitio donde se efectuará el acopio para la reutilización de los desechos es difícil cuantificar la cantidad total pues en las casas, aceras y en los sitios de disposición final se efectúan una separación de los mismos. Si el pesado de los desechos sólidos producidos en una ciudad se hace en el sitio de disposición final. Posiblemente la cantidad medida serán muy inferior a la producida.

La producida de desechos sólidos se puede expresar en función de:

-producción de total de desechos sólidos (país, ciudad)

-producción por cápita.

Los distintos orígenes de generación dentro del núcleo urbano los desechos sólidos se pueden clasificar.

- Domésticos: son los originados por la actividad en viviendas unifamiliares y multifamiliares, los cuales desechan papel, cartón, envases de alimentos, vidrios, latas, plásticos, restos de alimento, trapos, cuero, madera, cenizas, electrodomésticos, muebles y restos de jardinería.
- Comerciales los que se producen en tiendas, restaurantes, mercados, hoteles, moteles, imprentas, gasolineras, talleres mecánicos y edificios de oficina, predominio los desechos de restos de comida, papeles, cartón y plásticos, etc.
- Institucionales: escuelas, hospitales, cárceles, y centros gubernamentales.
- Construcción y demolición: lugares nuevos de construcción, lugares de reparación, renovación de carreteras, derribos de edificios y pavimentos rotos, encontrándose materiales como madera, acero, hormigón, tierra, etc.
- Servicios municipales los que obtienen después de hacer la limpieza de calles paisajismo, limpieza de cuencas, parques playas y otras zonas de recreo.
- plantas de tratamientos: agua, aguas residuales y procesos de tratamiento industrial, tales como fangos de lodo, todos deshidratado y arena.
- industrial: son los que requieren de cuidado especial a l ahora de ser recogidos, manipulados y tratados como construcción, fabricación ligera y pesada, refinería plana de chatarra, desechos de comida, basura y cenizas etc.
- Agrícolas: los que producen en las cosechas de campos, árboles frutales, viñedos, ganadería intensa y granja, etc.

3.2 FACTORES QUE AFECTAN LAS TASAS DE GENERACIÓN DE LOS DESECHOS.

3.2.1 La reducción en origen y las actividades de reciclaje

Reducción en origen la reducción de desechos puede realizarse a través del diseño, fabricación y embalaje de productos con un contenido toxico mínimo, volumen mínimo de materiales y una vida útil más larga. La reducción de desechos también puede realizarse en la casa o en instalaciones comerciales e

industriales mediante formas de compra selectivas y reutilización de productos y materiales.

Extinción del reciclaje: la existencia de programas de reciclaje dentro de una comunidad afecta definitivamente a las cantidades de desechos recolectados para su procesamiento adicional o evacuación.

3.2.2 Las actitudes públicas y la legislación

Actitudes públicas: últimamente, se producen reducciones importantes en las cantidades generadas de desechos sólidos. Cuando la gente esté dispuesta a cambiar por su propia voluntad sus hábitos y estilos de vida para conservar los recursos naturales y para reducir las cargas económicas asociadas a la gestión de desechos sólidos. Un programa continuo de educación es esencial para conseguir un cambio en las actitudes públicas.

Legislación: Quizás el factor más importante que influye en la generación de desechos es la existencia de normativa local y estatal que tratan del uso específico de materiales.

3.2.3 Los factores físicos y geográficos

Los factores físicos y geográficos que afectan a las cantidades de desechos generadas y recolectadas incluyen: localización, temporada del año, uso de trituradores domésticos de cocina, frecuencia de recolección de desechos y características de la zona de servicio.

Una manera de reducir la cantidad de desechos sólidos que tienen que ser evacuados sería la disminución del consumo de materiales primas e incrementar la tasa de recuperación y reutilización de materiales sin embargo esto no es práctico en las sociedades actuales y solo se hace parcialmente generación de desechos sólidos está en función de la población, per cápita y la composición físico-química.

Las medidas para cuantificar las cantidades de desechos productos se expresan en termino de volumen y peso en termino de volumen es menos expresado por que está relacionado con el grado de compactación o con el peso específico de los desechos sólidos bajo sus condiciones de almacenamiento y sus mediciones son poco precisas mientras el peso es la única base para los registros de datos debido a que se pueden medir directamente en tonelajes, independientemente del grado de compactación también son útiles los registros en peso en el transportada, generalmente está restringida por límites de peso en los ejes del vehículos y en las carreteras. Por otra parte. Volumen y el peso son de igual importancia respecto a la capacidad de los rellenos sanitarios.

Las unidades de expresión más común utilizada para sus tasas de generación:

- Doméstico (kg/hab/día o kg/manzanas/día).
- Comercial (kg/cliente/día o kg\$/día).
- Agrícola (kg/cantidad de kg de producto terminado/unidad de tiempo).

3.3 MÉTODOS COMÚNMENTE UTILIZADOS PARA ESTIMAR LAS CANTIDADES DE DESECHOS SÓLIDOS

La importancia para calcular la tasa de producción es adquirir datos que se puedan utilizar para determinar la cantidad total de desechos sólidos a ser manejados en un determinado sitio o lugar.

3.3.1 Análisis del número de cargas.

Es utilizado para determinar las cantidades de desechos sólidos se anotan el tipo, de peso y volumen estimado de los desechos llevados por cada vehículo durante el periodo de tiempo especificado se dispone de basura se pesan los vehículos vacíos y llenos de desechos para conocer el peso real de desechos que transporta cada vehículo. Si no hay báscula los valores del peso específico medio se utilizan para estimar el volumen.

3.3.2 Análisis de peso- volumen.

Es obtenido mediante el pesaje y la medición de cada de un vehículo de recolección y se estima el volumen de este y proporcionara una mejor información sobre el peso específico de las diversas formas de desechos sólidos en un lugar dado. En caso de Nicaragua considerada que el relleno sanitario es el que mejor se adaptada, desde el punto de vista técnico y económico.

3.4 Análisis de balance de masas

Es la única forma de determinar la generación y el movimiento de los desechos sólidos con cierto grado de fiabilidad para verificar el cumplimiento de los programas de reciclajes.

El balance de masas se puede formular como: Acumulación= entrada – salida + generación.

Aunque el análisis de balance de masas es un método muy costoso y de complicada aplicación, por lo que para fines prácticos generalmente se descarta.

El procedimiento del análisis cuenta con los siguientes pasos:

1. Dibujar las fronteras alrededor del sistema estudiado.
2. Identificar todas las actividades que cruzan u ocurren dentro de las fronteras y que afectan la generación de desechos.

3. Identificar, si es posible, la tasa de generación asociada a estas actividades.

4. Empleando un balance de materiales, determinar la cantidad de desechos generados, recolectados y almacenados.

3.5 La importancia de la obtención de datos de la caracterización de los desechos sólidos.

3.5.1 Conociendo la producción per cápita por habitantes y la densidad de los sólidos se puede calcular:

1. La cantidad y volumen total de los desechos de la ciudad.
2. Dimensionar y diseñar el sitio de disposición final (Relleno Sanitario).
3. Calcular el número de unidades recolectoras.
4. Capacidad del camino recolector.
5. Tamaño de la tripulación o cuadrilla.
6. Frecuencia de recolección etc.
7. Obtener datos que se puedan utilizar para desarrollar e implantar programas efectivos de gestión de desechos sólidos.

3.6 Conociendo la composición física de los desechos, se puede determinar:

1. Los porcentajes de materia orgánica e inorgánica y llevar a cabo cualquier tratamiento e intermedio antes de la disposición final de los desechos sólidos, esto disminuirá la cantidad de desechos y aumentaría la vida útil del relleno sanitario.
2. Además, es útil para desarrollar programas de recuperación y calcular la.
3. Producción de lixiviados y gases.
4. Es posible también determinar el peso específico, medido en unidades de peso por unidad de volumen, tanto de cada una de los componentes como de la muestra n conjunto.

El conocimiento de esta información permite establecer entre otros, cuál será la vida útil del relleno sanitario, la necesidad de material de cobertura, estas características encontradas en los desechos sólidos nos ayudan a estudiar la posibilidad de manejarla, básicamente disminuyendo su cantidad y controlando su calidad.

3.7 Composición de los desechos sólidos.

Composición es el término utilizado para describir los componentes individuales que constituyen el flujo de desechos sólidos y normalmente se estudia la composición por porcentaje en peso o por masa.

El conocimiento sobre la composición de los desechos sólidos tanto domésticos como industriales y comerciales tiene gran importancia para evaluar las necesidades de equipo de recolección, los sistemas de tratamiento, los programas y planes de gestión. Además, la composición indica el origen de las fuentes de contaminantes a presentarse en un relleno sanitario, volúmenes depositados, densidad de los desechos y de operación adecuada.

Se identifica una composición física y una composición química de los desechos sólidos, sin embargo, en esta investigación solo se abordó la composición física.

La composición química de los desechos sólidos es muy útil conocerla sobre todo cuando se tiene la computación y la incineración como sistema de disposición final.

Los factores más importantes que influyen sobre la composición y características de los desechos son:

1. Procedencia: Los desechos varían en dependencia de los sectores que los generan: residenciales, industriales, institucionales, zonas comerciales, hospitalarios, barrios, etc.

2. Clima y estación: En Nicaragua en general los desechos no sufren cambios muy significativos se descomponen más rápidos, por ser los cambios climáticos muy benignos. Exceptuando el aumento de la densidad en el periodo lluvioso.

3. Modo y nivel de vida de la población: la composición de los desechos sólidos viene a ser un indicador del modo y nivel de vida de los habitantes de una determinada nación, así mismo influye en la cantidad y composición de los desechos dependiendo de los ingresos y hábitos de consumo de la población.

3.8 Los desechos sólidos se dividen en sustancias orgánicas e inorgánicas.

Desechos orgánicos: son de origen vegetal, como cascaras, semillas y otros componentes de las plantas; y de origen animal como huevos, partes de animales, etc. Estos desechos son biodegradables, esto quiere decir que la acción de ciertos microorganismos (hongos y bacterias), junto con el oxígeno, la luz solar y la humedad, los descomponen en sustancias sencillas, inofensivas para el medio ambiente, este proceso dura unas cuantas semanas, a lo sumo, pocos meses (3 meses).

Desechos inorgánicos: Están compuestos por material inerte: minerales (piedras y metales), derivados del petróleo y mezclas químicas producidas por

el ser humano. Los desechos inorgánicos sufren otro proceso, ya que los microorganismos no pueden actuar sobre ellos.

porque no son biodegradables, así que su descomposición es en la mayoría de los casos, extremadamente lenta. Los principales desechos inorgánicos son vidrio, plásticos y metales.

En condiciones óptimas de descomposición (Presencia de oxígeno, luz solar y humedad), los desechos orgánicos e inorgánicos pueden tardar:

- Cascaras de frutas y verduras de 3 semanas a 1 mes.
- Un cuaderno de 1 a 2 meses.
- Una camisa de algodón de 1 a 5 meses.
- Un zapato de cuero natural de 3 a 5 años.
- Un mecate de yute de 1 mes a 1 año y medio.
- Una lámina de zinc de 10 a 100 años.
- Una lata de aluminio de 10 a 100 años.
- Una botella de vidrio no se descompone.
- Una bolsa de plástico alrededor de 500 años.
- Un empaque de tetra Brick alrededor de 500 años.

La composición física de los desechos sólidos ha variado mucho con el tiempo y de un lugar a otro. Se observa en el cuadro 4 la diferencia de porcentaje que existe en los países desarrollados (EE.UU, Europa Occidental) aumenta cada vez más el aporte de papel y plástico todo ello debido a las costumbres y hábitos de la población y mientras en los países latinoamericanos tienen un alto contenido de materia orgánica debido al consumo de alimentos que en su mayoría no han sido sometidos a procesos industrializados, que disminuyen el porcentaje de desechos a nivel del consumidor y a la escasez de implementación de técnicas para la reutilización de los desechos de alimentos en alimentación animal u otros fines.

Cuadro 3: Composición de los desechos municipales en Europa Occidental, los Estados Unidos y América latina.

Componentes	Europa Occidental	EE.UU.	América latina
	%	%	%
Papel	20 – 45	29	5 – 20
Metales	2 – 10	10	1 – 4
Plásticos	2 – 7	3	1 – 2
Vidrios	2 – 16	1	1 – 3

Materia orgánica	12 – 30	18	30 – 60
Inertes y Otras	10 – 30	30	10 – 30

Fuente: Fortalecimientos de los municipios y mejoramiento de los servicios municipales. Desechos sólidos I. 1994. INIFOM.

Una clasificación de los componentes de desechos sólidos según Salazar, A. y Jaramillo, J. (1987), es:

- A. Combustible:
 - Desperdicio de alimento.
 - Desperdicio de jardines (hojas, hierbas).
 - Papel, cartones.
 - Plásticos, cauchos y cueros.
 - Retazo (textiles).
 - Madera.
 - Huesos.
- B. No combustible:
 - Metales.
 - Vidrios y cerámicas.
 - Cenizas, rocas y tierras.

Una clasificación física general de los desechos sólidos podría ser la consignada en los once puntos siguientes que, aunque no se de uso actual, parece ser muy apropiado para un próximo futuro según, C. (abril, 2001):

1. Desechos de alimentos.
2. Papel.
3. Cartón
4. Plástico
5. Madera
6. Vidrio
7. Textiles
8. Cauchos
9. Metales ferrosos
10. Metales no ferrosos
11. Otros

En el cuadro 5, se observa que la situación de la composición física de los desechos en Nicaragua tiene similitud con los países en vías de desarrollo, un alto contenido de material orgánico y poco material voluminoso.

Cuadro 4: Composición física de los desechos sólidos de cinco localidades de Nicaragua.

Localidad	Componentes (%)						
	Materia orgánica	Papel y cartón	Plástico	Vidrio	Metal	Tela	otros
Tola	85.00	6.00	2.00	1.00	1.00	1.00	4.00
San Carlos	78.00	12.00	6.00	-	-	4.00	-

San Juan de Rio Coco	55.30	10.50	5.30	3	3.1	-	24.2
Quilali	68.60	3.00	2.70	1.70	2.20	-	24.70
Pantasma	42.00	10.50	10.50	4.80	7.60	-	18.50

Fuente: Proyecto Cam/93/002. Capacitación en servicios municipales. Desechos sólidos. INIFOM. 1994.

En el cuadro N° 5, se muestran los resultados de tesis de la UNI, que es la clasificación con la que comparo los resultados obtenidos en el presente estudio.

Cuadro 5: . Composición física de los desechos sólidos determinada por tesis de la UNI.

Localidad	Componentes (%)						
	Materia orgánica	Papel y cartón	Plástico	Vidrio	Metal	Tela	otros
Jinotepe	79.65	5.41	8.11	1.57	2.09	2.28	0.89
Santa Teresa	58.37	3.76	4.80	2.42	0.90	1.46	-
Masaya	85.50	4.80	3.20	1.50	1.60	2.60	0.90
Chichigalpa	77.47	5.21	3.79	4.89	1.33	1.20	1.66

Fuente: UNI (1996-2003).

3.9 Densidad de los desechos sólidos.

La densidad de los desechos sólidos varía notablemente con la localización geográfica, la estación del año y el tiempo de almacenamiento. Es de primordial importancia, ya que esta medida define las relaciones entre el peso y el volumen que se han de manejar y por tanto se utiliza para definir necesidades de quipos en el sitio de disposición final, cantidad de desechos en el relleno sanitario y capacidad para almacenar.

Cuando se proporciona un dato de densidad, debe especificarse las condiciones y lugar en que fue obtenido (desechos sueltos o compactados, ya sea en recipientes, camiones, relleno sanitario, etc.)

Por las razones anteriores y atendiendo las diferentes posibilidades de manejo se requieren: Densidad de los desechos al ser entregada al sistema de disposición final.

Según Héctor Collazos la densidad de los desechos domésticos en sus diferentes etapas es aproximadamente, la siguiente:

- Almacenamiento dentro de la residencia 0.35 Ton/m³
- Cuando se entrega a la empresa recolectora 0.40 Ton/m³
- Dentro del vehículo compactador 0.60 Ton/m³
- Dentro del vehículo sin compactar 0.40 Ton/m³

- Al descargarla en el botadero de los desechos 0.40 Ton/m³
- En botadero de los desechos después de 2 meses 0.70 Ton/m³
- En botadero de los desechos después de un año 1.00 Ton/m³

En el cuadro 6 se muestran datos de densidad de desechos sólidos municipales de algunos países, y en los cuadros 7 y 8 se aprecian datos de densidad suelta en algunos municipios de Nicaragua.

Cuadro 6: Densidades típicas de desechos sólidos municipales por país.

Áreas o País	Densidades sueltas
	Kg/m ³
Europa Occidental	150
América Latina	300
Estados Unidos	150
Gran Bretaña	570
India	570
Túnez	321
Ecuador	292

Fuente: Fortalecimiento de los municipios y mejoramiento de los servicios municipales. Desechos sólidos I. 1994. INIFOM.

Cuadro 7: Densidad suelta de desechos municipales en Nicaragua.

Localidad	Densidades sueltas
	Kg/m ³
Granada	266.00
Mateare	297.50
Nandaime	216.70
Nindiri	217.00
Corinto	446.60
Chichigalpa	399.90
El viejo	383.30
Promedio	318.10

FUENTE: ESTUDIO REALIZADO POR MURAD (1996).

Cuadro 8: Densidad suelta de desechos sólidos determinados por tesis de la UNI.

Localidad	Densidades sueltas
	Kg/m ³
Jinotepe	240.54
Santa Teresa	282.97
Masaya	318.00
Chichigalpa	227.52
Promedio	267.26

3.10 Propiedades y/o características

Estas propiedades son: físicas, químicas y biológicas.

Estas deben de tenerse en cuenta a la hora de desarrollar y diseñar los sistemas de tratamiento o disposición final, entre los que se encuentran densidad, el grado de humedad, el poder calorífico y la relación carbono nitrógeno.

3.10.1 Propiedades Físicas.

- Contenido de humedad: Es la diferencia entre el peso húmedo y seco expresado en porcentaje este varía según la composición de los desechos sólido, la estación del año y las condiciones de humedad y meteorológicas, particularmente la lluvia.
- Tamaño de partícula y distribución del tamaño: El tamaño la distribución del tamaño de los componentes de los materiales en los desechos sólidos son una consideración importante dentro de la recuperación de materiales, especialmente con medios mecánicos, como cribas, tromel y separadores magnéticos.
- Capacidad de campo: Es la cantidad total de humedad que puede ser retenida por una muestra de desechos sometida a la acción de la gravedad. La capacidad de campo de los desechos es de una importancia crítica para determinar la formación de los lixiviados en los rellenos sanitarios ya que un exceso de agua sobre la capacidad de campo se imitará en forma de lixiviación. La capacidad de campo varía con el grado presión aplicada y el estado de descomposición de los desechos sólidos.
- Porosidad de los desechos compactados: Es una propiedad física importante que, en gran parte, gobierna el movimiento de los líquidos y gases dentro de un relleno sanitario.

3.10.2 Propiedades químicas.

La información sobre la composición química de los componentes que conforman los desechos sólidos domésticos es importante para evaluar las opciones de procesamiento y recuperación. Por ejemplo, la viabilidad de la incineración depende de la composición química de los desechos sólidos. Si los desechos van a utilizarse como combustibles, las cuatro propiedades más importantes que es preciso conocer son:

□ Análisis físico: el análisis físico para los componentes combustible de los desechos sólidos incluye los siguientes ensayos:

1. Humedad (perdida de humedad cuando se calienta a 105°C durante una hora).

2. Materia volátil combustible (pérdida de peso adicional con la ignición a 950°C en un crisol abierto).

3. Carbono fijo (rechazo de combustible dejado después de retirar la materia volátil).

4. Ceniza (peso del rechazo después de la incineración en un crisol abierto).

□ Punto de fusión de ceniza: el punto de fusión de la ceniza se define como la temperatura en la que las cenizas resultantes de la incineración de los desechos sólidos se transforman en sólido (escoria) por la fusión y la aglomeración. Las temperaturas típicas de fusión para la formación de escorias de desechos sólidos oscilan entre 1.100°C y 1.200°C.

□ Análisis elemental: el análisis elemental de un desecho normalmente implica la determinación del porcentaje de C (CARBONO) O (OXIGENO) S (azufre) y ceniza debido a la preocupación acerca de la emisión.

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 desechos sólidos domésticos.

□ Contenido energético: el contenido energético de los componentes energéticos en los desechos sólidos domésticos se puede determinar así:

1. Utilizando una caldera a escala real como calorímetro.

2. Utilizando una bomba calorimétrica de laboratorio.

3. Por cálculo, si se conoce la composición elemental. Por las dificultades que existen para instrumentar una caldera a escala real, la mayoría de los datos sobre el contenido de energía de los componentes orgánicos de los desechos sólidos domésticos están basados en los resultados de ensayos con una bomba calorímetro.

3.10.3 Propiedades biológicas.

Quizás la característica biológica más importante de la fracción orgánica de los desechos sólidos domésticos es que casi todos los componentes orgánicos pueden ser convertidos biológicamente en gases y sólidos orgánicos e inorgánicos relativamente inertes. La producción de olores y la generación de moscas están relacionadas también con la naturaleza putrescible de los materiales orgánicos encontrados en los desechos sólidos domésticos.

3.11 La gestión del servicio de aseo público.

Son las distintas fases que intervienen en la presentación del servicio propiamente dicho. Desde que se genera un desecho hasta que se realiza su

disposición final, ocurre una serie de operaciones o manipulaciones en diversas etapas complementarias.

Las etapas o fases de la gestión son las siguientes:

Almacenamiento temporal o domiciliar

Es la acción por la cual las personas, instalaciones o empresas, depositan o guardan temporalmente los desechos sólidos, producto de su actividad cotidiana. Para esta acción se

utilizan distintos tipos de depósitos: Bolsas plásticas, recipientes de plástico o metal, cajas de cartón, etc.

Los materiales recolectados pueden tener dos distintos:

- Si la recolección se hace de manera separada, los materiales reciclables se trasladan a los centros de acopio donde se preparan para ser llevados a las empresas recicladoras o a los centros de elaboración de compost.
- Si se recolectan revueltos o se trata de materiales no aprovechables, el vehículo los llevara al sitio de disposición final.
- El adecuado almacenamiento temporal permite que los trabajadores municipales realicen eficientemente su trabajo.

Recolección

Después de que se colocan las bolsas u otro tipo de recipientes, en la calle o acera, los trabajadores municipales pasan, las recogen y luego las depositan en vehículo recolector.

Los recolectores realizan la misma operación cientos de veces, caminando o trotando varios kilómetros para cumplir con la ruta, el horario y la frecuencia establecida (número de días por semana) para cada localidad.

Este trabajo, en muchos casos, lo realizan sin equipo de protección adecuada, como son los guantes, las mascarillas; además la labor se hace bajo todo el tipo de condiciones climáticas, a veces levantando peso excesivo y siempre expuestos a múltiples riesgos. Una situación similar la viven quienes se encargan del aseo de vías y sitios públicos.

Transporte

En la recolección se utilizan diversos tipos de vehículos, ya sea camiones compactadores o vagonetas. En este caso, lo idóneo es que el vehículo sea adecuado al tipo de terreno, a la forma de las calles, el número de habitantes del lugar y además características propias de la zona.

Tanto los vehículos como el resto del equipo, deben recibir mantenimiento preventivo para que duren más tiempo en buen estado, debido a la gran carga de trabajo a la que están sometidos.

Cabe destacar que este tipo de mantenimiento, aunque es muy importante, es el que menos se le da al equipo. En la mayoría de los casos, el deterioro de los vehículos y del equipo complementario es evidente, debido a la falta de cuidado y de los recursos económicos, lo que a su vez ocasiona serios trastornos en la prestación de servicio.

Disposición final

En la última fase, pero no la menos importante. En la gran mayoría de los municipios lo que existen son botadores a cielo abierto, pero como ya se ha visto, esto provoca serios problemas en la salud y el ambiente. Para lograr una forma de disposición final más

conveniente, existen cuatro métodos que reúne criterios técnicos y sanitarios reconocidos: El relleno sanitario, reciclaje y reusó, incineración, compostacion y pirolisis.

3.12 Tratamiento o disposiciones final de los desechos sólidos.

Un adecuado manejo y disposición solidos prevé la difusión de cargas contaminantes al subsuelo. Para evitar la contaminación en aguas subterráneas y subsuelo se representan cuatro tipos de tratamiento.

Relleno sanitario

Según Jaramillo, es el método más aceptado debido a sus ventajas económicas, sociales, sanitarias y ambientales. Es una técnica de eliminación final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia o peligro para la salud y seguridad pública, ni perjuicio al medio ambiente, tanto durante su operación, como después de terminado, incluye toda clase de desechos sólidos excepto árboles o cosas muy grandes una ciudad, población o zona habitada.

Es método utiliza las normas dictadas por ingeniería para confinar los desechos en un área de poca extensión cubriéndola con capas de tierra adecuadas y compactarlas de acuerdo con el avance de la operación.

Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos en el relleno, por efecto de la descomposición de la materia orgánica, se instalan chimeneas que permiten la salida de gases, se impermeabiliza el terreno para impedir las filtraciones de líquidos y se construyen canales para el drenaje de los lixiviados y su posterior tratamiento en plantas especiales se toman consideraciones los aspectos de tipo estético y las ventajas potenciales

que brindan el método para recuperar terrenos o transformarlos para usos comunes.

Incineración

Es uno de los métodos más antiguos, se desarrolló y técnico al finales del siglo pasado, es un proceso de descomposición térmica, con la oxidación, el cual puede lograrse la degradación de los desechos de materiales combustibles y algunos no combustibles con gran reducción de su volumen y peso dejando desechos inodoros, no combustible homogéneos de mejor aspecto y sin atractivo para la procreación de insectos y roedores

esta incluye la posibilidades de aprovechamiento de la energía calórico liberada por medio de sistemas de recuperación, la cual generalmente es aprovechada para producir energía eléctrica.

Debe puntualizarse que de la incineración de los desechos sólidos alcanza una reducción del 80 al 90% del volumen de esto, dejando una porción residual (escorias y cenizas) a las cuales se deberá dar disposición final a su vez el tratamiento de gases puede generar residuos líquidos que requieren un manejo adecuado. Aunque esta forma de tratamiento de los desechos es muy ventajosa, tiene un alto costo de combustible, construcción, operación y mantenimiento de los incineradores ya que se debe contar con una infraestructura que garantice el control adecuado de las emanaciones de gases y la producción de cenizas, para que estos elementos no contengan sustancias contaminantes atmosféricas.

Compostacion

Es la degradación bioquímica de materiales orgánicos que resulta en un producto de propiedad interesantes como mejorados de suelos, lo cual facilita a los suelos pobres a mejorar el contenido de nutrientes y el crecimiento de microorganismos que ayuda a la mejor formación de la textura del suelo y aumentar la capacidad de almacenamiento de humedad.

La Compostacion incluye como fase previa la separación de materiales no degradables, como metales, vidrio entre otras pueden reciclarse al mercado productivo. A la fracción no-gradable ni reciclable deberá dársele disposición en un relleno sanitario. Esta cantidad dependerá del diseño del proceso. En tal sentido, debe mencionarse que las posibilidades tecnológicas son variadas, dependiendo de su elección la calidad del producto, compost.

Esta técnica consiste en acelerar la descomposición biológica de los desechos sólidos orgánicos hasta obtener un humus estabilizado, mediante una digestión aeróbica (presencia de oxígeno), o bien, digestión anaerobia (ausencia de oxígeno).

Se ha observado que este método su producto final no tenía mercado y no podía competir con los fertilizantes y adecuadores de tierra comerciales por el desconocimiento de la población de los beneficios de este producto.

Reciclaje y Reúso

Es la utilización de los elementos y eliminan los problemas de contaminación ambiental (Aire, Agua, Suelo). Es el procedimiento por el cual los desechos sólidos se separan, recogen, se clasifican y almacenan para finalmente ser reincorporadas como materia prima al ciclo productivo. En nuestro medio los materiales reciclados de mayor utilidad están: el papel, plásticos, vidrios, metales, trapos y maderas. Es importante aclarar que esta recuperación es mucho más eficiente y beneficiosa si se logra en el origen cambiando las

actitudes de la población en cuanto al manejo indiscriminado de los desechos sólidos y no la disposición final, donde se hace más crítica.

Se deben crear y aplicar políticas gubernamentales para estimular el reusó y reciclaje de los desechos entre estas podrían ser:

1. Estímulos tributarios a las instituciones que reutilizan o reúsen los desechos sólidos.
2. Facilidad de inversión para nuevas industrias que recuperen materiales de los desechos.
3. Creación de centros de recolección selectiva de materiales de los desechos.
4. Apoyo económico a la industria del reusó y del reciclaje.
5. Otorgamiento de prioridad, en algunas compras del gobierno, a todos los materiales reusados o reciclados.
6. Aumento de gravámenes a todos los recipientes no recuperables.
7. Disminución de las tarifas a las viviendas que entreguen sus desechos previamente separados.

La recuperación o reciclaje de los desechos sólidos disminuye la producción de desechos por habitante, los costos de prestación del servicio de aseo urbano, la tarifa a pagar por los usuarios, la contaminación del ambiente, además produce ingresos y es fuente de trabajo para las personas que laboran con estos métodos. El reusó y reciclaje son perfectamente compatibles con la crisis mundial energética y estos métodos reincorporan al proceso productivo elementos que en la actualidad se están desperdiciando.

Pirolisis

Con la mayoría de las sustancias orgánicas son térmicamente inestables pueden romperse en fracciones gaseosas líquidas o sólidas, mediante una combinación de cracking térmico y reacciones de condensación en un ambiente

libre de oxígeno. En contraste con el proceso de combustión, que es altamente exotérmico (desprende calor), el proceso parolítico es altamente endotérmico por esta razón a menudo se utiliza el término destilación destructiva como alternativa a pirolisis. Este proceso desprende flujo de gas que contiene principalmente hidrógeno, metano, monóxido de carbono y dióxido de carbono. El flujo de alquitrán y/o aceite que es líquido a temperatura ambiente y contiene sustancias químicas tales como ácido, cético, acetona y metanol.

Para dar solución al problema de la disposición final de los desechos sólidos, tanto en los países altamente desarrollados, como en los medianamente y en los sin desarrollo alguno se ha llegado a la conclusión a través de estudios, que la utilización del suelo por medio de los rellenos sanitarios para el depósito definitivo de los desechos sólidos, es uno de los métodos convenientes para la recuperación y la reutilización del suelo ya que un diseño de un relleno sanitario como disposición final de los desechos es la mejor alternativa técnica y económica por su forma constructiva y su operación ya que los otros no asimilan los desechos totalmente, el relleno tiene por objeto eliminar todos los desechos sólidos producidos por la comunidad, evitando así la convivencia entre el hombre, los animales y los desechos que de otro modo ocasionaría problemas de salud, sociales, económicas, ambientales y estéticos.

Hasta la fecha el relleno sanitario, es la técnica que mejor se adapta a la región para disponer de manera sanitaria los desechos. Desde el punto de vista técnico

Y económico, cuando se utiliza cualquier método de tratamiento, siempre se hace necesaria la existencia de un sitio para depositar los desechos que estos mismos producen.

Se debe reconocer que las soluciones próximas futuras de la disposición final de los desechos sólidos, ya empezaron en el mundo y son la no producción, la reutilización y el reciclaje.

3.13 Ventajas y riesgos de un relleno sanitario.

- Ventajas de un relleno sanitario

1. El relleno sanitario como método de disposición final de los desechos sólidos urbanos, es en lugar a dudas la alternativa más conveniente para los países no industrializados. Sin embargo, es esencial asignar recursos financieros y técnicos adecuados para su planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento.
2. La inversión inicial de capital es inferior a la que necesita para implantar cualquier de los métodos de tratamiento: incineración o Compostación.
3. Bajos costos de operación y mantenimiento.

4. Un relleno sanitario es un método completo y definitivo, dada su capacidad para recibir todo tipo de desechos sólidos, obviando los problemas de cenizas de la incineración y de la materia no susceptible de descomposición en la composición.

5. Generar empleo de mano de obra no calificada, disponible en abundancia en los países en desarrollo.

6. Recuperar gas metano en grandes rellenos sanitarios que reciben más de 200 ton/día, lo que constituye una fuente alternativa de energía.

7. Su lugar de emplazamiento puede estar tan cerca del área urbana como lo permita la existencia de los lugares disponibles, reduciéndose así los costos de transporte y facilitando la supervisión por parte de la comunidad.

8. Recuperar terrenos que hayan sido considerados improductivos o marginales, tornándolos útiles para la construcción de un parque, área recreativa, campo deportivo, etc.

9. Un relleno sanitario puede comenzar a funcionar en corto tiempo como método de eliminación.

10. Se considera flexible, ya que no precisa de instalaciones permanentes y fijas, y también debido a que está apto para recibir mayores cantidades adicionales de desechos con poco incremento de personal.

- Riesgos de un relleno sanitario

La adquisición del terreno constituye la primera barrera para la construcción de un relleno sanitario, debido a la oposición que se suscita por parte del público, ocasionado en general por factores tales como:

- La falta de conocimiento sobre la técnica del relleno sanitario.
- Asociarse el término “relleno sanitario” al de un “botadero de desechos al cielo abierto”.

- La evidente desconfianza mostrada hacia las administraciones locales
- El rápido proceso de urbanización que encarece el costo de los pocos terrenos disponibles, debiéndose ubicar el relleno sanitario en sitios alejados de las rutas de recolección, lo cual aumenta los costos de transporte.

1. La supresión constante de la construcción para mantener un alto nivel de calidad de las operaciones. En las pequeñas poblaciones, la supervisión de rutina diaria debe de estar en manos del encargado del servicio de aseo, debiendo este contar a su vez con la asesoría de un profesional responsable, dotado de experiencia y conocimientos técnicos adecuados, quien inspecciona el avance de la obra cada cierto tiempo, a fin de evitar fallas futuras.

2. Existe un alto riesgo de transformarlo en botadero a cielo abierto por la carencia de voluntad política de las administraciones municipales, ya que se muestran renuentes a invertir los fondos necesarios para su correcta operación y mantenimiento.

3. Se puede presentar una eventual contaminación de aguas subterráneas y superficiales cercanas, si no se toman las debidas precauciones.

4. Los asentamientos más fuertes se presentan en los primeros años después de terminado el relleno, por lo tanto, se dificulta el uso del terreno. El tiempo de asentamiento dependerá de la profundidad del relleno, tipo de desechos sólidos, grado de compactación y de la precipitación pluvial de la zona.

3.14 Tipos de relleno sanitario.

Los rellenos sanitarios pueden ser:

□ Relleno sanitario mecánico: las operaciones que se realizan en este tipo de relleno son ejecutadas con maquinaria pesada. Este tipo de técnicas se utiliza cuando la población servida es mayor de 40,000 habitantes y la producción de desechos sólidos diaria es de 40 o más toneladas.

□ Relleno sanitario manual: se representa como una alternativa técnica y económica para las poblaciones, rurales o urbanas, menores de 40,000 habitantes y la producción de desechos sólidos diaria es de 20 a 33 toneladas.

En la técnica de operación manual requiere equipo pesado en la adecuación del sitio, en la construcción de vías internas, excavación del material de cobertura y en canales de drenaje pluviales principales y perimetrales de acuerdo con el avance y tipo de relleno. En contratar mano de obra que carezca de capacidad.

3.15 Métodos constructivos de un relleno sanitario.

Existen cuatro métodos convencionales utilizados para construir un relleno sanitario, estos tienen características similares y es la topografía del terreno seleccionado la que obliga a utilizar el uno o el otro, aunque también depende de las condiciones del sitio, del material de cobertura disponible en el relleno y de la profundidad del nivel freático. Referente a lo antes mencionado se usará ya sea el método de trinchera o zanja, el de la área, depresión o pendiente y el combinado.

3.15.1 Método de trinchera o zanja

Se utiliza en regiones planas y es adecuado para sitios donde se puede utilizar el suelo como material de cobertura. En este método, son colocados los desechos sólidos en trincheras excava previamente la operación manual se recomienda para localidades que produzca menos de 10 toneladas de desechos sólidos por días, pues por encima de esta producción su utilización se vuelve inapropiada.

Los carros recolectores pueden descargar los desechos sólidos directamente en estas trincheras, mientras que el material que se excavo sirva como material de cobertura se puede colocar en una zona aledaña. La longitud de cada trinchera puede variar de 30 a 120m, el ancho de 4 a 7, la profundidad de 1 a 4

m esto puede variar de acuerdo con los desechos que lleguen de relleno. El espesor de la capa se va colocando y compactando; se recomienda que varié entre 40 y 60 cm, también se recomienda que la longitud de cada trinchera sea tal que al final del día se alcance la altura de celda adecuada, es conveniente además excavar una zanja mínimo para 30 días, evitando así el empleo constante de equipo pesado.

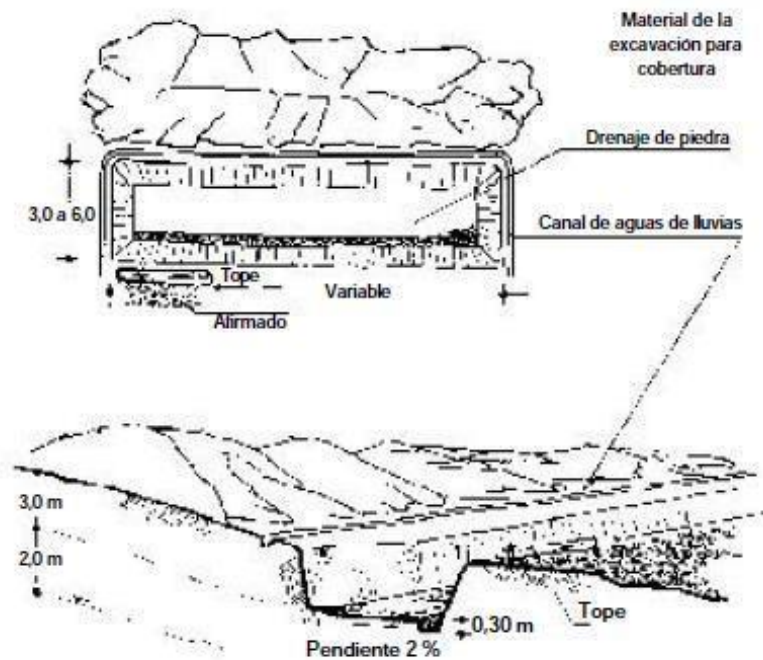


Figura 1: Método de trinchera para construir un relleno sanitario.

3.15.2 Método del área.

Se emplea para rellenar terrenos relativamente planos con depresiones y hondadas naturales o artificiales tales como canteras abiertas producidas por extracciones de materiales como arcilla, arena y grava de algunos metros de profundidad, en este caso, los desechos sólidos son descargados en la superficie del terreno, regados en franjas largas y angostas con un espesor de unos 50 cm, la operación de descargue y cubrimiento de los desechos debe iniciarse desde el fondo hacia arriba.

Cada capa es compactada y el proceso de acumulación vertical continúa durante el día hasta que se complete una celda de 1m de espesor (80cm de desechos sólidos, 20 cm de material de cobertura). Al final de la operación, la celda se debe de cubrir con una capa de material de cobertura traído de otro sitio o lugar adyacente. La longitud inicial de cada celda debe ser tal que al final del día se alcance la altura prevista.

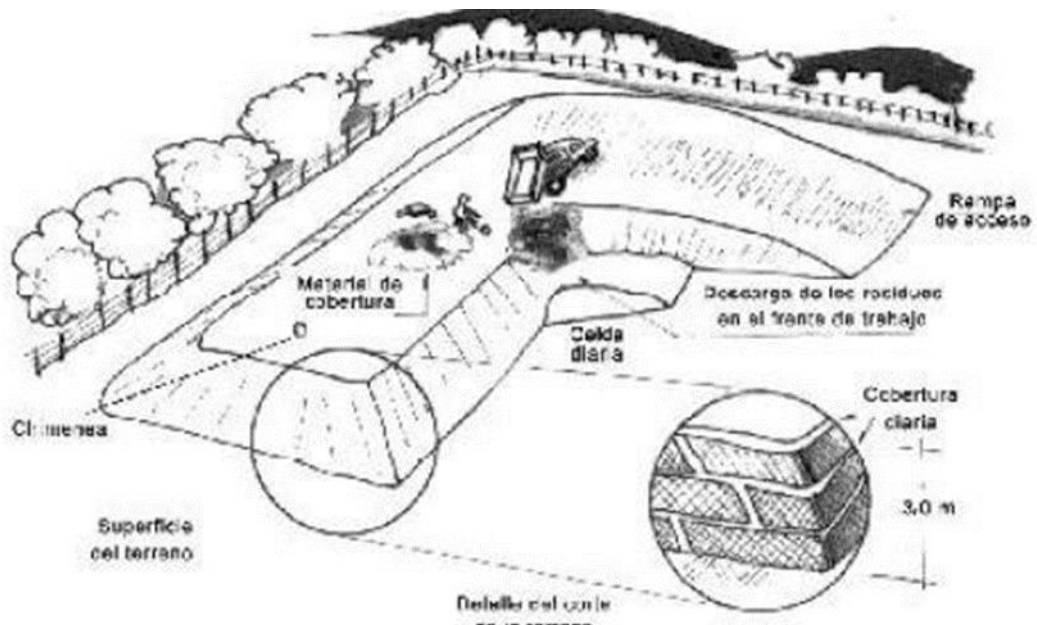


Figura 2: Método de área para construir un relleno sanitario.

3.15.3 Método de la depresión o pendiente.

Es adecuado en terreno con declives moderados y ondulados, aun cuando puede diseñarse para ir formando escalones en terrenos de pendientes más o menos pronunciadas, haciendo pequeñas excavaciones para lograr el material de recubrimiento. La técnica para utilizar estas depresiones varía con la geometría y la topografía del sitio si el fondo de un cañón es razonablemente plano se puede usar el método de la trinchera en esta parte. Posteriormente se debe empezar a colocar la primera celda contra la pared o recostada contra el cañón, con este método se obtiene un alto grado de compactación. La pendiente recomendada es de 2 a 1.

Cuando se va a rellenar un foso o hueco, el primer problema que se tiene es la evacuación de las escorrentías y la disponibilidad de material de cobertura. Si se solucionan estos problemas, la operación del relleno debe empezar primero como en el caso de las depresiones recostando la primera celda contra la pared. Al final el relleno debe de quedar ligeramente por encima del terreno circundante para que cuando se alcance el asentamiento total el terreno quede nivelado.

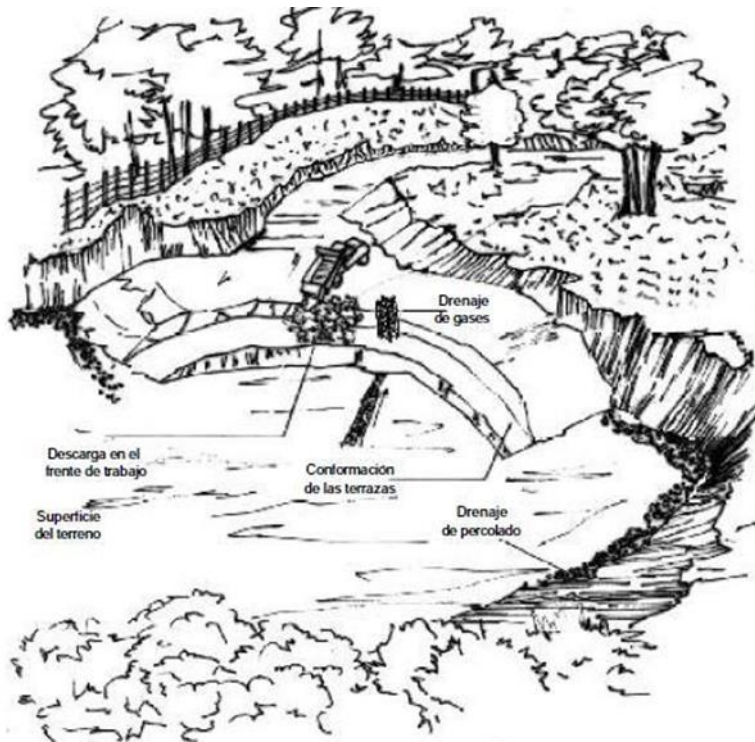


Figura 3: Método de la depresión o pendientes para construir un relleno sanitario.

3.15.4 Método combinado.

Es posible hacer una combinación de los diferentes métodos de construcción del relleno sanitario (área, pendiente y trincheras) ya que la topografía del lugar puede presentar dos tipos de terreno en cualquier combinación ya sea plana, ondulada o en depresión.

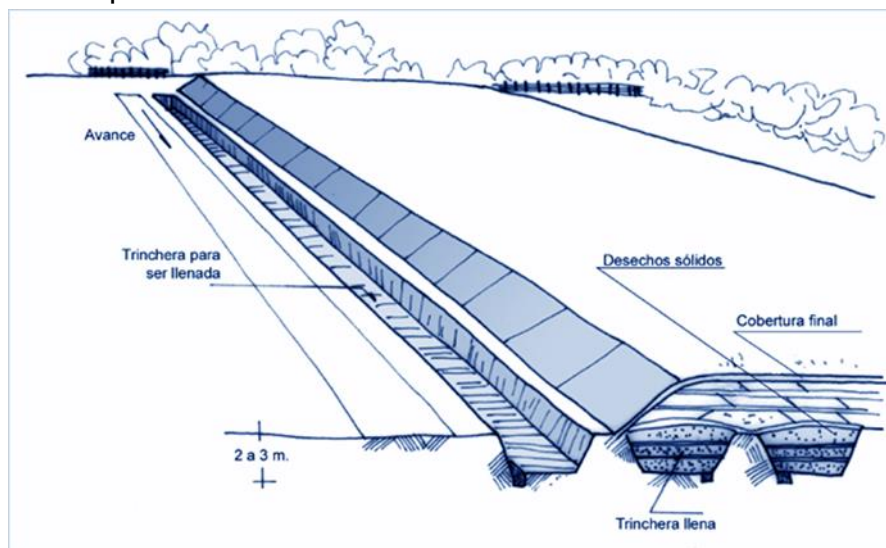


Figura 4: Combinación de ambos métodos para construir un relleno sanitario.

3.16 Elementos principales de un relleno sanitario.

- Las celdas: Es el espacio donde se coloca los desechos, tiene un frente, una altura y un fondo. Está conformada por el 15% - 20% de material de

cobertura y el 80% - 85% de desechos sólidos o sea 4 o 5 partes de basura y una parte de tierra y un frente con una inclinación aproximada de 30°. Las formas de diseño de las celdas dependen de la operación que se seleccione, sin embargo, las condiciones reales obligan a cambios durante la operación del relleno.

- Cobertura primaria: Es tierra, vegetal u otro material adecuado susceptible de compactación que se esparce sobre una capa de desechos sólidos con el fin de prevenir los malos olores, la presencia de moscas, la entrada de insectos y roedores, y la dispersión de la basura por la acción del viento, la cobertura primaria también contribuye a impedir la propagación del suelo, si esto ocurriera y a reducir la percolación del agua a través del relleno.
- Cobertura final: Es material de cobertura compactado aplicado sobre cobertura primaria de la capa terminada de desechos, con el fin de acondicionar el sitio para su restauración final y permite el crecimiento de la vegetación, controlar los incendios y también sirve de base para las vías de acceso de los vehículos recolectores y el desplazamiento de trabajadores durante la operación del relleno.
- Chimenea de gases: Son un sistema de filtros en piedras los cuales se construyen verticalmente y/o en redes (según la complejidad del caso) elevándose a medida que avanza el relleno sanitario procurando siempre una buena compactación a su alrededor. Estas podrían espaciarse cada 20 mts e irán disminuyendo su diámetro a medida que se eleve, por estas chimeneas se desprenden gases como el dióxido de carbono CO₂, el sulfhídrico H₂S (olor repugnante) y metano CH₄ (inodoro) inflamable y explosivo si se concentra en el aire en una proporción de 5 al 15%.
- Canales internos para recolección de lixiviados: Son drenajes que se construyen en la base de la trinchera junto a los taludes de las paredes y/o distribuido en el centro según el tamaño deben tener una inclinación de por lo menos 2% para que el líquido pueda escurrir por estos drenes. Estos drenes tienen una función de retener los líquidos (lixiviados) y filtrarlos antes de ser conducidos por las tuberías.
- Sistema de recolección de lixiviados: Es un conjunto de tubería que conectan a los canales internos de recolección de lixiviados con el sistema de tratamiento.
- sistema de tratamiento de lixiviados: es una fosa que tiene como función degradar la carga contaminante mediante procesos biológicos y físicos.

3.17 Obras de adecuación.

Las obras de adecuación con las que se deben construir antes de iniciar la operación del relleno sanitario, generalmente son:

- **Valla de información Esta contiene información como:**

- Nombre del municipio
- Nombre de la empresa que presta el servicio y su identificación
- Nombre de relleno sanitario
- Alguna identificación propia como ejemplo “Aquí llega los desechos que usted produce”, “La limpieza de este lugar es nuestro orgullo”.
- La obra que se proyectara como uso final del sitio
- Prohibido la entrada sin autorización
- (evitar la entrada de animales)

La valla de identificación es muy importante, porque toda la ciudadanía debe conocer donde se coloca y que se hace con los desechos que produce.

➤ **Cerramiento**

El cerco indica los límites de la propiedad y controla la entrada de personas y animales que dañan los trabajos que se realiza en el sitio. Existen cercos de muchas características de alambre de púas, de malla metálica, de malla plástica, lo más importante es tener un cerco funcional, adecuado a las necesidades del lugar, teniendo en cuenta la capacidad económica del proyecto.

➤ **Puerta**

Es al igual que el cerco, un sistema de seguridad para que no entren personas y animales sin autorización; es el símbolo de la propiedad del relleno sanitario por donde la persona que entre sepa plenamente que, pasando este lugar, se deben cumplir normas y requisitos especiales de conducta.

➤ **Bascula**

Sirve para obtener el peso de los desechos, este dato da información muy importante para conocer la vida útil real del relleno sanitario, la necesidad de material de cobertura, las necesidades de personal y maquinaria y las cantidades de gases y lixiviados que se producen. Las características de la báscula dependen de la cantidad de desechos que llegue, de los vehículos que la transportan y del presupuesto disponible.

➤ **Casetas de registro**

Tiene como función principal operar los controles de entrada de desechos y salida de todo el personal tanto de empleados como visitantes. El área interior de la caseta debe tener suficiente espacio para el manejo de la báscula, el archivo y los sistemas de comunicación correspondientes; de los trabajadores y herramientas menores como palas, picas y carreteras, etc.

➤ **Descapote**

Es necesario preparar, de acuerdo con el diseño, el terreno donde se va a iniciar el relleno sanitario. La profundidad del descapote en el área a utilizar en

el primer nivel, estará de acuerdo con las características del suelo, de todas maneras, se debe remover toda la

vegetación y las raíces correspondientes, en el caso de árboles grandes, se deben retirar todas las raíces, rellenar con tierra y compactar.

➤ **Sistema vial Existen 3 tipos de vías:**

1. Las vías principales son las que llegan al relleno sanitario desde el exterior, es decir, comunican la operación de la recolección y transporte con la operación misma de la disposición final. Son permanentes y deben servir para toda la vida útil de relleno sanitario y en muchas ocasiones para el uso futuro.

2. Las vías secundarias, generalmente son vías perimetrales del relleno sanitario y deben permitir el acceso a todos y cada uno de los niveles que los conforman.

3. Las vías temporales que como su nombre lo indica, son vías de corta duración y solamente permiten el acceso al frente de la celda diaria de trabajo. Se caracterizan porque su diseño depende de los aspectos operativos que tienen mucha relación con la forma del terreno y el clima.

➤ **Canales abiertas para aguas de escorrentía**

El termino de canal se refiere a un gran conductor abierto de pendiente sube. Son interceptores para desviar las aguas de lluvias y evitar que pasen sobre los desechos, penetren y aumentar los caudales de lixiviados.

Existen diferentes diseños de canales que se incluyen canales no erosionables, canales erosionables y canales en pastos.

Canal no erosionable: Son todos aquellos canales artificiales revestidos y construidos que pueden resistir la erosión de manera satisfactoria. Los materiales no erosionables utilizados para formar el revestimiento de un canal, incluyen concreto, mampostería, acero, hierro fundido, madera, vidrio, plástico, etc. La selección del material depende sobre todo de la disponibilidad y el costo de este, el método de construcción y el propósito para el cual se utilizará el canal.

El propósito del revestimiento de un canal artificial, en el mayor parte de los casos, es prevenir la erosión, pero ocasionalmente puede ser el de evitar las pérdidas de aguas por infiltración.

Canal erosionable: Son los canales artificiales no revestidos por lo general son erosionables, excepto aquellos excavados en cimentaciones firmes, como un lecho en roca.

Velocidad máxima permisible: Es la velocidad máxima que no causara erosión.

Velocidad mínima permisible: La velocidad mínima permisible o velocidad no sedimentaste es la velocidad que no permite el inicio de la sedimentación y no induce el crecimiento el crecimiento de plantas acuáticas y de musgo.

Pendiente del canal: La pendiente longitudinal del fondo de un canal por lo general esta dad por la topografía y por la altura de energía requerida para el flujo de agua. Las pendientes laterales de un canal dependen principalmente de la clase de material.

Otros factores que deben considerarse para determinar las pendientes laterales son el método de construcción, la condición de pérdidas por infiltración, los cambios climáticos, el tamaño del canal etc. En general, las pendientes laterales deben hacerse tan empinadas como sea factible y deben diseñarse de acuerdo con una alta eficiencia y estabilidad hidráulica.

➤ **Los elementos de la sección de un canal son:**

Tirante del flujo (y): esta es la distancia vertical desde el punto más bajo de la sección del canal a la superficie del agua. En muchos casos, esta terminología se utiliza intercambiándola con el término tirante del flujo de la sección d , que es el tirante del flujo medio, perpendicularmente al fondo del canal.

Nivel del agua: el nivel del agua de un flujo es la elevación de la superficie libre del agua relativa un punto de referencia. Si el punto más bajo de la sección de un canal se toma ella no de referencia, entonces el nivel del agua y el tirante del flujo coinciden.

Ancho superficial (T): el ancho superficial de una canal es el ancho de la sección del canal en la superficie libre flujo.

Perímetro mojado (P): el perímetro mojado es la longitud de la línea que es la interface entre el fluido y el contorno del canal.

Radio hidráulico(R): el radio hidráulico es la relación del área hidráulica entre el perímetro mojado

Tirante hidráulico (D): el tirante hidráulico es la relación el área hidráulica con el ancho superficial.

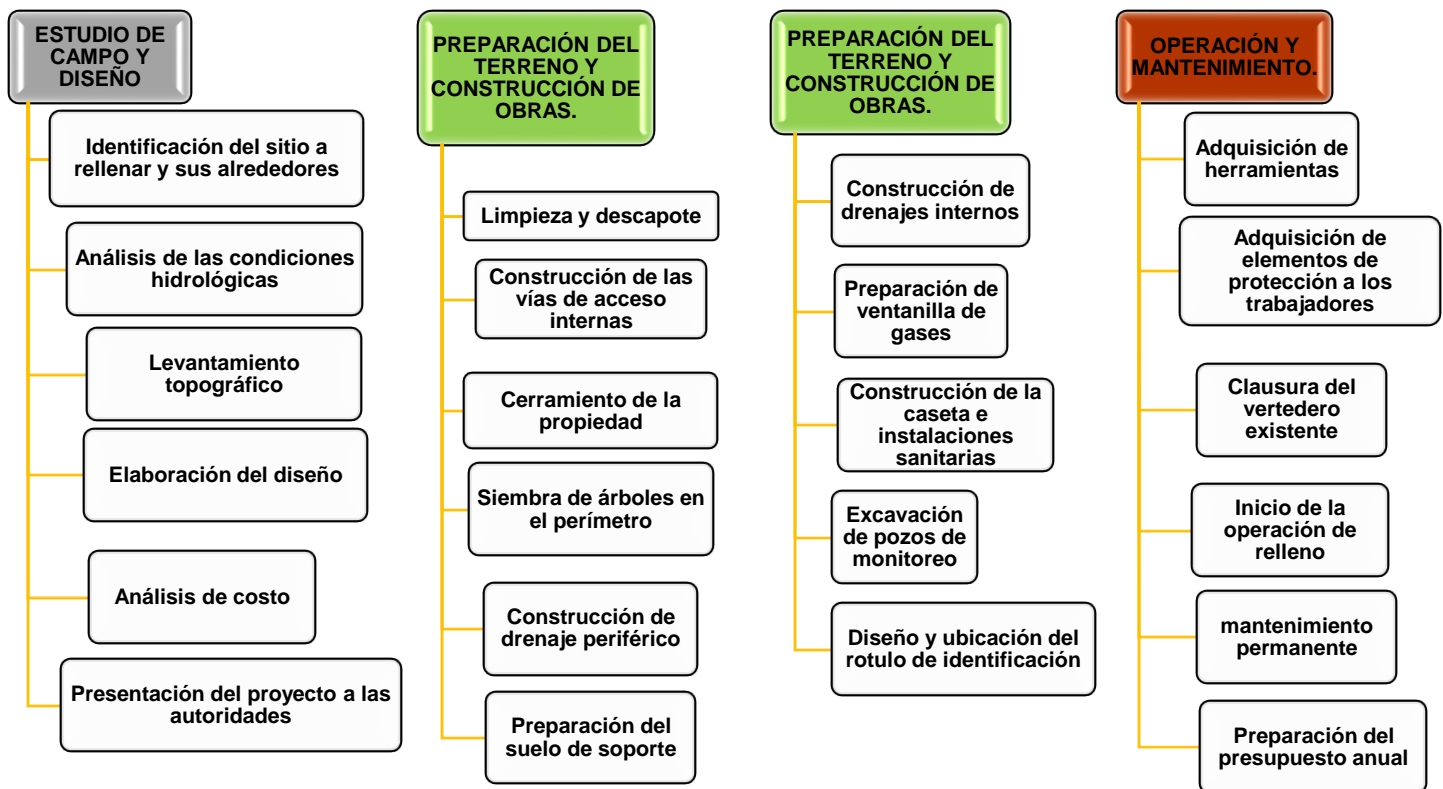
Borde libre: l borde libre de un canal Esla distancia vertical desde la parte superior del canal hasta la superficie del agua en la condición de diseño. Esta distancia debe de ser lo suficientemente grande para prevenir que ondas o fluctuaciones en la superficie del agua causen reboses por encima de los lados,

elevadas, debido que la subestructura de estos puede ponerse en peligro por cualquier rebose.

Formula teórica para calcular el factor de sección.

$$AR^{2/3} = \frac{n * Q}{\sqrt{S}}$$

3.18 Pasos para el diseño, construcción y operación



3.18.2 Factores que influyen en la selección del sitio

Las condiciones ideales del sitio para la construcción de un relleno sanitario, rara vez se encuentra en un terreno, por lo tanto, se debe clasificar aquellos que reúnan las buenas características, analizando su inconveniente en función de los recursos técnicos y económicos disponibles.

- Áreas de tierra disponible: cuando se va a seleccionar el sitio de disposición final es muy importante asegurar que hay suficientes terrenos disponibles. A pesar de que hay unas normas muy estrictas o definidas, es deseable tener suficiente área para tener una operación mínima de 5 años para que la vida útil sea compatible con la infraestructura, deberá procurarse ser autosuficiente en tierra fácil de excavar, necesaria para su material de cobertura.
- Impacto de la recuperación de materiales: este factor es muy importante puesto que, si hay una recuperación alta en materiales, el área total requerida por el relleno sanitario será mucho menor.
- Ubicación y distancia desde los sitios de recolección: esta es una de las variables más importantes cuando se escoge el sitio de disposición final de desechos sólidos. Aunque siempre es deseable tener distancias cortas, fácil

y rápidamente accesible entre los sitios de recolección y el relleno sanitario, lo cual disminuye el costo de adquisición o alquiler y estar ubicado cerca del área urbana a no más de 30 minutos de ida y regreso, esto no siempre es posible.

- Condiciones de suelo: debido a que es necesario proveer material de cobertura para la correcta operación del relleno, es necesario conocer las características del suelo, si el material de cobertura va a ser extraído del mismo sitio, o de otro lugar, también se necesitara realizar un estudio de suelo a través de excavaciones o perforaciones. Se realizarán sondeos suficientes para obtener perfiles estratégicos del terreno e informaciones de puntos críticos para el proyecto, entre estos estudios deberá hacerse la caracterización de suelos, prueba de permeabilidad o infiltración del agua, ensayos de compactación identificación del nivel freático y el porcentaje de humedad del suelo.

Con este estudio se va obtener información sobre:

Espesor del suelo: para conocer la posibilidad de extraer material de cobertura en el sitio o en los alrededores, también es importante porque indica cuanto se puede profundizar buscando dicho

- Textura: es importante porque es un indicador de permeabilidad y se puede facilitar el manejo del material.

- Permeabilidad e infiltración: es una prueba para determinar el grado de infiltración que tiene el suelo. Esta prueba consiste en dejar expuesto al suelo a cierta cantidad de agua y medir el nivel del agua inicial y final durante un tiempo determinado la diferencia será el nivel de infiltración. Este permite calcular las cantidades de líquidos que pueden penetrar al subsuelo medir los posibles daños a las aguas subterráneas o superficiales y calcular las acciones para prevenir estos daños.

- Humedad: se debe tener presente que, a mayor humedad de los suelos, entra mayor producción de lixiviados y gases.

- Pendiente: es importante conocer el paisaje edáfico del sitio y de sus alrededores, para diseñar las vías de acceso, las vías internas y la operación del relleno un relleno sanitario debe de estar localizado preferiblemente en terreno con pendientes entre el 3% y el 12% no debes estar ubicado en sitios con pendientes mayores de 25% por la dificultades de operación los que tienen pendiente menores del 3% generalmente son difíciles de manejar por las aguas de escorrentía y los lixiviados los terrenos con pendiente entre el 12% y el 25% presentan pequeñas dificultades para la operación del relleno sanitario.

➤ Estudios topográficos y geológicos: son quizás el aspecto más importante para establecer factibilidad para usar un sitio como relleno sanitario. Es necesario conocer la topografía del sitio donde se va a localizar el relleno sanitario, también la profundidad del nivel freático y las formaciones geológicas que se deben evitar. Evitar sitios con alto riesgo sísmico y el suelo muy permeable para evitar posibles contaminaciones con el líquido percolado.

➤ Condiciones climatológicas: las condiciones climatológicas influirán en el estado de las vías de acceso durante periodos de lluvia vientos que pueden arrastrar los desechos sólidos en una dirección no deseada. Lluvias que aumenten la percolación de líquidos en el relleno sanitario etc.

➤ Hidrología de agua superficial: es necesario conocer la hidrología de las aguas superficiales para conocer las características naturales del terreno por donde pasaran las escorrentías de los canales de drenaje y para saber los valores de la infiltración del agua en el relleno se utiliza el método del balance de agua el cual está relacionado con los promedios mensuales de intensidad de las lluvias, los promedios mensuales de la evapotranspiración potencial o de la evaporación la intensidad y dirección de los vientos predominantes durante todo el año los promedios de temperaturas y periodos lluviosos y secos la escorrentía superficial y almacenamiento de Humedad del suelo, para poder estimar la cantidad de lixiviado y el caudal de los canales pluviales etc.

➤ Condiciones ambientales locales: aunque se ha construido rellenos sanitarios cercanos a residencias e industrias hay que ser muy cuidadosos con la vía de acceso etc.

➤ Uso final del relleno sanitario: en todo proyecto de construcción de un relleno sanitario se debe tener en mente su utilización futura más probable. El relleno se debe integrar perfectamente al ambiente natural no solo la superficie final del relleno sino también la entrada y el contorno de la obra en ejecución podría utilizarse como campo ese lugar queda inhabilitado para la construcción de viviendas u otro tipo de estructura pesadas.

El relleno sanitario debe de cumplir dos condiciones fundamentales:

- Preservar la salud y el bienestar de la comunidad.
 - Preservar los recursos naturales: el agua, el aire, los suelos y el paisaje.
- Estas dos condiciones las debe de cumplir con el mínimo costo posible.

• Riesgos especiales: se consideran algunos riesgos de cuidado especial tales como zonas de reserva arqueológica, conservación del paisaje terreno con deslizamientos asentamientos y los riesgos sísmicos, aspecto que debe estudiarse con especial cuidado; el diseño debe cumplir con las normas de sismo residencia.

3.18.3 Evaluación del sitio

La evaluación del sitio se hace con el fin de darse cuenta si el sitio seleccionado es apto para desarrollar el proyecto para dicha evaluación se toman en cuanto aspecto como ubicación tamaño del sitio acceso al sitio uso actual características geológicas, hidrológicas y topográficas.

3.18.4 Estudios básicos realizados en el sitio seleccionado.

Una vez seleccionado el sitio del relleno se realizaron estudios de topografía, suelos infiltración y además se obtuvo información sobre la precipitación pluvial que proporcione los datos necesarios para el diseño de las obras del relleno la planificación del uso del área disponible y el cálculo de subida útil.

3.18.5 Estudios de suelos

Al construirse una estructura se altera el estado de equilibrio del terreno según el tipo de suelo si la magnitud de la carga la presión aplicada demasiada el terreno se deforma en mayor o menor grado. El propósito de realizar este estudio de suelo es con el fin de prever y adoptar aquellas medidas conducentes a evitar asentamiento perjudicial o a aumentar la estabilidad.

Mediante su buena interpretación se puede predecir el futuro comportamiento de un terreno que soportara determinadas cargas cuando dicho terreno presente diferentes contenidos de humedad y altos valores de plasticidad.

a) Origen de los suelos

Según el origen de los suelos se clasifican en dos grupos:

El suelo proviene de la desintegración física y químicas de las rocas o suelos inorgánicos.

Los suelos provenientes de la desintegración física y química de roca se clasifican en dos grupos:

Suelos residuales: son aquellos suelos que después de la descomposición física y química de la roca, permanecen en el mismo lugar de origen de la roca manteniendo sus mismas características estos suelos depende del clima en zonas calientes y humedad dan origen a suelos blandos y altamente compresibles y en zonas templadas se origina suelos firmes y estables.

Suelos transportados: son suelos que después de la descomposición física y química de la roca no permanece en el lugar siendo su agente de transporte el viento, agua, gravedad, hielo, etc.

Suelos de origen orgánicos: se han formado casi siempre en el sitio ya sea la descomposición de vegetales como caso de las turbas o por la acumulación de fragmentos de esqueletos inorgánicos o de concha de ciertos organismos estos suelos son generalmente blandos y sueltos por lo que se considera pobres para propósito de sedimentación y se encuentran en muchos suelos superficiales particularmente cuando el ambiente no es propicio a la rápida descomposición tal como ocurre en las capas fibrosas de las raíces y sobre todo la vegetación parcialmente podrida que se acumula en regiones pantanosas donde el agua está estancada.

b) Tipos de suelo

Los suelos más comunes son grava arena limos arcillas y tepetate.

Las gravas son acumulaciones sueltas de fragmentos de roca y que tienen más de 2mm de diámetro.

Arena son procedentes de la denudación de la roca o de su atribución artificial sus particulares varía de 2 mm a 0.05mm y son suelos no plásticos.

Limos son suelos de grano fino con poca o ninguna plasticidad el diámetro de las partículas de los limos está comprendido entre 0.05mm y 0.005mm

Arcillas: agregados de partículas microscópicas derivadas de la descomposición química de las rocas son suelos plásticos dentro de límites extensos en contenido de humedad y cuando están secos son duros...

Tepetate: es un material pulverulento de color café claro o café oscuro compuesto de arcilla limo y arena en proporciones variables con un cementante que puede ser la misma arcilla o el carbono del calcio según sea el componente predominante el tepetate se suele llamar arcilloso limoso arenoso arcillo-limoso si es que predomina la arcilla areno-limoso si predomina la arena limo-arenoso se predomina el limo y así sucesivamente.

La mayoría de las veces el tepetate debe su origen en la descomposición y alteración, por intemperismo, de cenizas volcánicas basálticas. Pueden encontrarse dentro del tepetate capas o lentes de arena y cenizas basálticas que no alcanzaron a intemperizarse cuando fueron cubiertas por una capa que si se alteró. También suelen encontrarse lentes de piedra pómez dentro del tepetate.

Permeabilidad del suelo

Al definirse el suelo en ingeniería como cualquier material no consolidado compuesto de distintas partículas sólidas con gases o líquidos incluidos, observando que en el mismo se distinguen las tres fases constituyentes:

Sólida: formada por las partículas minerales del suelo, incluyendo la capa absorbida (capa de moléculas de agua orientada en forma definida y ligada a su estructura).

Líquida: es al que constituye el agua que llena parcial o totalmente los vacíos del suelo.

Gaseosa: está constituida por el aire y los productos gaseosos de la oxidación que a la mezcla.

Las fases líquidas y gaseosas del suelo suelen comprenderse en el volumen de vacíos. La fase sólida constituye el volumen de los sólidos. Se dice que un suelo está totalmente saturado cuando todos sus vacíos están ocupados por agua seco cuando todos sus vacíos están ocupados por aire.

A determinar profundidad del suelo se encuentra el nivel freático el cual está saturado de agua libre, que se mueve horizontalmente además se mueve en dirección vertical por efecto de la gravedad, por ascensión capilar entre los granos del suelo, retenida por raíces vegetales

Está totalmente saturado cuando todos sus vacíos están ocupados por agua y seco cuando todos sus vacíos están ocupados por aire.

A determinada profundidad del suelo se encuentra el nivel freático el cual está saturado de agua libre, que se mueve horizontalmente además se mueve en dirección vertical por efecto de la gravedad, por ascensión capilar entre los granos del suelo, retenida por raíces vegetales o por la recarga del suelo debido a las lluvias. Por tales razones el nivel freático no es constante, pero presenta una variación estacional relativamente bien definida bien definida.

Como consecuencia de esos movimientos del agua freática una sustancia contaminante (lixiviado) que percola a través del suelo encuentra un vehículo y adquiere gran movilidad al alcanzar el nivel freático.

La percolación del contaminante depende de la permeabilidad del suelo y este depende del tamaño de los granos que lo constituyen de la disposición de estos granos que componen el suelo y del grado de saturación por agua adsorbida o capilar.

Como ejemplo un suelo de arena es permeable y una de arcilla es impermeable. La permeabilidad se caracteriza por un coeficiente (K) que en las arenas es del orden de 10^{-1} a 10^{-3} cm/seg y en los suelos arcillosos es de 10^{-5} a 10^{-8} cm/seg.

La permeabilidad es un factor importante sobre todo en las paredes de las trincheras y en las paredes del canal de recolección del líquido de lixiviado. El terreno perfecto para un relleno sanitario es que el suelo reúna características de impermeabilidad aceptándose un coeficiente máximo permisible de infiltración superior a los 10^{-7} cm/seg; que posea características adecuadas de remoción de contaminantes y que a la profundidad del nivel de las aguas subterráneas garantice la conservación de los acuíferos existente en la zona en caso de que se carezca de este tipo de suelos, se podrá trabajar con un mayor espesor de la capa, para lograr el mismo nivel de impermeabilidad.

Clasificación de los suelos

Los suelos se pueden clasificar por los diferentes sistemas según el objetivo del estudio por:

Clasificación por textura.

Sistema de clasificación HRB o AASHO.

Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).

Sistema de los departamentos de carreteras: sistemas de aeronáutica civil (CAA).

Exploración y muestreo

En dependencia de la información que se necesite y de los ensayos de laboratorios se define el tipo de exploración y la forma de muestreo de los suelos existen cuatro métodos de exploración que son sondeos manuales rotativos en roca, pozo a cielo abierto y ensayos de penetración estándar (SPT).

Un muestreo correcto y representativo es de primordial importancia pues tiene el mismo valor que el de los ensayos en si las muestras pueden ser de tres tipos representativa, inalterada y alteradas.

Para clasificación los diferentes tipos de suelo de debe realizar los siguientes ensayos:

Humedad

Granulometría

Gravedad específica

Límites de atterberg: límite líquido, plástico y de construcción

Prueba de compactación proctor standard en el laboratorio y en el sitio.

3.18.6 Estudios topográficos del área.

Este es el material básico para el diseño de un relleno sanitario. La topografía definirá el tipo de operación del relleno sanitario, o sea desde donde se iniciará la operación, altura de celda etc. servirán para localizar con exactitud todos los accidentes del terreno, los riachuelos, lechos de drenajes, pozos, rocas, construcciones, caminos, vías antiguas y nuevas las cuales deben detallarse tanto en la planimetría como altímetra para obtener la capacidad del terreno y el volumen de las zanjas a partir de las curvas de nivel.

3.18.7 Descomposición de los desechos sólidos en el relleno sanitario.

Los desechos sólidos empiezan los procesos de descomposición que puedan durar de 15 a 20 años.

Los desechos sólidos están compuestos por diversos materiales los cuales se agruparán entre grandes conjuntos:

1. Materiales susceptibles de descomposición, conformados por los rápidamente putrescible, que son básicamente los desechos de comida y los de descomposición lenta, tales como papel cartón textiles maderas y poda de árboles.

2. Materiales inertes o de muy difícil descomposición conformados por tierra arena plásticos caucho vidrio y metales.

3. agua.

El primer grupo o sea los materiales susceptibles de descomposición y el ultimo o sea el agua, son los que intervienen en la descomposición generadora de gases o lixiviados.

Es un principio los desechos sólidos se descomponen en un proceso aerobio por el oxígeno que queda atrapado, con el desprendimiento de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), dióxido de azufre (SO₂) y otros gases menores; cuando se agota el oxígeno, el proceso se vuelve anaerobio con desprendimiento de metano, bajas concentraciones de gas carbónico, algunos mercaptanos y otros gases en pequeñas concentraciones que son captados por un sistema de chimeneas.

Con la descomposición de los desechos sólidos se presentan también los líquidos efluentes o lixiviados, que, de acuerdo con los diseños, se captan a través de filtros, para drenarlos hacia el sistema de tratamientos correspondientes, para disminuir las concentraciones de los contaminantes que los hacen peligrosos al medio ambiente.

Los gases y el lixiviado se generan de la siguiente forma:

En el segundo año se presenta un pico en la fracción del total que descomponen, o sea en la rapidez de la descomposición.

En los siguientes años y hasta finalizar el quinto año la tasa de descomposición decrece progresivamente.

A partir del quinto año y hasta el año decimoquinto se mantiene una tasa de descomposición mínima, decreciente, pero significativa.

De la finalización del año quinto en adelante, las tasas de descomposición son insignificantes.

Más precisamente, hasta el año quinto se supone que ocurre el 95% del total de la descomposición esperada. Para los años sexto al quince, se supone repartido el 5% restante de la descomposición, con un decrecimiento lineal que lleva a un valor de cero para la finalización del año.

3.19 Reacciones que ocurren en un relleno sanitario.

Para planear y diseñar un relleno es necesario conocer las distintas reacciones que ocurren en él. Los desechos sólidos que se colocan en un relleno sanitario sufren un número de cambios biológicos, químicos y físicos simultáneos. Entre los cambios más importantes están los siguientes:

- Descomposición biológica del material orgánico putrescible, ya sea aeróbicamente, anaeróbicamente con la generación de gases y líquidos.
- Oxidación química de materiales.
- Escape de gases del relleno y difusión de estos.
- Movimiento de líquidos causados por cabezas diferenciales.
- Disolución por agua y percolación de materiales orgánicos e inorgánicos
- Asentamientos diferenciales por consolidación de materiales orgánicos e inorgánicos.
- Asentamientos diferenciales por consolidación de materiales en los vacíos del relleno.

La descomposición y estabilización de un relleno sanitario depende de muchos factores, como la descomposición de los desechos sólidos, grado de compactación, porcentaje de mezcla, presencia de material inhibitorio, tasa de movimiento del agua y temperatura. Debido a la gran cantidad de reacción presente, es difícil definir las condiciones que existirán en un relleno sanitario en un determinado tiempo, pero en general se puede decir que los cambios biológicos y químicos aumentarán con la temperatura y la cantidad de humedad presente, hasta que se alcanza un tope o límite superior.

Los compuestos orgánicos biodegradables presente en los desechos sólidos, sufren descomposición bacteriana tan pronto como son colocados en un relleno sanitario. Inicialmente la descomposición es aeróbica porque cierta cantidad de

aire queda atrapada en el relleno, este aire es rápidamente agotado y se inicia entonces un proceso lento de descomposición anaeróbica.

La principal fuente de organismos aeróbicos, anaeróbicos y facultativos responsables de la descomposición, están en el suelo utilizado como material de cobertura.

En general los materiales orgánicos presentes en los desechos, pueden ser divididos en tres grandes grupos:

- Materiales que contienen celulosa o sus derivados.
- Materiales que no contienen celulosa ni sus derivados.
- Plásticos, cauchos y cueros.

La celulosa es el mayor constituyente de los desechos orgánicos tales como papel, trapos, plantas, etc. Con excepción de los plásticos, los principales compuestos no celulósicos son las proteínas, carbohidratos y grasas. Las sales minerales y la humedad están muy asociadas con estos componentes.

Los principales productos de esta descomposición son gases, líquidos contaminados o lixiviados, se puede decir que las tasas más altas de descomposición se alcanzan en los primeros 2 años.

Las reacciones más comunes son:

1. Gases en un relleno sanitario

Los gases encontrados en un relleno sanitario incluyen aire, amoníaco, CO₂, CO, hidrógeno, H₂S, metano y oxígeno. El alto porcentaje de CO₂ inicialmente se debe a la descomposición aeróbica. A medida que se agota el aire empieza el proceso anaeróbico con una generación de metano. Estos gases hacen presiones desestabilizadoras en el interior de los desechos, con la posibilidad de producir derrumbes o explosiones, por lo tanto, hay que buscarlo como eliminarlos.

3.20 Asentamientos y características estructurales de un relleno sanitario.

Estas características deben de ser consideradas antes de tomar una decisión acerca del uso final de un relleno sanitario. Es muy normal que en un relleno se presenten hundimientos,

porque los desechos son extremadamente heterogéneos, el asentamiento dependerá de la compactación inicial. Característica de los desechos sólidos, grado de descomposición y efectos de consolidación por biodegradación de los

desechos. La altura de la celda también afectara la compactación y el grado de consolidación, varios estudios indican que alrededor de un 90% del asentamiento ocurren en los primeros 5 años.

3.21 Lixiviados en un relleno sanitario.

El lixiviado puede ser definido como el líquido que se genera por la humedad, propia de los materiales orgánicos, descomposición biológica (aeróbica o anaeróbica) y el líquido que se ha percolado a través del relleno, hasta que una capa impermeable lo impida. En la mayor parte de los desechos sólidos, la porción líquida es producida por líquidos que han entrado en el relleno sanitario de fuentes externas, tales como drenajes superficiales, lluvias, aguas, subterráneos, etc.

En general se puede decir que la cantidad de lixiviados es una función directa de la cantidad de agua externa que entra en el relleno sanitario. En efecto, si un relleno es construido adecuadamente, las producciones de cantidades significativas de lixiviados pueden ser eliminados.

La producción de lixiviados y gases se pueden calcular, conociendo las cantidades de desechos que se van a depositar, las áreas expuestas, la precipitación, la evapotranspiración potencial, el espesor de los desechos, el espesor y la calidad del material de cobertura y de la pendiente superficial.

Las características y tasas de generación de los lixiviados son específicas para cada sitio y tipo de desechos, ya que dependen de la composición de los desechos sólidos dispuestos en el lugar, de la temperatura, la humedad y el PH de los mismos y de la calidad y cantidad del agua superficial y subterránea que logra pasar hacia la zona donde se encuentra los desechos. Se puede suponer que los sólidos remanentes pueden contener hasta un 40% de humedad global, cualquier cantidad por encima de este valor causará sobre saturación y escurrimiento, lo que constituirá

El lixiviado ocasionado por la descomposición de los desechos dispuestos. Cuando los desechos tienen una humedad menor del 40% en paso, no debe producir lixiviados, al contrario, se vuelve ávida por el agua y mientras más seca la entreguen menor será el problema de los lixiviados.

Para determinar la cantidad de lixiviado o líquido percolado que se va a producir en el relleno sanitario intervienen varios factores como la precipitación temperatura evaporación transpiración evapotranspiración coeficiente de escurrimiento infiltración y capacidad de almacenamiento de humedad en el suelo. A continuación, define cada uno de ellos;

Precipitación: se define como el agua en forma líquida o sólida que llega al suelo. Para que ocurra la precipitación se requiere algún mecanismo que enfríe el aire lo suficiente para que

llegue de esta manera al punto de saturación o cerca de él los enfriamientos se logran cuando ascienden las masas de aire.

Los elementos esenciales para la formación de la precipitación son: la humedad disponible en el aire y un mecanismo que produzca la condensación y la formación de las gotas de agua.

La precipitación que se considera debe ser representativa de la zona en estudio para lo cual se debe hacer un análisis de las estaciones meteorológicas cerca de dicha zona y determinar la influencia de cada una de ellas en la zona.

Temperatura: la temperatura del aire es el elemento climatológico más importante las medidas de la temperatura del aire se efectúa con el termómetro ordinario de mercurio este construye con depósitos cilíndricos o de tubo arrollado en espiral, con paredes de vidrio delgado.

En este estudio se está utilizando la temperatura promedio mensual que es el promedio de las temperaturas medias diarias máxima y mínimas en grado Celsius.

Evaporación: es el fenómeno por el cual el agua que se encuentra sobre la superficie terrestre o muy cerca de ella se evapora bajo el efecto de la radiación solar y el viento o sea que es la tasa neta de transporte de vapor de agua hacia la atmósfera. Que varía dependiendo de factores meteorológicos y de la naturaleza de la superficie evaporante.

Transpiración: es el agua que se despiden en forma de vapor de las hojas de las plantas esta agua es tomada por las plantas naturalmente del suelo, en los estudios hidrológicos la evaporación y la transpiración están reunidas en un solo elemento la evapotranspiración.

Evapotranspiración: es la suma de todas las pérdidas por transformación del agua en vapor, sea cual fuere el factor que ha actuado.

Evapotranspiración real: es la suma de las cantidades de vapor de agua evaporadas del suelo y de las plantas cuando el terreno tiene su contenido real de humedad.

Evapotranspiración potencial: se define como la cantidad máxima de agua que puede evaporarse en un clima dado incluyendo la evaporación del suelo y la transpiración por la vegetación en un periodo de tiempo dado.

Coeficiente de escorrentía: Es un porcentaje de la precipitación caída, que se asume como parte de esta precipitación que escurre sobre la superficie del terreno. Para estimar el coeficiente de escorrentía depende del tipo de suelo, tipo de vegetación y pendiente del suelo analizado. Para estimar el coeficiente de escorrentía se utilizó el libro de Salazar, A. et al., (1987)

Escurrimiento: el escurrimiento se define como el agua proveniente de la precipitación que circula sobre o bajo la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca. El agua proveniente de la precipitación que llega hasta la superficie terrestre una vez que una parte ha sido interceptada y evaporada, sigue diversos caminos hasta llegar a la salida de la cuenca. Conviene dividir estos caminos en tres clases:

Infiltración: La infiltración se define como el movimiento del agua, a través de la superficie del suelo y hacia adentro del mismo, producto por la acción de las fuerzas gravitacionales y capilares.

La capacidad de infiltración depende de muchos factores, entre los que se destacan:

- Textura del suelo
- Contenido de humedad inicial
- Contenido de humedad de saturación
- Cobertura vegetal
- Uso del suelo
- Aire atrapado
- Lavado de material fino
- Compactación
- Temperaturas

Capacidad de almacenamiento de la humedad en el suelo: La capacidad de almacenamiento de la humedad por el suelo es la cantidad de agua que puede ser retenida por el suelo, también se le conoce como reserva útil del agua en el suelo. Este factor depende del tipo de estructura del suelo, localización de raíces, capacidad de saturación, etc. En Nicaragua existe muy poca información sobre este término ya que, para tener conocimientos precisos, sobre él se requiere análisis cuidadoso de la estructura del suelo, lo que se tiene que recurrir a valores adaptados de otros países.

Percolación: es el flujo de agua en zonas muy profundas del suelo se almacena como agua subterránea y aflora en manantiales.

Balance de aguas en un relleno sanitario: para determinar la cantidad de lixivia o líquido que percola a través de un relleno sanitario hay que hacer un

balance hidrológico en el que se involucran los factores ya explicados anteriormente. Se puede observar que cuando se produce una precipitación, una parte se evapora antes de llegar al suelo y el resto del agua puede escurrir superficialmente, ser utilizada por las plantas o recargar el suelo hasta su máxima capacidad del proceso de percolación.

Cuando la humedad que existe en el suelo, o en el suelo caso en el relleno sanitario no logra saturarse, no se produce percolación o lixiviado.

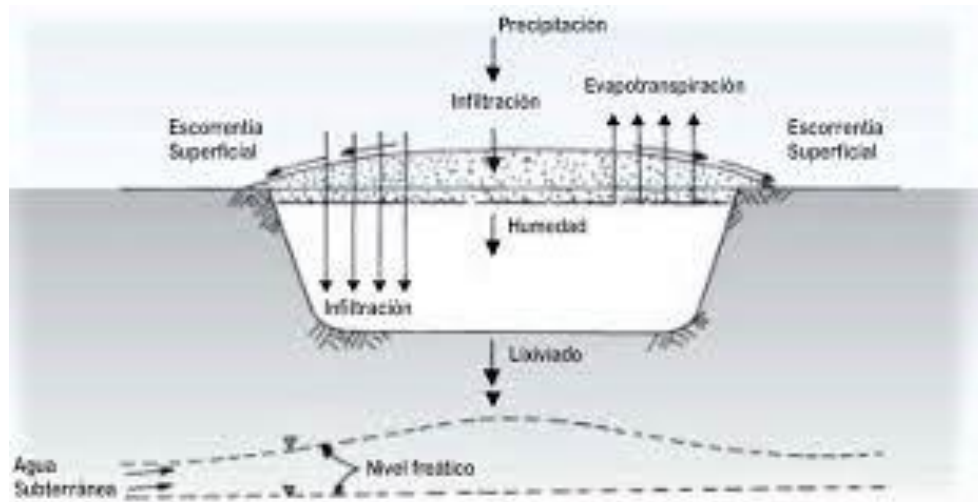


Figura 5: Balance del agua en un relleno sanitario.

Como se indica en la figura 5 el mecanismo de transporte de los líquidos es un relleno sanitario inicia con la precipitación que al descender sobre el relleno sanitario. Una parte se escurrirá sobre el material de cobertura otra parte se evapora y otra parte serán interceptadas por las plantas que luego la evaporan hacia la superficie. El agua de la precipitación restante, se infiltrarán a través de la capa de cobertura, luego llegará a los desechos sólidos hasta saturarlo, transportando concentraciones apreciable de materias orgánicas y otros productos líquidos contaminante derivados de la composición de los desechos ,en este momento se comienza a percolar los lixiviados hasta la parte más baja de las trincheras donde son recolectados por los canales de piedra ,con el propósito de evacuar y propiciar una mayor infiltración en el terreno del líquido que se pueda producir ,después serán transportados a través de sistema de drenaje de lixiviados hasta el sistema de tratamiento .

Para evitar entradas de escomentías superficial al relleno sanitario se ha provisto de canales perimetrales interceptores para la desviación de las aguas de escomentía.

3.22 Canales Ciegos

3.22.2 Tratamientos de los canales ciegos

La sustancia líquidas y disueltas y con menos facilidad las sustancia insoluble, depositada en las trincheras tienden a percolar y escurrir por las masas de desechos sólidos y enseguida por el suelo .sustancia gaseosas no disueltas ,generalmente menos densa que el aire ,o por fuerza de la presión interna tienden a salir de la atmosfera , dentro de los gases podemos mencionar al sulfhídrico (olor repugnante)y el metano (inflamable y explosivo si se concentran en el aire en una proporción del 5 al 15%).

El lixiviado tiene un movimiento vertical de todas las masas de los desechos y posteriormente se desplaza lateralmente hasta la pata de los taludes de las plataformas que conforman el relleno sanitario o sea hasta el canal de conducción del percolado, el lixiviado que cae en el canal se almacena hasta que se rebasa la capacidad de su volumen ,se vierte por rebose a las líneas de conducción hasta llegar al sitio donde está ubicado otro sistema de tratamiento probablemente una fosa séptica .la cantidad de lixiviado producida es mínima debidas a las características propias del relleno sanitario manual donde los volúmenes de desechos depositados diariamente son pocos por esto es de suponer que las velocidades del flujo son mínima pensando largos periodos de retención durante el cual los microorganismos adheridos a la superficie del lecho de piedra mejoran la calidad del percolado .el lixiviado durante su paso por la masa de desechos sufre una serie de transformaciones químicas con los elementos que conforman los desechos sólidos .

Los canales ciegos están hechos para reducir la carga contaminante de los lixiviados mediante procesos físicos y biológicos.

La filtración en los canales ciegos es un proceso de mejoramiento de la calidad del lixiviado que consiste en hacerlo pasar a través del lecho poroso del medio filtrante ,durante este paso la calidad de lixiviados mejora considerablemente por la reducción del número de microorganismo (bacterias ,virus, quistes)eliminación de una parte de la materia en suspensión y de materia coloidal los canales están constituidos por material granular de diámetro mínimo 0.10 m y menor de 0.10 m aproximadamente según esto collazos .el tamaño del lecho filtrante en el canal depende básicamente de la naturaleza del medio ,la concentración y tipo de agua residual por tratar .los canales están diseñados para que el líquido percolado permanezca largo periodo de retención para mejorar su calidad por la entidad biológica adherida a la superficie del lecho filtrante ,el agua que sale del canal es el exceso o remanente mediante rebose .

3.22.3 Mecanismo de filtración de los canales ciegos.

La filtración es considerada como el resultado de dos mecanismo distinto transporte y adherencia inicialmente las partículas al removerse son transportadas de la suspensión a la superficie del lecho filtrante durante el desplazamiento del líquido percolado ,es de suponer que las partículas permanecerán adheridas al hecho filtrante por que las fuerzas de cizallamiento debido a las condiciones hidronímicas del flujo son mínima ,la velocidad del desplazamiento y de descarga son baja debido fundamentalmente a que el volumen de lixiviados en la trinchera es mínima y la viscosidad es alta debido a sus origen y reacciones con todo tipo de materia orgánica e inorgánica durante su recorrido ,la adherencia de partícula y de granos es básicamente un fenómeno de acción superficial influenciado por parámetros físicos y químicos.

El transporte de las partículas es un fenómeno físico e hidráulico, en función de las características del lixiviados y el medio filtrante.

Otros de los procesos más importante que ocurren en os canales de lixiviados es la sedimentación que es la remoción por efecto gravitacional de las partículas en suspensión en el fluido y que tienen un peso específico mayor que el del fluido, estas partículas depositadas en el fondo del canal reciben tratamiento biológico por parte de las materias en condiciones anaerobias.

3.22.4 Medio filtrante.

El medio filtrante recomendado es un material que posee una elevada área superficial por unidad de volumen que sea duradera , económico y que no se obstruya fácilmente , el material recomendado por los ingenieros que se dedican al diseño de esta unidades de tratamiento suele ser piedra cilicio o de cuarzo de 0.10 m a 0.20 m de diámetro aproximadamente ,nunca se debe usar piedra de tipo calcaría ya que se disuelve al paso de los líquidos .este diámetro (0.10 mts-0.20mts) es escogido para evitar la obstrucción del medio filtrante o sea que existan espacios suficiente o relación de vacíos para el paso de los lixiviados a través del medio ,es de suponer que las piedras con diámetros menor no proporcionara suficiente relación de vacíos al flujo que atraviesa el lecho provocando obstrucción del medio filtrante .el comportamiento mecánico e hidráulicos del lecho de piedra en el canal ciego queda definido principalmente por las características de compacidad y orientación (forma de las partículas , el termino compacidad se refiere al grado de acomodo de las piedras dejando una adecuada relación de vacíos garantizando la ausencia de obstrucción del lecho ,esto lo proporciona el tamaño de la piedra señalada .

Los lechos filtrantes se han utilizados durante mucho tiempo en el tratamiento de aguas residuales y han adquiridos reputación de estabilidad de operación y sencillez de diseño. Sin embargo, son difíciles de modelar, tanto a escala de laboratorio como matemáticamente, es difícil pronosticar el funcionamiento de determinado sistema, esto constituye una desventaja cuando el efluente tratado debe alcanzar una calidad fresquita.

3.22.5 Sistema de película biológica.

En la superficie del lecho se forma una película biológica que consta de una gran variedad de microorganismo muy activos que descomponen la materia orgánica.

Las películas biológicas adheridas a la superficie del medio filtrante constituyen una característica de todo tipo de reactor biológicos. los reactores de películas biológicas han estado en uso desde hace mucho tiempo para el tratamiento de las aguas residuales.

3.22.5 Operación

Un relleno sanitario puede estar muy bien diseñado, pero si no tiene una buena operación seguramente ira a un fracaso para operarlo es necesario tener un adiestramiento específico, siguiendo aproximadamente los parámetros indicados como:

3.22.6 Clausura del botadero tradicional.

Para la exitosa operación del sistema proyectado, debe programarse y realizarse aisladamente la clausura del botadero tradicional del municipio y además botadero existente.

Para la operación de clausura del botadero, debe seguirse en lo posible lo siguiente puntos:

1- realizar un programa de exterminio de roedores y artrópodos con la colaboración del ministerio de salud (MINSA) y otras instituciones relacionadas con el medio ambiente .si esta etapa no se realiza, es posible que esos roedores al no disponer de guarida, por el enterramiento de los desechos sólidos, emigren a las viviendas vecina provocando enfermedades a la población.

2- inmediatamente que se haga el exterminio, se procederá a cubrir con tierra todo el botadero con una capa de 0.20 a 0.30 cm de espesor y en lo posible apisonarla para evitar las quemas y humos.

3- encerramiento del lugar para impedir el acceso.

4- colocar avisos informando a la población sobre la ubicación y existencia del sitio del relleno sanitario.

5- colocar aviso informando a la ciudadanía las sanciones que se aplicaran a quienes infrinjan las normas dictadas al respecto.

- Vigilancia

Este aspecto es muy importante porque de él depende el éxito de la operación de un relleno sanitario, debe de existir por lo menos, dos vigilantes las 24 horas del día: uno permanente mente en la portería, que controlara la entrada y salida de personas y vehículos, para que no boten los desechos en lugares diferentes a los indicados y protegerá la caseta de registro; el otro debe de rondar por la bodega, maquinaria y frente al trabajo, debe controlar también el estado de las cercas , le permanecía de personas que no tienen funciones dentro del relleno sanitario y retirar de los predios los animales que entren, tales como vacas, caballos, perros y cabras, etc.

- Registro

La oficina de registro representa los "ojos" del relleno sanitario ya que de ella almacena los datos en una "memoria" para posterior análisis y utilización. Cuando el vehículo entra, el registro anota la fecha la hora de entrada la identificación del vehículo su procedencia el tipo de desecho y el peso del vehículo más los desechos indicados por la báscula. Esta información puede captarse manualmente preguntándole al conductor del vehículo los datos necesarios y anotándose en los formatos correspondientes también puede ser por medio automáticos, tarjetas magnéticas, esto depende de la complejidad del sistema.

En poblaciones pequeñas, donde no es factible desde el punto de vista económico tener bascula, se puede calcular aproximadamente el volumen de los desechos aparente midiendo el ancho, el largo y altura de desechos que entran en el vehículo, para multiplicar luego esta medida por el peso específico que puede ser determinado previamente.

- Playa de descargue

Este es el lugar que une la vía interna con el sitio donde el vehículo va a depositar su carga de desechos y que se denomina "frente de trabajo" que es un espacio plano, ancho y despegado, es un área amplia donde los vehículos entran en frente y hacen un giro de 180 grados para depositar los desechos esta operación no debe de demostrar de 5 minutos, normalmente dure entre 1 y 2 minutos aquí es donde empieza el proceso del manejo de los desechos en el relleno sanitario.

El piso de la playa de descargue debe de mantenerse limpio y en muy buenas condiciones para permitir la entrada y salida de las flotas de camiones. Es conveniente mantener en el frente de trabajo una cadena para alar los vehículos cuando se pegan o se varan en el momento del descargue, nunca se debe empujar un vehículo con un buldócer o cargador, siempre se debe jalar para no ocasionar daños. En algunos momentos o tiempos de externas lluvias, se hace

imposible manejar los desechos, por lo que se hace necesario recurrir a otro sistema para evitar accidentes como utilizando estructura para evitar volcamiento.

- Control de gases

Bajo condiciones ideales los gases generados deben ser enviados o liberados a la atmosfera o en grandes rellenos sanitarios recogidos para la producción de energía, lixiviado deberá ser mantenido dentro del relleno sanitario o recogido para el tratamiento, a continuación, se explicará los aspectos más importantes para este control.

Construyendo chimeneas que permitan que el gas salga el cual se pueda quemar, un obrero pasara prendiendo cada una de las chimeneas con una pequeña antorcha.

En términos generales el control de los gases se puede resumir en la creación de medidas o conductos que permitan o induzcan el paso de los gases o barreras impermeables que obstruyan o limiten el paso.

Estos métodos o sistemas de control de los gases pueden ser permeables o impermeables:

- sistemas permeables: consiste primordialmente en el uso de materiales (conductos) que sean sustanciales más permeables que el material con que entran en contacto. Ara interceptar los gases que se desplazan material granular en las paredes de la trinchera para interceptar los gases laterales, para lo cual se pueda dejar conducto inferior que evacuen los gases fuera de la trinchera.

-sistema impermeables: en estos casos el procedimiento sugerido es similar al discutido para el control de aguas subterráneas y consiste esencialmente en instalar una barrera impermeable de material natural (arcilla estabilizada o dolomita) o sintético (varias capas de productos como polivinilo clorado PVC) que impidan el paso de gases. Pero cuando se instalan estas barreras es indispensable el proveer medios alternativos para el escape controlado de los gases.

- Control de los lixiviados.

Bajo las condiciones normales, el lixiviado encontrado en el fondo de los rellenos sanitarios en algunas ocasiones tiene algún movimiento lateral. El control de estos lixiviados se hace de la siguiente forma.

1. Tratando de evitar que el agua entre al relleno, ejecutando drenajes perimetrales a la trinchera y mejorando las pendientes del material de cobertura, a través de canales colocados en el fondo de las trincheras y dejando una distancia mayor de un 1 metro entre el nivel freático y el fondo de la trinchera (esto para evitar contaminación del manto de agua)

2. Impermeabilizando el fondo y las paredes de las trincheras para evitar que se infiltre en el suelo y contamine los mantos de agua cercana al sitio.

3. Se debe ubicar pozos de monitoreo dentro y fuera del relleno sanitario que acuerdo con las características geotecnicas y geomorfológico del terreno, del cual se tomarán muestras de agua antes y después de las disposiciones de los desechos, estos datos servirán como base de comparación para ver el grado de contaminación.

4. Cuando se detecte humedad en el talud o brote de lixiviado en alguna terraza, se debe inmediatamente, socavar el sitio para que salga el líquido, rellenar con piedra y construir un filtro que se conecte a algún otro existente.

5. Implementando un sistema de recolección de lixiviados.

6. Estableciendo un sistema de tratamiento de lixiviados.

- Control de la compactación

Al menos una sola vez al mes, el jefe del relleno sanitario ordenará hacer tres apiques de 0.50 m de ancho * 0.50 m de largo * 0.50 m de alto, aproximadamente, en distintos sitios del área de las celdas que se hayan trabajado en el lapso; el material extraído de dichas

calicatas se pesará y se obtendrá el peso específico. Si el promedio es menor que el mínimo 0.7t/m³, dicha área debe compactarse nuevamente.

- Control de hundimiento

Los hundimientos se controlan con compactación adicional, con la maquinaria más pesada que se tenga en el relleno sanitario y también las fisuras, las cuales se deben tapar y compactarse, adicionado todo el material de cobertura necesario.

Las fisuras son de mucho cuidado porque pueden ser indicadores de desestabilización de las terrazas del relleno y pueden avisar de movimiento de desestabilización de las terrazas del relleno y pueden avisar de movimiento de masas de desechos.

- Control de aguas de lluvia

El control de las aguas de lluvias se debe hacer por medio de canales interceptores que no permitan que pasen sobre los desechos y aumente los lixiviados. Estos canales se deben diseñar de acuerdo con las técnicas tradicionales de ingeniería, teniendo en cuenta la intensidad de las lluvias, el área aferente y las constantes correspondientes al tipo de suelo.

- Control de incendios

Todo vehículo que entre al relleno sanitario debe poseer extintor de incendios, con capacidad de operación inmediata, en el relleno no se deben quemar desechos.

Existen varios métodos o mejor, combinación de métodos para apagar estos incendios. A continuación, los definimos:

a) Utilizando tierra: es el mejor método, en un cargador o en volquetes, se transporta tierra hasta el sitio más cercano que permita el incendio, con un buldócer se riega muy lentamente y con mucho cuidado, para no quemar la maquinaria y lógicamente, así el operador este material se dispone sobre el incendio, hasta apagar un tramo, e inmediatamente se compacta con el mismo buldócer. Esta operación es de penetración, es decir, lentamente se le va quitando espacio al incendio: 0.50 m, otros 0.50 m y así sucesivamente con una capa inicial de tierra del orden 0.20 m, posteriormente se puede aumentar a 0.40m y preferiblemente hasta 0.60 m procurando compactar la zona por lo menos con 5 pasadas del buldócer.

b) Utilizando desechos antiguos: cuando no hay tierra se puede utilizar desechos antiguos para “ahogarlo” de igual manera que con la tierra, pero aumentado la capa de 0.20 m a por lo menos 0.60 m y la compactación de 5 pasadas, por lo menos 7 pasadas. Con este método es más fácil que se presenta nuevos incendios, por eso se debe extremar el control y tapar con por lo menos 0.20 m de tierra, a la primera oportunidad.

c) Utilizando agua para enfriar los desechos: este no es un método único, sino que se debe utilizar combinado con otro, ejemplo, el de apagar con desechos antiguos y humedecería. Después de controlado el incendio, al método para controlar nuevos incendios.

Es muy frecuente que al quemarse los desechos se formen depósito de aire caliente en el interior del relleno, aspecto que es muy peligroso porque puede ser causa de quemaduras de personas y aun de la maquinaria.

- Control de olores

Una de las características de un relleno sanitario es el olor, que es lo más difícil de controlar. El olor disminuye con la compactación, el cubrimiento y la disminución de la producción de lixiviados, pero siempre queda un remanente.

Adicionado “al voleo” un compuesto formado por 5kg de ácido bórico, 10kg de azufre y 50 kg de cal agrícola por hectárea, sobre los desechos secos o humedecida con lixiviados, se controla un porcentaje el olor. En algunos casos solo se utiliza “cal viva” con excelentes resultados. Es de anotar que el estar protegido con el equipo necesario (overol, guantes, botas, carretera) para evitar el contacto del material con la piel y algún accidente.

- Control de insectos y roedores

La presencia de vectores es un indicador de mal manejo de relleno sanitario. Los vectores se eliminan con una buena operación y no con insecticidas ni raticidas que, aunque momentáneamente disminuyen el problema, lo complican a corto, mediano y largo plazo por los cambios biológicos que producen.

En el caso posible que se presenta insectos y roedores, el supervisor debe de revisar el área del relleno y en que aquellas zonas deterioradas que sean el hábitat de estos animales, se debe adicionar una nueva capa de material de cobertura con nueva compactación.

- Control de plástico y papeles

Para controlar los plásticos y papeles que transporte el viento en la operación de vaciado y los que relleno expelen a la superficie por acción de los gases que producen; estos se deben recoger diariamente, por ejemplo, con palo puntiagudo y enterrarse en el relleno.

- Control de animales

Desde que se construye el cerco, se debe prohibir la permanencia de ellos de cualquier tipo de animal en el relleno sanitario. La presencia de ellos es causa de problemas para el manejo de los desechos sólidos y es peligroso para la salud humana, por la transmisión de enfermedades tales como la triquinosis, transmitida por la ingestión de carne no bien cocida de los cerdos de los botaderos de desechos.

- Control de recuperación

En un relleno sanitario no se debe permitir, bajo ningún pretexto, recuperadores de desechos, pues su presencia no permite el manejo adecuado de la maquinaria y no dejan tapar los desechos, pues les disminuye la posibilidad de recuperar material.

La recuperación se puede hacer siempre en la fuente, donde se produce, es decir, en la vivienda, comercio o industria y no en el sitio de disposición final de los desechos. En algunas ocasiones se trata de justificar la presencia de recuperadores de desechos sosteniendo que es una fuente de trabajo; esto es falso, porque es un “ejemplo disfrazado” y presenta muchos riesgos para la salud, no solo los recuperadores, sino también de toda la comunidad, pues ellos recuperan elementos contaminados, que posteriormente introducen al mercado, sin ningún reparo o cuidado.



Foto 1: Recuperadores o basureros del municipio de Diriamba.

Uno de los elementos más importantes en el relleno sanitario es un Supervisor que organice, dirija y controle las operaciones y que cuente además con todo el respaldo de la administración municipal.

Si el relleno sanitario manual no tiene una buena supervisión, ni mantenimiento técnico y económico, fácilmente podrá convertirse en un botadero a cielo abierto, con todos sus perjuicios.

Además, se tiene que llevar un control del ingreso de los desechos sólidos en el relleno sanitario.

Cuadro 9: Control de los desechos sólidos.

Mes:					
Día	fecha	N ^a de Viajes	Cantidad	Volumen	Observaciones
			D.S ----- Kg.	D.S ----- M ³ /día	

Lunes
Martes
Miércoles
Jueves
Viernes
Sábado

Sub-total

Lunes
Martes
Miércoles
Jueves
Viernes
Sábado

Sub-total

Lunes
Martes
Miércoles
Jueves
Viernes
Sábado

Sub-total

Lunes
Martes
Miércoles
Jueves
Viernes
Sábado

Sub-total

Total

D.S: Desechos Sólidos.

4. CARACTERÍSTICAS DEL MUNICIPIO DE DIRIAMBÁ

4.1 CARACTERÍSTICAS Y GENERALIDADES DEL MUNICIPIO

La ciudad de Diriamba, municipio del departamento de Carazo, se encuentra ubicada entre los 11° 51' de longitud Norte y 86° 14' de longitud oeste a 42 Kilómetros al Sur de la capital, Managua, con una población aproximada de 65,220 habitantes y con una extensión territorial de 348.88 km².

En el Municipio se identifican los siguientes usos potenciales como: Agricultura Intensiva, Agricultura Extensiva, Ganadería, Forestales y en las márgenes de los ríos conservación de Recursos Naturales. Las tipologías de suelo urbano en la ciudad de Diriamba son variadas, destacándose 10 tipologías de uso, donde predomina la concentración de viviendas y edificaciones para uso comercial. Las principales problemáticas que enfrentan este tipo de suelo son: El avance de la frontera agrícola, pecuaria, urbanizaciones y lotificaciones. (Fuente: Estudio de Suelos, realizado por INIFOM, 2005).

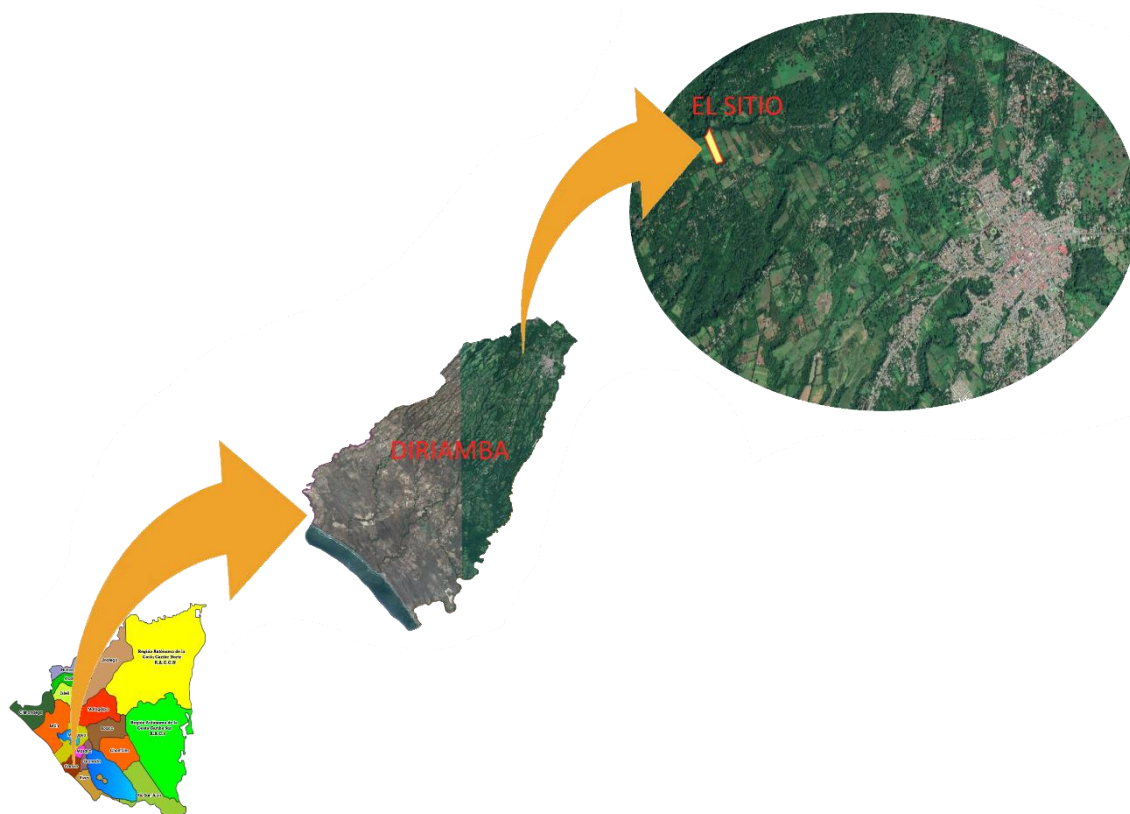


Figura 6: Macro y Micro localización del sitio

4.2 Organización territorial del municipio

La jurisdicción municipal de Diriamba está conformada por 78 barrios, 2 colonias y 9 repartos con un total de 231.5 km² en el casco urbano y sesenta 60 comarcas en la parte rural.

Cuadro 10: Barrios y comunidades del municipio

N°	Nombre Barrio y Comunidad	Total de Personas	Hombres	Mujeres	Viviendas	Familias
	Urbano					
1	El Tamarindo (Periferia)	88	42	46	22	22
2	Walter Pavón	556	267	289	139	142
3	Barrio Tom	192	92	100	30	30
4	Zona Central	650	312	338	116	174
5	Hermanos Molina	478	229	249	85	128
6	La Libertad	2492	1259	1233	375	749
7	La Mascota	678	325	353	121	182
8	Nery Urtecho	112	54	58	20	30
9	Santa Cecilia	95	46	49	17	26
10	Las Guabas	163	78	85	29	44
11	Los Maderos	135	65	70	66	75
12	Reparto los Ciprés	52	25	27	13	13
13	María Elena Cuadra	280	134	146	50	75
14	Ignacio González	92	44	48	23	23
15	Carlos Méndez	1221	586	635	228	327
16	Francisco Chávez	896	430	466	160	240
17	Silvio González Mena	1,462	702	760	261	392
18	Raúl Castro	90	43	47	28	30
19	Rolando Flores	60	29	31	18	20
20	Rep. Mari Luz	172	83	89	43	43
21	Nueva Vida	216	104	112	54	54
22	Fernando Fernández	975	468	507	150	225
23	Dios y Esperanza	645	300	345	179	269
24	Villa Reconciliación	624	300	324	96	143
25	Roberto López 1	262	126	136	32	75
26	Roberto López 2	298	143	155	38	85
27	Roberto López Anexo	140	67	73	20	40
28	Las Palmeras	660	317	343	165	168
29	Berlín	560	269	291	140	143
30	Villa los Ángeles	924	444	480	165	248
31	Villa Paraíso de Dios	92	44	48	23	23
32	22 de Junio	943	453	490	141	265
33	Col. San Sebastián	364	175	189	65	98
34	El Recreo	805	386	419	115	230
35	Francisco Rivera	175	84	91	25	50
36	Hermanos Morales	762	366	396	136	204
37	Rodolfo Sequeira	967	489	478	182	273
38	Villa Enrique	386	185	201	63	79
39	Angelita Morales	331	159	172	59	89
40	Las Colinas Sur	806	387	419	144	216

41	El Cementerio	2069	993	1076	296	591
42	Pedro J. Chamorro	372	179	193	62	78
43	Villa Guadalupe	51	24	27	8	11
44	Nuevo cementerio	255	122	133	39	49
45	26 de Febrero	1098	527	571	183	229
46	B° San Sebastián	185	89	96	30	38
47	Rodolfo Mayorga	360	173	187	60	75
48	Germán Rodríguez	176	84	92	27	49
49	Reparto Hernán	288	138	150	45	81
50	Cruz de San Pedro	748	359	389	115	207
51	La Independencia	1164	559	605	322	179
52	Roberto Clemente	1449	696	753	230	460
53	San José	1276	612	664	211	275
54	La concepción	169	81	88	26	47
55	Cacique 1	237	114	123	37	66
56	Cacique 2	237	114	123	37	66
57	Rosario Murillo	322	155	167	59	89
58	2 de Noviembre	232	111	121	40	60
59	El Cepad	449	216	233	77	116
60	Anexo Villa Paraíso	150	72	78	42	47
61	La Inmaculada	125	60	65	121	162
62	Efraín Rivera	180	86	94	53	67
63	9 de Junio	244	117	127	42	63
64	Oscar Arnulfo	783	376	407	135	203
65	San Francisco	1770	850	920	295	443
66	Santa Juana	1023	491	532	170	256
67	El Madroño	209	100	109	36	54
68	Soldado de Jesús	75	36	39	23	25
69	Residencial Regina	256	123	133	64	64
70	Villa Hermosa	118	54	64	15	15
71	Villa San Sebastián	180	86	94	45	45

72	Proyecto Sofonías	60	29	31	15	15
73	Lotificación 35/19	212	102	110	70	70
74	Manuel de Jesús Rivera	87	42	45	15	29
75	Ricardo Morales	180	86	94	60	60
76	Reparto los Ciprés	60	33	27	13	13
77	Residencial los Cocos	108	52	56	19	20
78	Los Maderos	124	60	64	31	31
	Sub-total	37980	18312	19668	7004	10190
	Rural					
1	Rio Limón	582	279	303	97	146
2	Coop. Benjamin Valverde	45	22	23	11	15
3	El Tamarindo	880	422	458	78	182
4	Los Gutiérrez	306	147	159	47	71

5	Los Sánchez	228	109	119	35	53
6	Versalles	104	50	54	24	16
7	Palo de pan	247	119	128	38	57
8	San Carlos	709	340	369	109	164
9	El Boneño	78	37	41	14	21
10	San Antonio de Arriba	454	218	236	81	122
11	Fernando Baltodano	56	27	29	10	15
12	Coop. S. Rita	76	36	40	14	20
13	Coop. Carlos M	347	167	180	62	93
14	Villa S. Ramón	241	116	125	43	65
15	Villa Diriangén	95	46	49	15	26
16	Mayo	150	72	78	30	31
17	Santiago Flores	234	112	122	38	78
18	Sontoles	372	179	193	62	124
19	Buena vista del Norte	1484	712	772	297	308
20	Los Angeles	672	323	349	120	125
21	Los Baltodanos	509	244	265	101	105
22	San Antonio de Abajo	794	381	413	159	167
23	San Gregorio	1734	832	902	309	319
24	San M. de Guayacán	400	192	208	80	82
25	El Melón	90	43	47	28	30
26	Las Mercedes	372	179	193	74	77
27	San Juan de la Sierra	746	358	388	149	155
28	Zacate Verde	281	135	146	56	58
29	El Aguacate	367	176	191	73	76
30	El Tigre	323	155	168	56	84
31	Paso Real	380	182	198	76	78
32	San Vicente	995	478	517	173	259

33	Los Ranchos	273	131	142	47	71
34	El Carrizal	454	218	236	81	122
35	El Jobo Dulce	129	62	67	23	35
36	Los Guerreros	286	137	149	51	77
37	Los Romeros	157	75	82	28	42
38	El Quebracho	465	223	242	83	125
39	Los Díaz	168	81	87	30	45
40	Apompua	742	356	386	148	151
41	Buena Vista Sur	1010	485	525	202	206
42	Chanal de arriba	120	58	62	24	24
43	Chanal de abajo	120	58	62	24	25
44	La Reforma	250	120	130	50	51
45	Las Cuchillas	450	216	234	90	92
46	La Rinconeña	370	178	192	74	76
47	Amayito	323	155	168	64	66
48	Barranco Bayo	145	70	75	40	48

49	El trapiche	230	110	120	46	47
50	Guascatan	360	173	187	72	73
51	La Trinidad	785	377	408	157	160
52	Santa Lucia	525	252	273	105	106
53	Los Hornitos	125	60	65	25	26
54	Santa Rosa	148	71	77	26	27
55	Rio La Flor	211	101	110	37	38
56	Milagros de Dios	360	173	187	63	65
57	Pedro J. Chamorro	223	107	116	39	40
58	Zona central Casares	548	263	285	96	99
59	Tepano	423	203	220	74	76
60	Ceniza	320	154	166	56	58
61	Ayapal 1	908	436	472	159	165
62	Ayapal 2	279	134	145	49	51
63	La Bocana	194	93	101	34	35
64	Masapa	97	47	50	17	18
65	La Mojiqueña	61	29	32	15	15
66	El Carmen	72	35	37	18	18
67	Las Esquinas	115	55	60	28	28
68	Mauricio Duarte	641	308	333	210	127
69	La Junta	152	73	79	50	55
70	Monte Grande	77	37	40	25	27
Sub-total		26667	12800	13867	5019	5832
TOTAL MUNICIPIO		64647	31112	33535	12023	16022

4.3 Población

El municipio de Diriamba cuenta con una población de 64,647 habitantes con un área rural de 235.57 km² en el casco urbano de 405.43km² con una densidad poblacional de 89.49 hab/km² respectivamente con una tasa de crecimiento de 5%.

Cuadro 11: Población de Diriamba

	Urbana	Rural
Total		
	33798	30849
64647		

4.4 Vivienda

El municipio de Diriamba cuenta con 12,929 viviendas con un promedio 5 personas por vivienda, fue censado un total de 8,965 distribuidas de la siguiente manera:

cuadro 12: Vivienda de Diriamba

	Urbana	Rural
Total		
	4,720	5,245
8,965		

4.5 Crecimiento histórico

- Actividad económica.

La actividad económica de la ciudad de Diriamba se encuentra en la agricultura y la ganadería, siendo la primera el rubro de mayor importancia económica ya que es una zona eminentemente cafetalera.

La variación de la actividad económica la variación de la actividad económica entre el periodo 1997-2001 ha sido constante, excepto en las pulperías, licorerías, abarroterías que han tenido aumento y disminución considerados.

4.6 Estructura urbana actual

- Equipamiento urbano

De acuerdo a las normas de equipamiento urbano, se puede decir la ciudad de términos de cobertura se encuentra territorialmente servida.

En la zona central se da la concentración de equipamiento, institucionales, comerciales, salud, educación, cultural y recreación principalmente enacal, policía, enitel, alcaldías, tiendas de ropa, calzado, supermercados y pulperías, centro de salud, clínicas populares, clínica dental y farmacias, escuelas, primarias y preescolares, iglesias, parque central y otros.

A consecuencia de esta concentración de equipamientos la ciudad experimenta a diario movimiento de población de las diversas zonas que se movilizan en busca de los servicios que se prestan es este equipamiento.

En ambos lados de la carretera Diriamba-Jinotepe también se localizan equipamiento de comercio (mercado), transporte ventas de ropa calzado paradas, terminales de buses y gasolineras.

Es importante hacer notar que la localización de estos equipamientos responde el atractivo que esta área presta en función de su infraestructura y accesibilidad de los servicios básicos (agua, energía eléctrica, teléfono, calles revestidas y transporte).

4.7 Uso actual del suelo

El uso actual del suelo urbano se define a través de la actividad predominante que se realiza en los equipamientos materiales de las instituciones y las áreas que ellas ocupan en el espacio urbano.

- **Uso institucional y comercial**

En el área central de la ciudad los equipamientos institucionales, educación y cultura se localizan de forma equidistante a la plaza central, siendo la actividad predominante el servicio y el comercio (mercado municipal, tiendas de ropa, calzado, ferreterías, etc.)

La mayor parte de las actividades comerciales de esta zona se encuentran en la parte este de la ciudad y en la carretera hacia Jinotepe donde se encuentra el mercado, terminales interurbanas y otros comercios.

4.8 Infraestructura

- **Agua y saneamiento**

El servicio público de agua potable está a cargo de la empresa nicaragüense de acueductos y alcantarillados (enacal) el cual abastece al 63% de las viviendas del municipio a través de 6131 y 29 puesto públicos de agua potables que abastecen el área urbana y rural.

- **Telecomunicaciones**

Este servicio es administrado por una delegación de la empresa nicaragüense de telecomunicaciones (ENITEL). Existen oficina de teléfonos y correos que tiene un total de ocho líneas automáticas para la atención al público, existen alrededor de 1300 conexiones domiciliarias a abonados.

La calidad del servicio de ENITEL es buena y el estado físico de la infraestructura se encuentra es muy buenas condiciones.

- **Energía eléctrica**

El servicio público de energía domiciliar está a cargo de la empresa distribuidora de electricidad del sur (DISSUR) la empresa en el municipio cuenta con 6775 conexiones domiciliarias.

- **Transporte**

El municipio de Diriamba tiene muy buenos sistemas de transporte, cuenta con una red de transporte

Intermunicipal: Diriamba-Jinotepe Interdepartamental: Diriamba-Managua
 Local: transporte expreso la boquita-casares

Diriamba-san ramón buena vista- san Vicente Diriamba-san Gregorio

Dentro del sector urbano circulan 457 taxi - motos y 100 triciclos que facilitan a la ciudadanía el desplazamiento interno.

- Vías de acceso

El municipio de Diriamba cuenta con dos vías de acceso la carretera panamericana por la parte norte de la ciudad la cual enlaza a Diriamba por el lado norte con Managua y por el lado este de dolores y Jinotepe.

También el municipio posee vías de acceso de tierra sin balastre, vías adoquinadas, asfaltada y calles embalstradas. El estado físico de las vías es entre bueno y regular.

- Viabilidad

La ciudad de Diriamba muestra una infraestructura vial en forma de cuadrícula, a excepción de algunos barrios nuevos que prestan un trazado más espontaneo las principales vías de acceso de la ciudad según la procedencia básicamente son por el norte la carretera Managua - Diriamba y por el lado este Jinotepe – Diriamba

4.9 Jerarquía vial

- Revestimiento de las vías.

El sistema vial de Diriamba tiene una longitud de 18150mts de los cuales se encuentran revestidas en 61.405% en asfalto, el adoquín el 27.635% el 10.96% no tiene revestimiento.

Cuadro 13: Revestimiento y longitud del sistema vial.

Sistema vial	Revestimiento	Unidad (ml)	Porcentaje (%)
Carreteras	asfalto	11145.0	61.41
	Adoquín	5015.0	27.64
	Tierra	1990.0	10.96
Total		18150	100

4.10 Servicio Municipal

- Administración del servicio

La estructura para el manejo del servicio es muy sencilla, existe un Director de área, 60 operarios de los cuales 20 son los que hacen la limpieza en las calles, 25 recolectores de basura de estos 5 son choferes y 20 recolectores de basuras y 15 son de la brigada de mantenimiento de áreas públicas.

- Almacenamiento

Para almacenar los desechos la población de Diriamba utiliza todo tipo de recipiente que tiene disponible, en su mayoría son sacos, bolsas y baldes plásticos. Por lo general los recipientes utilizados no cumplen con los requerimientos sanitarios establecidos para ello.

- Recolección de desechos solidos

El equipo recolector disponible en la Alcaldía de Diriamba es: 5 Camiones, 1 camión de 3 m³ y 4 camiones de 5 m³ de capacidad, los puntos de recolección son las aceras de los locales y viviendas servidas. Este servicio que la alcaldía municipal presta a la población, está organizado en 12 rutas, nueve urbanas y 3 rurales dos veces por semana se le brinda el servicio a cada ruta. Para una cobertura de 78 barrios y comunidades, el servicio se realiza en un 90% del casco urbano equivalente a 70 barrios y 8 comunidades que equivales al 11.43%.

El servicio de recolección tiene una cobertura del 52.70% en toda la ciudad lo que significa que el 47.30% restante de los desechos sólidos no son evacuados de la ciudad, constituyendo un riesgo para la salud de la población y del medio ambiente.

La recolección de los desechos sólidos se efectúa con equipos que no son especializados ya que carecen de dispositivos de carga, ocasionando malos olores a la hora de recolección y transporte, así mismo aumentando los tiempos muertos al cargar manualmente. La altura de la plataforma de las unidades recolectoras obliga a realizar un mayor esfuerzo al personal y ocasionar pérdida de tiempo en la actividad de recolección.

Los operarios presentan un alto nivel de riesgo en su salud por la forma en que se carga y descarga los desechos al camion exponiéndose al contacto de los mismos. En relación a las condiciones de higiene y seguridad los operarios de la recolección cuentan con guantes y máscaras, los cuales no son utilizados por estos en muchos casos, se le realiza chequeos médicos cada 6 meses y en caso de alguna enfermedad se le remite de inmediato al seguro social.

El método de disposición final de los desechos sólidos es inadecuado a cielo abierto prendiendo fuego a los desechos como fin del servicio.

- PROBLEMAS DEL SECTOR
 - Falta de unidades recolectoras y mano de obra para realizar en un 100 % la limpieza y recolección.
 - Falta de contenedores y recipientes en las calles.
 - Falta de educación ambiental y sanitaria de la población.
 - Reubicación del basurero municipal.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

La metodología utilizada en el presente estudio conlleva una modalidad de carácter descriptivo, donde se plantearon los pasos desarrollados para el cumplimiento de los objetivos, en donde se establecieron los siguientes aspectos básicos:

5.1 Tipo de estudio

El estudio se clasifica como desarrollo tecnológico, prospectivo y descriptivo.

5.2 Periodo de diseño

El periodo de diseño considerado para este estudio es de 10 años, dado que el área disponible y los parámetros utilizados en el diseño dan como vida útil dicho periodo.

5.2.1 Procedimientos utilizados para realizar el estudio

5.2.2 Caracterización de los desechos solidos

Para iniciar el estudio se seleccionaron tres barrios clasificándose según su estrato socioeconómico los cuales son:

- Estrato bajo : Francisco Chávez
- Estrato Medio : Barrio Silvio González Mena
- Estrato Alto : Barrio Central

Esta clasificación se logró de acuerdo a la información proporcionada por la Alcaldía de Diriamba. Posteriormente, producto de la observación en el trabajo de campo, se conoció que los estratos socioeconómicos no están definidos por barrios lo cual quiere decir que el estrato socioeconómico alto está ubicado en el centro urbano de la ciudad y a medida que se va alejando del centro baja la categoría del estrato socioeconómico, aunque se observó que en los diferentes estratos se encontraron viviendas que no pertenecían al mismo, es decir, que en el Barrio Francisco Chávez se encontraron viviendas pertenecientes al estrato medio; asimismo, en el Silvio González se observaron casas pertenecientes a los otros dos estratos y en el barrio central, habían viviendas del estrato medio.

Esta información fue de importancia para seleccionar los diferentes barrios pero no tomándolos en cuenta como un determinado estrato social si no que de los tres barrios se seleccionaron las viviendas pertenecientes por sus características a los diferentes estratos socioeconómicos, así mismo, por encontrarse cerca uno del otro para facilitar el estudio.

5.3 Definición de la muestra.

5.3.1 Criterios para seleccionar la muestra.

Para fines del estudio se realizó un muestreo de fuentes de generación de desechos sólidos que en este caso son domiciliarios, para esto se escogieron tres barrios representativos de la ciudad de Diriamba dentro de los cuales se clasificaron viviendas en tres estratos socioeconómicos (Bajo, Medio y Alto) donde se seleccionaron el 1.94% del total de viviendas servidas es decir las que pagan el servicio de recolección de los desechos sólidos

a la Alcaldía. En total se seleccionaron 120 viviendas anticipando la no cooperación en algunas de las casas.

Así mismo, se presentan los datos de las viviendas seleccionadas quedando distribuidas así:

Para fines del estudio se realizó un muestreo de fuentes de generación de desechos sólidos que en este caso son domiciliarios, para esto se escogieron tres barrios representativos de la ciudad de Diriamba dentro de los cuales se clasificaron viviendas en tres estratos socioeconómicos (Bajo, Medio y Alto) donde se seleccionaron el 1.94% del total de viviendas servidas es decir las que pagan el servicio de recolección de los desechos sólidos

a la Alcaldía. En total se seleccionaron 120 viviendas anticipando la no cooperación en algunas de las casas.

Así mismo, se presentan los datos de las viviendas seleccionadas quedando distribuidas así:

Cuadro 14: Datos de la muestra tomada de la población y viviendas de los barrios seleccionados.

Barrio	Nº de viviendas	Nº de habitantes	% de Viviendas	% de habitantes
Zona Central	21	108	15.11	12.95
Silvio González	40	209	17.94	15.62
Francisco Chávez	40	304	17.78	22.52
Total	101	621	50.83	51.09

Como se puede observar quedaron 101 viviendas seleccionadas ya que en el barrio Central solo cooperaron 21 viviendas en el estudio, razón por la cual no se pudo trabajar con lo que se pretendía que eran 120 viviendas en total.

Por lo tanto, en tres barrios se realizó una selección de las viviendas para los tres diferentes estratos socioeconómicos, según la condición en que se encontró la vivienda, es decir, la presentación general de esta.

La selección de viviendas tuvo como fin observar si existe variación en la composición física, densidad y cantidad generada de desechos sólidos entre los estratos con el fin de obtener valores promedios que fueran representativos.

5.3.2 Características de los estratos socioeconómicos dentro de la muestra.

Para esto se seleccionaron tres estratos con las siguientes características físicas:

Estrato Alto(A):

1. Fachada exterior: Estas viviendas aparentan estar en buen estado por el mantenimiento que tienen ya que se encuentran bien pintadas con buenos acabados, ventanas

Grandes y carpintería fina como puertas de madera fina, así como amplios corredores y garajes.

2. Notoria la presencia del servicio doméstico uniformado.

3. Jardines bien cuidados dentro de las casas y en la parte frontal en algunas de estas.

4. Posesión de vehículos modernos.

5. Buen estado de las calles donde se encuentran ubicadas las casas cerca del centro de la ciudad.

Estrato social Medio (B):

1. Fachada exterior: casas de buena apariencia con acabados sencillos y materiales de construcción corriente como ladrillos de barro, ventanas pequeñas, algunas con corredores pequeños y la mayoría no tiene garaje.

2. Presencia de servicio doméstico

3. Jardines descuidados en algunas casas y ausencia de estos en otras.

4. La posesión de vehículos no muy modernos es notoria y algunos no poseen.

5. Las calles donde están ubicadas las casas están en regular estado y no muy distantes del centro de la ciudad.

Estrato Bajo (C):

1. Fachada exterior: casas de apariencia humilde sin pintar y sin ningún tipo de acabado. La mayoría tiene pisos de tierra y construidas con materiales baratos (Adobe, Madera).

2. Presencia del servicio doméstico es nula.

3. La presencia de jardines se ausenta generalmente.

4. Carencia de vehículos.

5. Las calles cerca de las casas se encuentran en mal estado y están ubicadas en la periferia de los barrios.

5.3.3 Método de recolección de datos.

Recolección.

Trabajo con las viviendas a participar en el estudio:

Después de seleccionar los barrios se distribuyeron 30 casas por estrato socioeconómico, sin embargo, anticipando la falta de participación continua de algunas viviendas se hizo de la siguiente manera:

Cuadro 15: Distribución de las viviendas por estrato socio-económico

Barrio	Nº de viviendas	Nº de habitantes	% de Viviendas	% de habitantes
Alto (A)	32	154	31.68	26.88
Medio (B)	37	186	36.64	32.46
Bajo (C)	32	233	31.68	40.66
Total	101	573	100	100

Seguidamente se visitaron los tres barrios para explicarles a los habitantes de las viviendas seleccionadas, lo que se desea obtener con el estudio; pidiéndoles su cooperación para depositar los desechos en una bolsa que se les facilitara. Al mismo tiempo, se les solicitó información sobre el número de habitantes de la vivienda, además se le asignó un número distintivo a cada vivienda que se encontraba marcado en la fachada exterior de la casa.

Posteriormente, se dio una bolsa plástica con un número específico el cual era el mismo de la vivienda a la cual se le entregaba, con el compromiso de retirarla al día siguiente con los desechos domiciliarios depositados en ella e inmediatamente entregar otra bolsa nueva para la siguiente recolección (Diaria).

Recolección de las muestras de desechos:

Existe una planificación de rutas de recolección las cuales varían en los distintos días de semana. Diariamente los dos camiones cubren dos rutas y el tractor una; dichas rutas y salidas del transporte están controladas por un itinerario elaborado por la Alcaldía.

En los barrios en los cuales tomamos la muestra del estudio los días de recolección son los siguientes:

Cuadro 16: Recolección de los desechos sólidos en Diriamba.

Barrio	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Central	x	x			x	x
Silvio Gonzales	x	x			x	x
Francisco Chavez		x				

Fuente: Alcaldía de Diriamba.

La recolección de las muestras se hizo antes de que pasara el camión recolector de la Alcaldía municipal, teniendo esta recolección una duración de una semana corrida, es decir, de cada vivienda se recogieron seis veces las bolsas de desechos, pero las bolsas de la primera recolección no se consideraron para evitar que los desechos sólidos acumulados en las viviendas, en días anteriores de la primera recolección, distorsionaran los resultados finales.

La recolección de las muestras se hizo en el mes de marzo, con ausencia de precipitación, lo que quiere decir que la densidad puede variar con la estación anual ya que aumenta el peso de la muestra de 10 a 15%.

Personal participante en la recolección de los desechos sólidos.

El personal participante en la recolección de las muestras fue cuadro de coordinadores: 1 conductor y 3 ayudantes. Los días lunes martes y miércoles fue el equipo mostrado en la foto 6. Y otro equipo los días restantes del estudio que se observa en la foto 7. El equipo empleado para la recolección de los desechos fue un tractor con su tráiler cuya capacidad es de 12m.

Para identificar las muestras de desechos domésticos de cada barrio se usaron trozos de mecate de diversos colores, un color por estrato.

Los coordinadores dirigían a los ayudantes a recoger las bolsas con los desechos en las viviendas amarrándose con un trozo de mecate del color correspondiente al barrio. Así mismo, un coordinador entregaba las bolsas nuevas con el numero adherido a esta, el cual correspondía con el número de la casa y llevándose un control de las bolsas recogidas, posteriormente luego de recoger los desechos de los tres barrios, el tractor se dirigía hacia la periferia del basurero actual y se seleccionaban las bolsas que pertenecían a un determinado estrato socioeconómico orientados por el trozo de mecate, después dicha bolsa se pesaba y se anotaba: el número de la vivienda, el valor del peso de la bolsa, el estrato socioeconómico al que pertenecían y así sucesivamente con cada una de las bolsas.

Clasificación de los desechos sólidos por estrato socio-económico:
 Clasificación: Componentes individuales contenidos en la muestra.

$DIA \left\{ \begin{array}{l} LBS: \text{Cantidad del componente expresado en libras (lbs)}. \\ \% : \text{Porcentaje del componente con respecto a la muestra.} \end{array} \right.$

$$\% = \frac{\text{Peso del componente lbs}}{\text{Peso total de la muestra}}$$

Promedios: Peso y porcentaje promedio de los componentes individuales dentro de la muestra

$$PROM = \sum_{i=1}^n \text{Peso, porcentaje} \quad \text{donde;}$$

N: Numero de datos.

Procesamiento de las muestras:

Una vez pesadas las bolsas se separaban 30 bolsas por estrato, menos el estrato alto que fueron 21 bolsas ya que los habitantes no quisieron cooperar con el estudio, las cuales se usaron para determinar la producción per cápita utilizando las siguientes formulas:

(Día 2...Día 6): Producción de desechos sólidos diaria de la vivienda expresada en libras (Lbs).

PTS: Producción total semanal expresada en libras (lb).

$$PTS = \sum_{i=2}^n dia \quad (lb) \quad \text{donde;}$$

n: número de días de recolección.

CONV.: Conversión de unidades de libras a kilogramos.

$$PTS = PTS (lbs) * 0.45 \left(\frac{kg}{lbs} \right) \quad (Kg.)$$

PPV: Producción diaria por vivienda expresada en kilogramos (kg.)

$$PPV = \frac{PTS (kg)}{n-1(dia)} \quad (kg/día)$$

PPC: Producción per cápita diaria expresada en kilogramos/persona/día (kg/per/día).

$$PPC = \frac{PPV (kg|dia)}{N^{\circ} de hab / viv (per)} \quad (kg/per/día)$$

PPC (PROM): Producción per cápita promedio diaria expresada en (Kg/per/día)

$$PPC (PROM) = \frac{\sum_{i=1}^n PPC_i}{n} \quad \text{donde;}$$

n: Número de viviendas.

Para conocer los detalles de los valores diarios (Día 2...Día 6) obtenidos por estrato socio- económico de la producción per cápita.

Para obtener la densidad y composición física de los desechos sólidos se seleccionó el 25% de las 30 bolsas de cada estrato (8 bolsas por estrato). Utilizando el siguiente equipo: un barril de 55 galones con un diámetro constante de 57.5 cm, una balanza reloj, máscaras anti gases, guantes, palas, carretillas y formulario.

Para calcular el volumen se vació el contenido de las 8 bolsas dentro del barril metálico, se le daba tres golpes al barril para asentar los desechos y se procedía a medir el diámetro y la altura alcanzada en tres puntos para obtener un promedio de altura dentro del barril, anotándose estos datos en el formulario. Después se vaciaba el contenido del barril en los sacos para tomar el peso total.

La densidad suelta se obtuvo mediante la fórmula siguiente:

$$P_s = \frac{w}{V} = \frac{PT}{V} = \frac{PT}{\pi * \frac{d^2}{4} * h} \quad kg/m^3$$

PT: peso total de la muestra expresado en kg.

V: Volumen de la muestra expresado en m³.

DENS/PROM: Promedio de las densidades expresado en Kg/m³.

$$DENS/PROM = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{n} \quad kg/m^3$$

N: Numero de densidades.

Para conocer los detalles de los valores diarios (Día 2...Día 6) obtenidos para determinar la densidad suelta por estrato socio-económico.

Para conocer la composición de la muestra se depositó el contenido de desechos sólidos en el suelo y se utilizó el método empleado por Duindam-Morales, se mezclaban debidamente y se separaba del montón los siguientes materiales:

- Papel Cartón
- Metal
- Plástico
- Tela

- Vidrio
- Desechos de patio
Hule)

Materia Orgánica
Otros (Cuero, Madera,

Los componentes de cada material se pesaban y se calculaba su porcentaje respecto al peso total de la muestra tomada (8 bolsas) y se anotaban en el formulario.

Para conocer los detalles de los valores diarios (Día 2...Día 6) obtenidos en la clasificación de los desechos por estratos socio-económico.

Para obtener la densidad compacta de los desechos sólidos frescos se recuperó exactamente las mismas muestras usadas en la composición física y la densidad suelta y se colocó en una formaleta de un metro cuadrado de área por medio metro de altura, mezclándose para distribuirse uniformemente en toda el área de la formaleta. Se midió la altura del nivel superior de los desechos al borde inferior de la formaleta en tres puntos distintos para obtener un promedio de la altura de los desechos, luego se compactaba aplicando 25 golpes con un pisón en forma uniforme y se medía nuevamente la altura y se registraba en el formulario. Luego con la diferente de alturas se obtiene el porcentaje de compactación o cuanto vario el volumen de los desechos para determinar dicha densidad.

La densidad compacta, se logró aplicando la formula siguiente:

Porcentaje de reducción: Es el porcentaje de reducción de los desechos sólidos.

$$\% R = \left(\frac{hf}{hi} \right) * 100 \quad \text{donde};$$

hf: Altura antes compactar los desechos sólidos expresados en cm.

hi: Altura después de compactar los desechos sólidos expresado en cm.

Densidad compacta: Densidad compacta de la muestra expresada en kg/m³.

$$p_c = \frac{p_s}{\% R}$$

% R: El porcentaje de reducción entre 100.

Concluida esta actividad se depositaba los desechos en el tráiler y se trasladaba al fondo del basurero para ser desechada. Repitiendo esta fase para cada estrato.

Posteriormente los datos se procesaron en la hoja de cálculo Excel versión 7.0 para obtener los resultados del estudio.

También se realizó el cálculo de desviación estándar, utilizando la siguiente ecuación:

$$Desv. Estandar = \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}} \quad \text{donde;}$$

x: datos obtenidos.

n: Números de datos

5.4 Evaluación del sitio.

En la evaluación del sitio propuesto para el relleno sanitario de Diriamba, se aplicaron los criterios y parámetros establecidos por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), Centro de Ecología Humana y Salud (ECO), Centro Regional de la Organización Panamericana de la Salud (OPSS/OMS)

En el cuadro 22 se presenta la matriz del puntaje asignado de acuerdo con el cumplimiento de las consideraciones sanitarias, urbanísticas y económicas. Es el siguiente:

Excelente (4) Muy Bueno (3) Bueno (2) Regular (1) Malo (0)

Cuadro 17: Evaluación del sitio para el Relleno Sanitario.

Consideración	Valores guías	Valores reales	Cumplimiento de valores	% Cumplimiento y guías	puntaje
Distancia del perímetro urbano	>500 m	5000 m	SI	100	4
Tiempo de traslado del centro urbano al sitio del relleno	<30 min	20 min	SI	100	4
Ubicación con respecto a los vientos	Sotavento	Sotavento	SI	100	4
Protección de los recursos naturales	Condiciones	No hay	NO	0	0

Alejado de fuentes de agua	>150 m	400 m	SI	100	4
Profundidad del manto freático	>10 mts	289 m	SI	100	4
Coefficiente de permeabilidad bajo	10^{-5} y 10^{-7} cm/seg	$1.15 \cdot 10^{-4}$ cm/seg	NO	50	2
Compatibilidad con el desarrollo urbano	SI	SI	SI	100	4
Vida Útil	≥ 10 años	10 años	SI	75	3
Cercanía del material de cobertura	Dentro del área del terreno	SI	SI	100	4
Propiedades del material de cobertura	Areno arcilloso	Arenoso de baja plasticidad	NO	50	2
Pendiente mínima del terreno natural	1%	3%	SI	100	4
Costos y proceso de adquisición del terreno (tenencia)	Terreno Municipal	SI	SI	100	4
Total:					43

Como se observa el puntaje acumulado es de 43 puntos que equivale al 83% del puntaje total, por lo tanto, el sitio seleccionado cumple de la mejor manera los requisitos sanitarios, urbanísticos y económicos que se exige para construir el relleno sanitario.

Una vez seleccionado el sitio para la disposición final de los desechos sólidos se procede a determinar el área requerida para la construcción del relleno sanitario, que es un factor muy importante ya que este cálculo se hace con el fin de valorar si el sitio disponible tiene suficiente área para depositar los desechos sólidos en un periodo determinado como vida útil requerida, obviamente, el área puede variar dependiendo de la profundidad que se estime para el relleno.

No.	Columna	Operación
1	Año (1)	Se escriben los años correspondientes al periodo de diseño. Proyección de población = $P_n = P_0(1 + i)^n$
2	Pob. (hab) (2)	$P_n = Poblacion\ final\ del\ periodo\ de\ diseño.$ $P_0 = Poblacion\ inicial\ del\ periodo\ de\ diseño.$ $i = Tasa\ anual\ de\ crecimiento.$ $n = Numero\ de\ años\ a\ proyectar.$
3	PPC Kg/hab/día (3)	$PPC_n = PPC_0(1 + i_{ppc}).$ $PPC_0 = Produccion\ per\ capita.$ $PPC_n = produccion\ per\ capita\ diara\ para\ el$ año "n", o al final del periodo de diseño. $i_{ppc} = Tasa\ de\ crecimiento\ de\ PPC_n$
4	Diario (kg) (4)	$(4) = (2) * (3)$
5	Anual (Ton) (5)	$(5) = \frac{(4) * 365}{1000\ kg/ton}$
6	Acumul (ton) (6) D.S	Volumen anual acumulado de desechos sólidos.
7	Compactado s diarios (m ³) (7) D.S	$(7) = \frac{(4)}{450\ kg/m^3}$
8	Compactado s Anual m ³ (8)	$(8) = (7)(365)$
9	Estab. Anual m ³ (9)	$(9) = \frac{(5) * 1000}{600\ kg/m^3}$
10	Relleno anual Estab. (10)	$(10) = 1.20 * (9)$ volumen anual de desechos sólidos estabilizados + 20% de material de cobertura.
11	Rellenos acumul. m ³ (11)	Volumen anual acumulado de desechos sólidos estabilizados más material de cobertura.
12	Área relleno m ² (12)	$(12) = \frac{(11)}{H}$ Volumen anual acumulado de desechos sólidos estabilizados más material de cobertura entre profundidad estimada de relleno sanitario.

5.5 Parámetros para la determinación del lixiviado.

Para determinar el lixiviado que se produce en un relleno sanitario hay que hacer un balance hidrológico en el que se involucran los factores ya explicados anteriormente. Para este se tuvo que localizarla estación meteorológica más cercana al sitio.

En el estudio se seleccionó la estación meteorológica que tuviera más cercana al municipio de Diriamba y con características climatológicas similares, en este caso es la estación meteorológica Campos Azules Masatepe. Los parámetros utilizados fueron: Precipitación, temperatura, brillo solar, evaporación, humedad relativa, nubosidad, temperatura y viento.

La estación meteorológica Campos Azules se encuentra ubicada en:

- La cuenca hidrográfica número 69 – 129 (Territorio nacional)
- Latitud $11^{\circ} 53' 59''$
- Longitud $86^{\circ} 08' 59''$
- Elevación sobre el nivel del mar 470 mts
- Tipo agro meteorológico

Los datos sobre estos parámetros los proporciono INITER. Consideraciones del método del balance de agua:

- Se considera que el suelo se encuentra en su estado natural, o sea, con una alta porosidad, esto para hacer más crítica la cantidad de lixiviado generada y así suponer las condiciones más favorables en el diseño de los sistemas de conducción y tratamiento de los lixiviados.

- También que todo el líquido que se filtra en la capa de cobertura y sobre pasa el almacenamiento de humedad en el suelo se convierte en percolado, sin tomar en cuenta el nivel de compactación de los desechos sólidos que podría retener la humedad y así disminuir la cantidad de lixiviado, así como también se desprecia la capacidad de almacenamiento de los desechos sólidos.

En realidad, los factores que condicionan la cantidad de lixiviados en un relleno sanitario son: Las condiciones superficiales del mismo, espesor y tipo de materiales de cobertura, presencia y ausencia de vegetación.

5.6 Calculo del balance de agua y la determinación del lixiviado.

La cuantificación de la evapotranspiración es la clave para el balance de agua. La evapotranspiración es una función de la temperatura, humedad, viento, radiación solar, agua disponible, tipo de vegetación y tasa de crecimiento.

Obviamente, es una función complicada y ha sido el foco de considerable investigación.

El así llamado método de balance de agua (WBM) fue desarrollado en los años 40 y 50 por Thomthwaite y Mather (1957) para cuantificar la evapotranspiración y fue adoptada por Mather y Rodríguez (1978) y Fenn para condiciones de relleno. El método computa la evapotranspiración (ET) desde una ecuación empírica que calcula la ET potencial como una función potencial de la temperatura mensual media del aire. Entonces se asume que ET es igual a la ET potencial multiplicado por el ratio del actual contenido de humedad a la capacidad de contenido de humedad del suelo en el campo, el cual es definido generalmente, como el contenido de humedad cuando empieza el drenaje en el suelo. El exceso de humedad en el suelo es el drenaje/percolación no afectados por la ET. El WBM ha sido desarrollado para obtener estimados mensuales y su uso en periodos muy cortos no está recomendado.

El método empírico envuelve tres pasos:

1. Un índice de calor es obtenido para cada uno de los doce meses del año y sumados para crear un índice anual.
2. La ET potencial diaria es obtenida a partir del índice de calor por el uso de las tablas.
3. La ET potencial está ajustada para meses y días con factores de corrección.

Secuencia de cálculos como parte del procedimiento del método del balance de agua.

Tanto la precipitación y temperatura se obtuvieron directamente de las tablas de los parámetros meteorológicos de las estaciones seleccionadas.

P: Precipitación mensual promedio (plg de agua).

T: Temperatura mensual promedio &F.

En las tablas meteorológicas la temperatura se expresa en 8C" pero para realizar los cálculos se necesita en la T 8F. Para hacer la conversión se utiliza la siguiente formula:

$$T(8F)=[1.8x T(8C)]+32$$

I: Usando la temperatura promedio mensual determina el índice de calor para cada mes. Para meses con T < 32 8F se i=0. Sume los valores de i para obtener I (el índice de calor del año).

UPET: Usando la temperatura mensual y el índice de calor del año se encuentra la evapotranspiración potencial no ajustada.

Utilizando la latitud del sitio se encuentra el factor de corrección mensual para la duración de la luz solar.

PET: Multiplicar el UPET mensual por el r mensual, para obtener la Evapotranspiración Potencial Ajustada para cada mes (plg de agua).

C r/o: Coeficiente de escorrentía apropiado para calcular el escurrimiento en cada mes.

Como podemos observar para un suelo pesado plano promedio y pendiente de 2 – 7 %, se obtiene un rango de coeficiente 0.18 – 0.22 seleccionando el promedio de este obteniendo un valor del coeficiente de escorrentía 0.20.

r/o. Multiplicar la precipitación mensual por el coeficiente de escorrentía para calcular el escurrimiento en cada mes (plg de agua).

I: Sustraer la escorrentía mensual de la precipitación mensual para obtener la infiltración mensual (plg de agua).

I- PET: Sustraer la Evapotranspiración Potencial Ajustada mensual de la infiltración mensual para obtener el agua disponible para almacenamiento (plg de agua)

ACC: Agrega los negativos de I-PET en una base acumulativa para obtener WL la pérdida acumulada de agua. NOTA Empezar la suma con cero pérdidas acumuladas de agua para el último mes que tenga. I-PET>0 (plg de agua)

ST: Determine el almacenamiento mensual de humedad del suelo (plg de agua) como sigue:

- a) Determine el almacenamiento inicial de humedad del suelo para el tipo y profundidad del suelo.
- b) Asignar este valor al último mes que tenga I-PET>0.
- c) Determinar ST para cada mes subsecuente que tenga I-PET<0
- d) Para los meses que tengan I-PET≥0, agregar el valor de I-PET al almacenamiento del mes precedente. No exceder la capacidad del terreno. Si excede este máximo, escribir la capacidad del terreno.

AST: Calcula la variación en la humedad del suelo para cada mes, sustrayendo el ST para cada mes al mes precedente. (plg de agua).

AET: Calcula la Evapotranspiración actual (en plg de agua) como sigue:

- a) Meses lluviosos $I-PET \geq 0$: $AET = PET$
- b) Meses secos $I-PET < 0$: $AET = PET + (I-PET - AST)$

Nota: Para los meses que no tengan I-PET negativos, la cantidad evapotranspirada es la cantidad potencialmente evapotranspirada mas la disponible de la infiltración en exceso que se sumaría al almacenamiento de agua en el suelo más la disponible de la humedad del suelo almacenada previamente.

PERC: Calcula la percolación (plg de agua) como sigue:

- a) Meses secos $I-PET < 0$: $PERC = 0$
- b) Meses lluviosos $I-PET > 0$: $PERC = (I-PET - AST)$

Sumar los valores de percolación en el año, para obtener la producción total anual de lixiviado por unidad de área.

FORMULA: $P = PERC + AET + AST + r/o$

Ecuación de continuidad:

$$S = (PERC + AET + AST + R/O) - P$$
$$S = 0$$

5.7 Estudios Topográficos.

El levantamiento topográfico consistió en lo siguiente:

Medir el terreno que está formado por una poligonal de 5 lado obteniéndose un área de 22,821.73 m² equivalente 3.24 mz y un perímetro de 737.67m.

Se trazaron cuadrículas de 25 x 40 m, con el objetivo de realizar un trazado de curva de nivel a cada 0.5 m. se ubicó un bm de referencia que se indica en los planos del relleno sanitario de Diriamba.

Para llevar acaba el levantamiento plani-altimetrico del terreno se utilizó un equipo de estación total electrónico (GTS). Topcon serie 210 de alta precisión. Tanto la poligonal y el trazo de la curva de nivel se dibujaron en los softward autocad.

Los perfiles de terreno se dibujaron en escalas horizontales 1:100 y vertical en 1:20 para cada uno de los perfiles.



Foto 2: Equipo de topografía (GTS)

5.8 Diseño de las trincheras del relleno sanitario.

Como podemos observar en el cuadro 22 del cálculo de volúmenes de desecho sólidos y áreas requeridas del relleno sanitario se obtiene un volumen total durante el periodo de diseño de 331,757 m³ a una profundidad de 11 m en el relleno, obteniéndose como resultado la longitud efectiva promedio para un año de 70 m y proponiendo un ancho de 35m y se determina un volumen de 26,950 m³ para cada trinchera.

Este volumen se calcula suponiendo que la trinchera era rectangular (35*70*11m) lo cual no es cierto, estos resultados son una base para determinar realmente la dimensión de la trinchera, por lo tanto, se utilizaron las formulas de la figura 6.

Obteniéndose la dimensión de la trinchera que es:

Longitud total = 70 m
Ancho total = 35 m
Talud del fondo y los laterales = ½:1
Talud de entrada = 1 ½:1
Profundidad = 5.5 m
Volumen = 13024 m³

En este relleno sanitario se va a utilizar los dos métodos:

1. Método de trinchera o zanja en los primeros 5 años de operación del relleno.
2. Método de área en el resto del periodo de diseño con una altura de 11 m.

Como se puede ver anteriormente en el cuadro 22 el volumen de la trinchera es 26,950 m³ multiplicado por dos para obtener el volumen de 53,900 m³ y un volumen total de 269,500 m³, que es menor que el anterior (331,757.22 m³), por lo tanto, cumple con el periodo de diseño.

El cálculo de volumen una celda diaria, se utiliza la siguiente ecuación:

$$V_{RSM} = \frac{7 \text{ POB} * \text{PPC} * \text{Cob} * 1.20}{\text{días laborales (5 o 6)}} / 500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Pob = población de diseño (hab)

PPC = producción per cápita (kg/hab/día)

Cob = cobertura de servicio de aseo (%)

Dimensionamiento de la celda diaria se determina:

$$V_{rsm} = \text{altura} * \text{ancho} * \text{largo} \text{ (m}^3\text{)}$$

Despejando de la ecuación anterior el largo se obtiene.

$$\text{Largo} = \frac{V_{RSM}}{\text{altura} * \text{ancho}} \quad (\text{m})$$

Tanto la altura como el ancho son propuestos por el diseñador.

5.9 Diseño de canales abiertos.

1. Se estima los valores de n y c con respecto al material de revestimiento.
2. Se calcula el factor de sección.
3. Se resolvió la ecuación del factor de sección (Y) usando las expresiones para Ay R que se encuentran en la figura 14, proponiendo el talud y la base del fondo del canal para resolver esta ecuación, se utilizó el método de prueba y error.
4. Una vez encontrado el tirante se procedió a calcular el resto de los elementos geométricos como son: A, P, R, T y D con las ecuaciones de las figuras 14.

5. Se verifico que la velocidad estuviera dentro del rango de velocidad mínima y máxima permisible.

6. Se verificó que el número de Froude F fuera mayor que uno.

7. Al no cumplir el paso 5 y 6 se vuelve a iterar proponiendo otra base u otra pendiente, repitiéndose el procedimiento a partir del paso 2.

Criterios de diseños de canales abiertos utilizados en este estudio

1. Periodo de diseño (Pr) 15 años.

2. Coeficiente de Manning 0.025 para un material limo aluvial coloidal según Fortier y Scobey.

3. Velocidad (V) 0.7s velocidad calculada 51.5 según Fortier y Scobey.

4. Taludes (Z) 2.1 para canales pequeños.

5. Borde libre (r) 30% del tirante según Ven Te Show.

6. El número de Froude (F) numero de Froude > 1

7. Pendiente del terreno 2%

Se utilizó la fórmula del método racional, que es la relación lluvia – escurrimiento.

$Q = 0.2778 C I A c$ Donde;

C: Coeficiente de escorrentía.

I: Intensidad de la lluvia mm/h.

A: área de la cuenca de drenaje Km²

Para determinar el coeficiente de escurrimiento en el interior del terreno donde estará el relleno sanitario se recomiendan los valores mostrados.

Se determina el tiempo de concentración con el propósito de calcular la intensidad de la precipitación. Este tiempo es el que transcurre entre el inicio de la lluvia y el establecimiento del gasto de equilibrio y equivalente al tiempo que tarda el agua en pasar del punto más alejado hasta la salida de la cuenca. El tiempo de concentración, depende de la longitud máxima que debe recorrer el agua hasta la salida de la cuenca y de la pendiente de escurrimiento. El tiempo de concentración se calcula mediante la siguiente expresión:

$$T_c = 0.0041 K 0.77$$

$$K = \frac{3.28 L_c}{\sqrt{S_c}} \quad \text{Donde;}$$

T_c: tiempo de concentración min.

L_c: longitud de cause m

S_c: pendiente del cauce m/m

Una vez determinado el tiempo de concentración se procede a calcular la intensidad utilizando las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) de la estación meteorológica de Masatepe (Campos Azules).

La ecuación de ajustes para determinar la intensidad es:

$$I = \frac{A}{(t+d)^b} \quad \text{donde;}$$

t: Tiempo de concentración (min)

A, d y b: Son datos obtenidos de los parámetros de ajustes de la ecuación.

La ecuación de Manning se expresa de la siguiente manera:

$$Q = \frac{1}{n} (AR^{2/3}S^{1/2}) \quad \text{donde;}$$

Q: Caudal de diseño m³/s

n: Coeficiente de rugosidad

A: área de la sección transversal del canal m²

R: Radio hidráulico m

S: Pendiente del fondo del canal m/m

Como los canales se encuentran bajo un régimen permanente, cumplen con la ecuación de continuidad, por lo tanto:

$$V = \frac{Q}{A} \quad \text{donde;}$$

V= Velocidad (m/s)

Sustituyendo el Q= V*A en la ecuación de Manning se obtiene:

$$V = \frac{1}{n} (R^{2/3}S^{1/2})$$

La pendiente del cauce se obtiene con la siguiente expresión:

$$S = \frac{H_{max} - H_{min}}{L_c} \quad \text{donde;}$$

Hmax =cota máxima de la cuenca m.

Hmin =cota mínima de la cuenca m.

Lc =longitud del cauce m.

5.10 Medidas ambientales

En base a la Norma técnica para el control ambiental de rellenos sanitarios publicada en el diario la gaceta en año 2002 (NTON-0501301), se valoraron las medidas de mitigación que se utilizarán para reducir los impactos ambientales negativos del relleno sanitario se han elaborado en dependencia de una serie de factores, entre los cuales destacan: las características del proyecto, tecnología usada, localización, condiciones de operación (tamaño, clima), etc., no obstante, es posible identificar los impactos más frecuentes generado por este tipo de labor y las medidas que normalmente se emplean para su mitigación (Cuadro 16).

5.10.1 Medidas de mitigación fase de construcción

Medidas de mitigación en la etapa de construcción

Actividad impactante	Medida ambiental	Ubicación espacial
<p>Factor Ambiental: Suelo</p> <p>1. Remoción del suelo para construir las fundaciones y zanjeo para instalación de tuberías y cables.</p> <p>2. Pérdida de suelo fértil.</p> <p>3. Desechos sólidos orgánicos y no orgánicos.</p> <p>4. Fugas o derrames de combustibles y/o lubricantes.</p>	<p>Para el desbroce: Las zanjas serán rellenadas con el mismo material de excavación. El material que no pueda utilizarse, se dispondrá en el botadero municipal previa autorización de la Alcaldía Municipal.</p> <p>Para la pérdida de suelo fértil: Disposición de la capa vegetal, para propiciar el establecimiento de las áreas verdes del relleno.</p> <p>Para manejo de desechos sólidos</p> <p>Para los desechos sólidos orgánicos se instalarán contenedores en el área de comedor, recolección de residuos</p> <p>Para fugas o derrames de hidrocarburos: El Contratista no podrá realizar cambios de aceite, ni filtros al parque automotor (camiones, maquinaria pesada etc), dentro del área del proyecto. Tampoco mantendrá combustible almacenado en el área del proyecto. Todos los equipos que participarán en la obra deberán llegar en perfecto estado mecánico. El reabastecimiento de combustible para los camiones será realizado en las gasolineras de la ciudad.</p>	<p>Todo el proyecto</p> <p>Espacios destinados para áreas verdes</p> <p>Área de acopio de desechos de la construcción</p> <p>Área de comedor y champas</p> <p>Área de abastecimiento de combustible.</p>

Actividad impactante	Medida ambiental	Ubicación espacial
	<p>Únicamente se permitirá reabastecer de combustible dentro del área del proyecto al tractor, la motoniveladora, la vibrocompactadora y algún otro equipo que tenga restricciones de desplazamiento. Para el reabastecimiento de los equipos pesados, se utilizará un camión cisterna, que llegará a abastecer los equipos pesados en un sitio pre-establecido en donde permanecerá.</p>	
<p>Factor Ambiental: Agua</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Afectar temporalmente el drenaje pluvial (superficial). 2. Contaminación de las aguas subterráneas por heces fecales. 3. Contaminación de las aguas subterráneas por fugas o derrames de hidrocarburos. 	<p>Para las afectaciones temporales del drenaje pluvial: Las obras serán construidas durante la estación seca.</p> <p>Las instalaciones del relleno se construirán simultáneamente con las obras de drenaje así, las excavaciones, terraplenes y otras obras tendrán asegurado el drenaje y estarán protegidas de la erosión.</p> <p>Una vez finalizadas las obras de drenajes deberán limpiarse de escombros u otras obstrucciones causadas por la actividad constructiva.</p> <p>Para la contaminación por heces fecales El contratista, desde el inicio de las obras implementará un sistema de disposición de excretas para todo el personal, para ello rentará letrinas móviles con empresas especializadas en este servicio, p.e. MAPRECO.</p> <p>Para fugas o derrames de hidrocarburos: Se utilizará el mismo procedimiento para la protección del factor ambiental suelo.</p>	<p>Todo el proyecto</p> <p>Próxima a las champas y área de comedor.</p> <p>Área de abastecimiento de combustible.</p>
<p>Factor Ambiental: Aire</p>	<p>Para las emisiones de partículas: Durante esta etapa las emisiones causadas por las actividades de construcción son numerosas. Para</p>	<p>Área de construcción y toda el área del proyecto en general.</p>

Actividad impactante	Medida ambiental	Ubicación espacial
<p>1. Contaminación atmosférica por material particulado y polvo.</p> <p>2. Generación de ruidos por uso de maquinaria.</p>	<p>mitigar la emisión de polvo y la suspensión de material particulado en general, se regará agua cada cuatro horas en las áreas desprovistas de vegetación y en toda aglomeración de material suelto. Los camiones de volquete que transporten material suelto estarán equipados con cubiertas de lona para evitar la dispersión del polvo y el derrame de materiales durante el transporte.</p> <p>Para las emisiones de ruido: Se exigirá al Contratista que todos los equipos que participarán en la obra estén en buen estado mecánico.</p>	
<p>Factor Ambiental: Flora En el área donde se construirá el relleno</p>	<p>La tierra resultante, será depositada en los sitios destinados para áreas verdes, a fin de reintegrar el material vegetal al suelo. La capa vegetal deberá retirarse y apilarse, de manera que sus depósitos no sean arrastrados por efecto del escurrimiento superficial en la época de lluvia. En la preparación y mantenimiento de los terrenos del proyecto se emplearán herramientas mecánicas o manuales y bajo ninguna circunstancia se utilizarán productos químicos o fuego.</p>	<p>Área verdes del proyecto</p>
<p>Medio Perceptual El medio perceptual se verá afectado por los siguientes impactos:</p> <p>1. Cercado</p> <p>2. Emisiones de ruido y polvo.</p> <p>3. Afectación visual por labores constructivas en general.</p>	<p>Para las emisiones de ruido y partículas: Acatar las medidas correspondientes a los factores agua, aire y suelo.</p> <p>Para las afectaciones visuales: Construcción de valla aislante (con madera y zinc) alrededor del proyecto y sitio de acceso.</p> <p>Acatar las medidas correspondientes a los factores suelo y aire.</p>	<p>Toda el área del proyecto en general.</p>
<p>Medio: Socioeconómico</p>	<p>Para el aumento de tráfico vehicular y evitar el ingreso de personas particulares al proyecto:</p>	<p>Toda el área del proyecto, principalmente en los</p>

Actividad impactante	Medida ambiental	Ubicación espacial
<p>1. Aumento de tráfico vehicular.</p> <p>2. Ingreso de personas y vehículos particulares al proyecto.</p> <p>3. Accidentes y lesiones al personal laboral y particular.</p> <p>4. Acciones vandálicas.</p>	<p>Utilizar señalizaciones para restringir el paso y señales preventivas para evitar accidentes, las señales deberán ser luminosas o reflectivas por las noches, los letreros podrán ser: peligro, zanja abierta, hombres trabajando, circulación restringida, circulación de maquinaria pesada y otras.</p> <p>Para evitar accidentes y lesiones: El contratista deberá proveer del equipo apropiado de protección personal a todos los trabajadores tales como, casco, lentes de protección, mascarillas, guantes de cuero, protectores lumbares, ropa y zapatos de seguridad.</p> <p>Durante la operación de los equipos se deberá equipar a los trabajadores de protectores auditivos cuando estos se expongan a distancia menores de 10 metros con ruidos mayores a 80 decibeles.</p> <p>El relleno de las zanjas destinadas al tendido de la tubería y otras obras subterráneas será realizado inmediatamente después de instalada la tubería, reduciendo así el tiempo de apertura y relleno de zanjas con la finalidad de reducir los riesgos de seguridad y efectos del medio ambiente, como resultado de la posible erosión del suelo.</p> <p>Para evitar acciones vandálicas: Garantizar servicios de vigilancia en el proyecto, principalmente durante las horas de la noche, fines de semana y días festivos no laborables.</p>	<p>accesos, áreas constructivas, almacén de materiales y parqueo de maquinaria.</p>

5.10.2 Medidas de mitigación fase de operación

En el siguiente cuadro, se presentan las medidas de mitigación de la etapa de funcionamiento, para disminuir o evitar el impacto de las principales actividades del proyecto.

Medidas de mitigación en la etapa de operación

Actividades impactantes	Medida ambiental	Ubicación espacial
<p>Factor Ambiental: Agua</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Generación de aguas residuales. 2. Generación de desechos sólidos orgánicos e inorgánicos. 3. Drenaje de aguas pluviales del techo de edificaciones. 	<p>Para el manejo de las aguas residuales Las aguas negras que tendrá como destino la fosa séptica.</p> <p>Para el manejo de los desechos sólidos Serán almacenados en recipientes cerrados con tapas, las cuales deben ser de peso ligero, por su continua manipulación, clasificándolos en inorgánicos y orgánicos, para darles posteriormente su respectivo tratamiento. Para el manejo del drenaje pluvial del techo Las aguas pluviales serán recolectadas a través de canales y serán conducidos a través de bajantes para descargarse a la fosa séptica.</p> <p>El rellano estará protegido por un drenaje perimetral interceptor. En cada celda habrá un canal interno de recolección de lixiviados provisto de un filtro de piedra.</p>	<p>Todo el proyecto</p> <p>Todo el proyecto</p> <p>Caseta de control, taller, oficinas administrativas, bodega de almacenamiento, vestidores, servicios sanitarios.</p>
<p>Factor Ambiental: Suelo</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Operaciones de esparcido, compactación, cobertura, manejo de lixiviados deficientes 2. Generación de desechos sólidos. 	<p>Para los movimientos de tierra: Humedecimiento de la tierra, se regará agua en las áreas desprovistas de vegetación y en toda aglomeración de material suelto.</p> <p>Compactación efectiva del suelo. Disminuir con la colocación de barreras y alamedas de árboles. Para el manejo de los desechos sólidos Los desechos sólidos que se generarán serán recolectados individualmente y secados.</p>	<p>Todo el proyecto</p> <p>Todo el proyecto</p>

Actividades impactantes	Medida ambiental	Ubicación espacial
	<p>Los lodos procedentes del sistema de tratamiento, serán deshidratados en eras de secado, el lixiviado será drenado a la planta de tratamiento y los lodos secos serán utilizados como mejoradores de suelos en las áreas verdes del proyecto o bien serán enterrados en el mismo relleno sanitario. Todo está indicado en el Manual de Operación y Mantenimiento.</p> <p>Para la restauración de la flora: Se reforestará el entorno del relleno sanitario.</p> <p>La superficie del relleno será cubierta con una capa de tierra (material de cobertura) de espesor de 60 cm. sobrepuesta a la cobertura de celdas, con el fin de permitir sembrar vegetación de pequeño tamaño.</p>	<p>Perímetro y superficie del relleno sanitario.</p>
<p>Factor ambiental: Aire</p>	<p>Para las emisiones gaseosas: Para controlar los gases del relleno se establecerá una tubería de remoción de gases perforada con diámetro de 200 mm y será instalada a un intervalo de 40 m. Las tuberías de remoción de gases serán instaladas de forma que se evite la acumulación de gases.</p>	
<p>Medio: Socioeconómico</p> <p>1. Riesgo de contaminación y accidentes del personal por falta de medidas de seguridad y protección</p>	<p>Se instalarán señales en las áreas de acceso, en los caminos exteriores e interiores. Las señales y avisos se ubicarán en cantidad suficiente y de manera que permitan la correcta operación del relleno. Los señalamientos que indiquen la ubicación de los equipos e implementos de seguridad para la atención de contingencias, se colocarán en sitios visibles.</p> <p>Se controlará el acceso mediante la caseta de control, con su aguja y portones para la regulación del ingreso al relleno sanitario.</p>	<p>Vías de acceso y circulación interna del relleno sanitario.</p>

5.10.3 Programa de gestión ambiental

El Programa de Gestión Ambiental está compuesto por conjunto de acciones ambientales organizadas en cada uno de los planes que lo componen: el Plan de contingencias, el Plan de monitoreo y el Plan de supervisión ambiental. Estos planes se ejecutarán en las diferentes etapas del proyecto ante la ocurrencia de cualquiera de las situaciones previstas en la evaluación de impactos ambientales y el análisis de riesgos.

5.10.3.1 Plan de contingencia

El Plan de Contingencia será implementado ante situaciones de emergencia, como una acción que requiere una especial atención por ser imprevista, urgente y peligrosa. Todo el personal que potencialmente esté involucrado en una emergencia en las instalaciones del relleno sanitario será capacitado con el presente plan.

Objetivos y alcances del plan de contingencia

1. Proteger la integridad física de los trabajadores que se encuentre en las instalaciones del relleno sanitario al momento de que se produzca un evento inesperado fuera de control.
2. Reducir las afectaciones al medio ambiente y otros recursos naturales producto de la ocurrencia de este tipo de eventos.
3. Reducir al máximo posible los daños a las instalaciones y equipos que forman parte del relleno sanitario.
4. Establecer medidas que permitan un rápido control de cualquier situación de emergencia que pueda presentarse durante la realización de las actividades.

Organización para la aplicación del Plan de Contingencia

Al momento de la emergencia, se organizarán al menos dos grupos de trabajos, uno de ellos interno y otro externo.

- a) Los trabajadores que participarán en la fase de construcción y en la fase de operación más los habitantes del proyecto serán considerados los actores principales en la ejecución del plan. La eventual participación de personas que se encuentren presentes en las instalaciones del proyecto al momento de presentarse un evento de fuerza mayor tendrá que ser ordenada, nadie podrá actuar, ni ejecutar operaciones sin la autorización de la persona que asumirá la jefatura del plan.
- b) Todo trabajador recientemente contratado como empleado de cualquier componente del Proyecto, tiene que pasar por un período de instrucción donde se le explicará detalladamente el presente Plan de Contingencia y los riesgos que existen tanto en el área de trabajo como aquellos que pueden ser provocados por los mismos trabajadores.

- c) Se hará un ensayo del plan, una vez cada seis meses.
- d) La supervisión ambiental será la encargada de reponer todos aquellos elementos o materiales que sufran deterioro acelerado, que se hayan agotado o que por algún motivo hayan sido removidos del sitio destinado para ellos. Esto incluye para la etapa de construcción material para primeros auxilios, señales, cartelones, vallas para impedir el paso a áreas de peligro, etc.
- e) Es responsabilidad de cada uno de los trabajadores, independientemente de su nivel jerárquico, cumplir y hacer cumplir todas aquellas disposiciones que forman parte de este plan y que tengan que realizarse cotidianamente.

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Caracterización de los desechos sólidos.

En el estudio se pretendía seleccionar 30 viviendas por estrato socio-económico, lo cual no se pudo ya los habitantes del estrato alto no cooperaron con la investigación, en el cuadro 25 se muestra la cantidad de viviendas seleccionadas.

Cuadro 18: Numero de vivienda y habitantes tomado en consideración en el estudio.

Estrato social	Número de viviendas	Número de habitantes
Alto	21	154
Medio	30	186
Bajo	30	233
Total	81	573

En el encuadro 20 se observa la producción per cápita por estrato socio-económico el estrato medio y bajo presentan una similitud en la generación de desechos sólidos con 0.49 kg/per/día y 0.5 kg/per/día respectivamente, presentando estos una marcada diferencia con el estrato alto (0.61 kg/per/día). Esto es debido a que este estrato no utiliza envase plástico y otros, por otra parte, los estratos más bajos tienden a reutilizar diferentes productos dado su bajo nivel de ingresos, no utilizados únicamente lo que no se puede recuperar fácilmente.

Cuadro 19: Calculo de desviación estándar por estrato socio-económico.

Estrato social	Producción per cápita (Kg/per/día)	Desviación estándar (Kg/per/día)
Alto	0.61	0.34
Medio	0.49	0.36
Bajo	0.50	0.49
Promedio	0.53	0.40

Basándose en los resultados obtenidos diariamente del muestro realizado en los tres estratos socio-económicos, se puede afirmar que la generación per cápita de los desechos sólidos de la ciudad de Diriamba es de 0.53 kg/per/día, la cual se a semeja a la norma latinoamericana (0.50 kg/per/día).

La figura 7, muestra la composición física de los desechos sólidos, según el estudio el estudio presenta un alto contenido de materia orgánica, obteniéndose como resultado que el estrato alto presenta la mayor generación de materia

orgánica (68.07%), continuando el estrato bajo (62.60%) y finalizando con el estrato medio (47.41%) con un promedio de 59.36%.

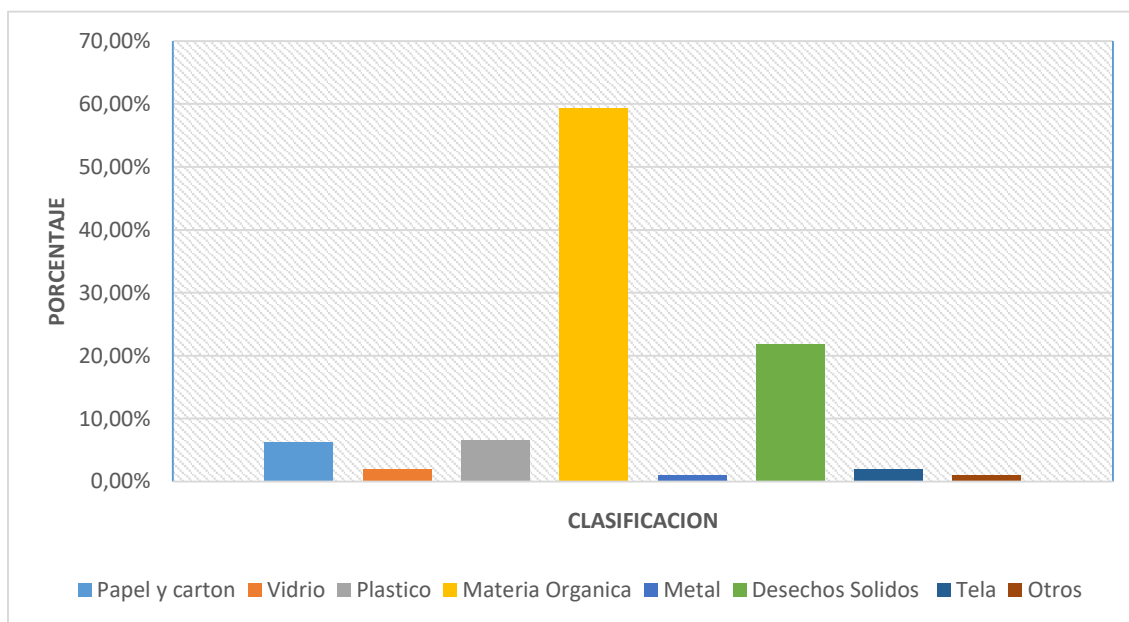


Grafico 1: Clasificación de los desechos sólidos de los tres estratos socio-económicos

Figura 7: Promedio de la clasificación de los desechos sólidos de los tres estratos socio- económicos.

En la figura 8 se muestra la densidad de los desechos sólidos, se obtuvo en el estrato alto un valor de 257.24 Kg/m³, siguiendo el estrato medio 244.74 Kg/m³ y por último el estrato bajo 231.09 kg/m³. se observa que la densidad varía en forma descendente; al bajar de estrato socio-económico baja la densidad esto debido al alto contenido de materia orgánica que produce cada estrato. La densidad suelta promedio es de 244,36 kg/m³ que se asemeja a la densidad suelta en países latinoamericanos con 300 kg/m³ y alta en comparación a densidades en países desarrollados, que se encuentra en el rango de 150 kg/m³.

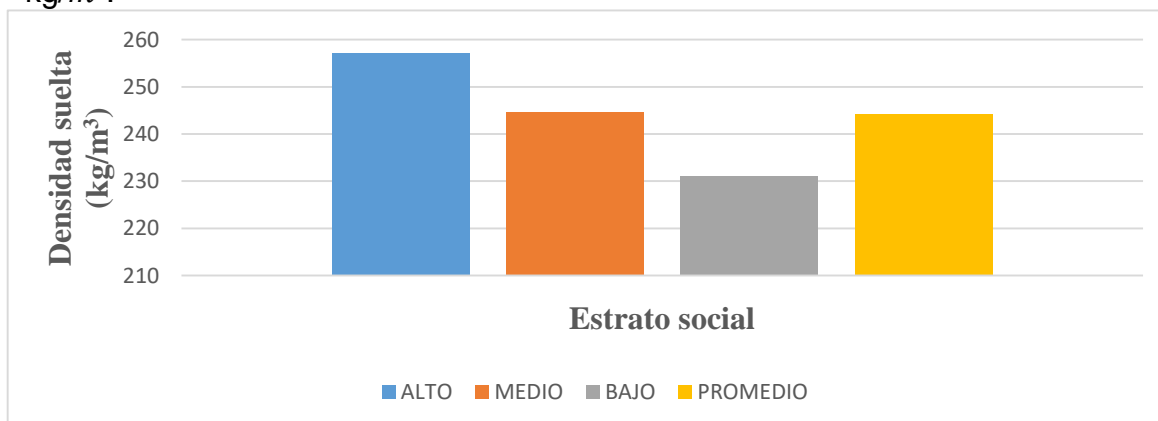


Grafico 2: Estrato Social socio-económico de la densidad suelta

Figura 8: Promedio por estrato socio-económico de la densidad suelta.

En los cuadros 21 y 22 se muestran los resultados de la densidad compacta de los desechos sólidos frescos, con un promedio de 420.38 kg/m³, logrando una adecuada compactación los desechos se reducen por el orden del 60%.

Cuadro 20: Densidad compacta de desechos sólidos promedio de los estratos.

Estrato social	Densidad compactada					
	Kg/m ³					
	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Promedio
Alto	624.69	559.99	309.75	439.73	451.36	477.10
Medio	220.31	641.19	360.04	306.98	506.88	407.08
Bajo	387.43	389.48	339.51	416.08	352.33	376.97
Promedio	410.81	530.22	336.43	387.6	436.86	420.38

Cuadro 21: Promedio de los estratos socio-económicos del porcentaje de reducción de los desechos sólidos

Estrato social	Porcentaje de reducción (%R)					
	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Promedio
	Alto	43.75	47.51	71.16	59.93	58.25
Medio	57.66	49.31	73.87	70.37	58.89	62.02
Bajo	56.87	64.43	59.25	67.86	56.96	61.07
Promedio	52.76	53.75	68.09	66.05	58.03	59.74

6.2 Cálculo del volumen de desechos y área requerida.

El cuadro 22, presenta los resultados del área requerida (4.3Mz), si solo fuera por el método de trinchera, no sería lo suficiente el terreno disponible (3.24 Mz) para depositar los desechos en un periodo de 10 años enterrando todo lo producido en la ciudad, por eso se propone el método del área.

Cuadro 22: Calculo de volúmenes de desecho sólidos y área requerida del relleno sanitario.

Año	Pob.	PPC	Cantidad de desechos solidos			Volumen de desechos solidos			Relleno		Area de relleno	Area total	Area total acum.	Long. Efect.	Volumen de la trinchera (35*70*11)	Volumen Mensual	Periodo de una trinchera	
						Compactados		Estab	Anual	Acum								
			Hab.	kg/hab/dia	Diario	Anual	Acum	Diario	Anual	Anual								Anual
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
2017	0	64.647,000	0,53	34262,91	12.505,96	12.505,96	76,14	27.791,03	20.843,27	25.011,92	25.011,92	2.273,81	2.955,95	2.955,95	64,97	26.950,00	2.084,33	12,93
2018	1	66.360,146	0,535	35502,68	12.958,48	25.464,44	78,89	28.796,62	21.597,46	25.916,95	50.928,88	2.356,09	3.062,91	6.018,87	67,32	26.950,00	2.159,75	12,48
2019	2	68.118,689	0,541	36852,21	13.451,06	38.915,50	81,89	29.891,24	22.418,43	26.902,11	77.830,99	2.445,65	3.179,34	9.198,21	69,88	26.950,00	2.241,84	12,02
2020	3	69.923,835	0,546	38178,41	13.935,12	52.850,62	84,84	30.966,94	23.225,20	27.870,24	105.701,24	2.533,66	3.293,76	12.491,96	72,39	26.950,00	2.322,52	11,60
2021	4	71.776,816	0,552	39620,80	14.461,59	67.312,21	88,05	32.136,87	24.102,65	28.923,19	134.624,42	2.629,38	3.418,19	15.910,16	75,13	26.950,00	2.410,27	11,18
2022	5	73.678,902	0,557	41039,15	14.979,29	82.291,50	91,20	33.287,31	24.965,48	29.958,58	164.583,00	2.723,51	3.540,56	19.450,72	77,81	26.950,00	2.496,55	10,79
2023	6	75.631,393	0,563	42580,47	15.541,87	97.833,37	94,62	34.537,50	25.903,12	31.083,75	195.666,75	2.825,80	3.673,53	23.124,25	80,74	26.950,00	2.590,31	10,40
2024	7	77.635,625	0,568	44097,03	16.095,42	113.928,79	97,99	35.767,59	26.825,70	32.190,84	227.857,58	2.926,44	3.804,37	26.928,62	83,61	26.950,00	2.682,57	10,05
2025	8	79.692,969	0,574	45743,76	16.696,47	130.625,26	101,65	37.103,28	27.827,46	33.392,95	261.250,53	3.035,72	3.946,44	30.875,06	86,73	26.950,00	2.782,75	9,68
2026	9	81.804,832	0,58	47446,80	17.318,08	147.943,35	105,44	38.484,63	28.863,47	34.636,17	295.886,69	3.148,74	4.093,37	34.968,43	89,96	26.950,00	2.886,35	9,34
2027	10	83.972,660	0,585	49124,01	17.930,26	165.873,61	109,16	39.845,03	29.883,77	35.860,52	331.747,22	3.260,05	4.238,06	39.206,49	93,14	26.950,00	2.988,38	9,02
										331.757,22		manzana		4,3	70	184800		

6.3 Estimación de la cantidad de lixiviados.

En el cuadro 23 se presenta el balance hídrico, tomando en cuenta todos los parámetros necesarios, obteniéndose una película de percolado de 0.154 m, la cual se considera pequeña, y no provocaría contaminación de las aguas subterráneas, pero también se debe tomar en cuenta los sistemas preventivos (impermeabilización). Jacotin, E. (2002). Comunicación personal. Managua, Nicaragua.

Cuadro 22: Balance hídrico (PERC).

Siglas (Unid.)	Mensual												Anual Media	Resultados
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic		
P (mm)	22,7	3,9	8,7	20	186,1	215,4	154,7	150,7	324,6	281,1	96,4	21,8	1486,1	
T (°C)	27,2	28,3	29,9	31,2	30,3	28,5	27,6	28,4	28,2	27,8	27,3	26,9	341,6	
T (°F)	80,9	82,9	85,8	88,16	86,54	83,3	81,68	83,12	82,76	82,04	81,1	80,4	998,88	
i	12,9	13,7	14,9	15,99	15,3	13,94	13,28	13,86	13,71	13,43	13,0	12,7	167,13	
UPET (plg)	0,18	0,19	0,19	0,1	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18	0,18	2,24	
r	29,7	27,3	30,9	31,17	32,7	32,07	32,97	30,1	3,6	30,8	29,1	27,4	366,85	
PET (plg)	5,35	5,19	5,87	6,23	6,21	6,09	5,93	6,1	5,81	5,54	5,24	4,94	68,51	
P (cm)	2,27	0,39	0,87	2	18,61	21,54	15,47	15,07	32,46	28,11	9,64	2,18	148,61	
P (plg)	0,89	0,15	0,34	0,79	7,33	8,48	6,09	5,93	12,78	11,07	3,8	0,86	58,51	
C r/o	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	2,4	
R/O (plg)	0,18	0,03	0,07	0,16	1,47	1,7	1,22	1,19	2,56	2,21	0,76	0,17	11,7	
R/O (mm)	4,54	0,78	1,74	4	37,22	43,08	30,94	30,14	64,92	56,22	19,2	4,36	297,22	
l (plg)	0,71	0,12	0,27	0,63	5,86	6,78	4,87	4,75	10,22	8,85		0,69	46,81	

I (mm)	18,1	3,12	6,96	16	148,8	172,3	123,7	120,5	259,6	224,8	77,1	17,4	1188,8	
I - PET (plg)	6	-4,63	-5,06	-5,6	-5,6	-0,35	0,69	-1,06	-1,35	4,41	3,31	-2,2	-4,25	-21,71
ACCWL (plg)	-3,74	-8,8	-14,4	-	20,01	-20,36		-0,4	-1,75			-1,62	-5,87	-76,95

Cuadro 23: Balance hídrico (PERC)(Continuación)

Siglas (Unid.)	Mensual												Anual Media	Resultados
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic		
ST (plg)	1,01	1,06	0,89	0,81	0,82	0,691	0,87	0,84	4,41	3,31	1,04	1,13	16,88	
AST(plg)	1,01	0,05	-0,17	-0,08	0,01	-0,129	0,179	-0,03	3,57	-1,1	-2,27	0,09	1,13	
AST(mm)	25,6	1,27	-4,32	-2,03	0,25	-3,28	4,55	-0,76	90,67	-27,94	-57,65	2,29	28,7	
AET(plg)	-0,3	0,07	0,44	0,71	5,85	6,09	4,69	4,78	5,81	5,54	5,31	0,6	39,61	Determinación
AET(plg)	-0,3	0,07	0,44	0,71	5,85	6,09	4,69	4,78	5,81	5,54	5,31	0,6	39,61	Evapotranspiración
AET(mm)	-7,49	1,85	11,28	18,03	148,63	154,77	119,21	121,32	147,68	140,82	134,77	15,15	1006,01	actual
PERC(plg)	0	0	0	0	0	0,82	0	0	0,84	4,41	0	0	6,7	percolación
PERC (mm)	0	0	0	0	0	20,83	0	0	21,34	112	0	0	154,17	percolación
P ver (plg)	0,89	0,15	0,34	0,79	7,33	8,48	6,09	5,93	12,78	11,07	3,8	0,86	58,51	Entrada comprobada
P ver (mm)	22,7	3,9	8,7	20	186,1	215,4	154,7	150,7	324,6	281,1	96,4	21,8	1486,1	Entrada comprobada
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Comprobación de la ecuación de equilibrio = 0
PERC (m)	0	0	0	0	0	0,02	0	0	0,02	0,11	0	0	0,54	Tributaria percolación

PERC:
Percolado

En el cuadro 25 muestra los caudales de lixiviados para un periodo de 10 años equivalente 115.91 m³/día. Según información de la Alcaldía, se tiene planeado adquirir un terreno aledaño al existente, entonces la producción de lixiviados se estima para 20 años, por el orden de 347.39 m³/día, lo que significa, que aumenta 199.71% de los líquidos producidos.

Cuadro 24: Determinación de caudales de diseño de plantas de tratamiento de los lixiviados producidos en el tiempo.

Años	Película percolada promedio anual	Áreas Tributaria	Volumen percolado anual	Caudal diario de diseño	Caudal de diseño 1ra y 2da etapa construct.
	m	m ²	m ³	m ³ /día	m ³ /día
2018	0.15	2010.39	309.94	1.55	
2019	0.15	4094.69	631.27	3.16	
2020	0.15	6255.62	964.42	4.82	
2021	0.15	8495.99	1309.81	6.55	
2022	0.15	10818.73	1667.91	8.34	
2023	0.15	13226.87	2039.17	10.20	
2024	0.15	15723.55	2424.07	12.12	
2025	0.15	18312.01	2823.13	14.12	
2026	0.15	20995.64	3236.86	16.18	
2027	0.15	23777.93	3665.81	18.33	
2028	0.15	26662.51	4110.52	20.55	115.91
2029	0.15	29653.15	4571.58	22.86	
2030	0.15	32753.74	5049.59	25.25	
2031	0.15	35968.31	5545.18	27.73	
2032	0.15	39301.08	6058.98	30.29	
2033	0.15	42756.37	6591.68	32.96	
2034	0.15	46338.69	7143.96	35.72	
2035	0.15	50052.72	7716.55	38.58	
2036	0.15	53903.30	8310.19	41.55	
2037	0.15	57895.44	8925.65	44.63	
2038	0.15	62034.36	9563.74	47.82	
Promedio:					231.650

4.4 Estudio topográfico.

Cuadro 25: Levantamiento plani-altimétrico.

Puntos	X m	Y m	Elevacion m	Puntos	X m	Y m	Elevacion m
1	100,000	100,000	100,000	41	226,590	-8,036	98,005
2	151,341	-28,069	97,545	42	218,675	-8,268	98,301
3	139,842	-6,790	97,857	43	204,029	-14,685	97,238
4	128,339	14,655	97,800	44	202,085	-20,882	96,009
5	117,869	34,555	98,284	45	1777,665	-27,642	95,760
6	106,683	55,733	99,010	46	1777,500	-25,710	96,521
7	95,006	78,659	99,570	47	160,879	-33,640	95,380
8	83,358	99,525	99,708	48	160,081	-31,655	96,396
9	71,475	121,425	99,813	49	209,348	-16,280	97,116
10	64,142	135,510	100,170	50	111,927	276,421	100,205
11	52,401	157,575	100,843	51	121,941	256,382	106,108
12	41,011	179,199	101,542	52	133,815	232,622	102,721
13	28,148	203,946	100,808	53	145,660	208,920	101,659
14	22,572	2014,997	98,214	54	157,644	184,940	100,546
15	62,139	226,755	102,000	55	161,854	176,514	100,192
16	72,232	203,380	102,264	56	174,253	151,704	100,000
17	82,681	179,493	101,695	57	185,010	128,778	99,900
18	95,780	155,304	103,676	58	197,556	105,073	99,323
19	100,143	146,773	10,492	59	208,028	84,117	99,108
20	109,302	123,856	100,328	60	218,772	62,617	99,000
21	119,689	100,818	100,287	61	231,085	37,980	98,358
22	129,846	77,373	99,503	62	243,243	13,650	97,694
23	140,748	52,399	98,745	63	246,220	5,692	97,797

Puntos	X m	Y m	Elevacion m	Puntos	X m	Y m	Elevacion m
24	150,560	29,976	98,308	64	5048,587	2,957	97,060
25	161,066	6,795	98,158	65	129,080	-39,307	97,398
26	172,253	-22,643	97,464	66	117,998	-18,329	97,505
27	89,041	264,984	100,455	67	106,632	3,188	97,569
28	98,669	244,752	106,393	68	96,129	23,071	98,050
29	110,865	221,153	102,924	69	84,942	44,249	98,721
30	122,687	197,440	101,909	70	72,926	66,995	99,413
31	135,906	174,077	100,846	71	61,767	88,120	99,500
32	139,867	165,526	100,392	72	50,130	110,150	99,550
33	152,283	140,725	100,331	73	42,713	124,190	100,000
34	163,820	117,839	100,030	74	31,039	146,291	100,689
35	175,697	94,149	99,603	75	19,623	167,901	101,288
36	185,997	73,107	89,338	76	6,597	192,562	100,560
37	196,832	51,653	99,,126	77	0,816	203,505	98,000
38	109,232	27,059	98,618	78	54,568	239,059	99,335
39	221,477	2,773	97,852	79	20,101	219,971	96,154
40	224,540	-5,642	97,902	80	50,859	242,676	97,121
				81	85,797	268,923	98,321

4.4.1 Diseño de canales pluviales.

En los cuadros siguientes se muestran los resultados del diseño de los canales.

Cs-1: Canal secundario 1

Cs-2: Canal secundario 2

Cp-1: Canal principal 1

Qsn-1: Caudal de salida indicado en el plano

Qsn-2: Caudal de salida indicado en el plano

Cs-3: Canal secundario 3

Cs-4: Canal secundario 4

Cp-2: Canal principal 2

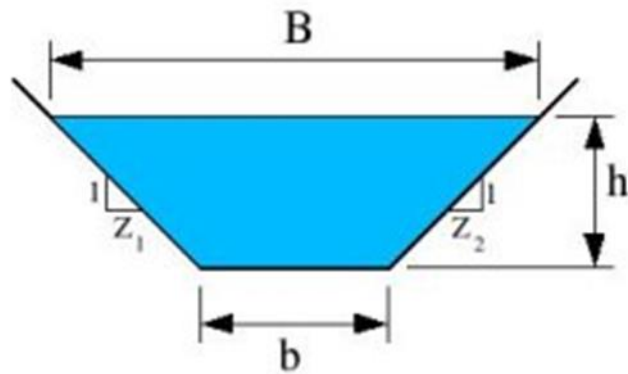


Figura 9: Nomenclatura y la sección transversal de un canal.

Cuadro 26: Determinación del caudal de diseño.

Canales	Lc m	A m ²	Hmax. m	Hmin. m	Sc m/m	K	Tc min	Pr años	l mm/hora	C	Q m ³ /s
Cs-1	76.0	2925.0	102.50	100.00	0.0329	1374.435	1.069	15	143.604	0.20	0.0233
Cs-2	78.0	2850.0	102.00	99.50	0.0321	1429.044	1.102	15	143.218	0.20	0.0227
Cs-3	84.0	2925.0	99.750	98.50	0.0149	2250.592	1.568	15	137.911	0.20	0.0224
Cs-4	80.0	2850.0	100.00	98.00	0.0250	1659.563	1.236	15	141.644	0.20	0.0224
Cs-5	89.0	5390.0	105.00	101.5	0.0393	1472.058	1.127	15	142.917	0.20	0.0428
Qsn-1	53.0	1833.0	99.000	97.50	0.0283	1033.337	0.859	15	046.158	0.20	0.0149
Qsn-2	59.0	1739.0	98.500	97.00	0.0254	1213.686	0.972	15	144.776	0.20	0.0140
Colector	78.0	15908.0	98.000	95.50	0.0321	1429.044	1.102	15	143.218	0.20	0.1266

Cuadro 27: Determinación de las secciones geométricas de los canales.

Canales	A m ²	Q m ³ /s	Z m/m	n	S m/m	b m	Y m	P m	R m	T m	D m	r m	V m/s	# F
Cs-1	0.0294	0.0233	2.0	0.025	0.002	0.2	0.0812	0.5630	0.0522	0.5246	0.0560	0.0243	0.7936	1.070
Cs-2	0.0289	0.0227	2.0	0.025	0.002	0.2	0.0803	0.5589	0.0518	0.5210	0.0555	0.0241	0.7837	1.062
Cs-3	0.0299	0.0224	2.0	0.025	0.002	0.2	0.0821	0.5670	0.0527	0.5282	0.0566	0.0246	0.7501	1.007
Cs-4	0.0290	0.0224	2.0	0.025	0.002	0.2	0.0805	0.5598	0.0519	0.5218	0.0556	0.0241	0.7723	1.045
Cs-5	0.0461	0.0428	2.0	0.025	0.002	0.2	0.1099	0.6915	0.0667	0.6396	0.0721	0.0330	0.9277	1.103
Cp-1	0.0614	0.0606	2.0	0.025	0.002	0.3	0.1156	0.8170	0.0752	0.7624	0.0805	0.0347	0.9874	1.111
Cp-2	0.0599	0.0591	2.0	0.025	0.002	0.3	0.1136	0.8080	0.0741	0.7544	0.0794	0.0341	0.9867	1.118
Colector	0.0851	0.1197	2.0	0.025	0.002	0.4	0.1192	0.9778	0.0870	0.9168	0.0928	0.0388	0.4077	1.475

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES.

La producción per cápita de los desechos sólidos de Diriamba es baja, tiene una similitud a los estudios realizados por tesis de la UNAN.

En la composición física de los desechos sólidos predomina la materia orgánica con respecto a los otros elementos, excepto el plástico, el papel y cartón disminuyendo respectivamente.

La materia orgánica presente en los desechos la conforman en su mayoría cascaras de verdura y frutas, restos de comida.

De los tres estratos socio-económicos, el que genera mayor cantidad de desechos sólidos es el estrato alto y también su densidad suelta es superior a los demás.

El nivel freático en el municipio de Diriamba se encuentra a una profundidad de 289 m, lo que significa que las aguas subterráneas no están directamente expuestas a la contaminación por los lixiviados.

El diseño del relleno sanitario es para un periodo de 10 años depositando toda la cantidad de desechos generados en el casco urbano de dicha ciudad.

Los canales pluviales diseñados poseen una sección geométrica pequeña. El terreno seleccionado por el relleno sanitario es adecuado según los criterios ya establecidos.

La topografía del terreno permite utilizar el método de trinchera y área.

7.2 RECOMENDACIONES.

Se recomienda combinar otro tipo de tratamiento con los desechos sólidos, tal como el compostaje y el reciclaje, ante de la disposición final en el relleno sanitario, con el fin de darle aprovechamiento a los desechos.

Se recomienda realizar campaña educativa para promover la separación y reutilización de los desechos sólidos, orgánicos e inorgánicos.

Realizar una campaña de sensibilización a la población respecto al peligro que representan los desechos sólidos.

Efectuar un control médico en el personal de campo (recolectores, operarios del relleno) cada 6 meses.

Se recomienda no ser muy exigente con el material de cobertura, debido a que no presenta un grado de compactación típica como norma, sin embargo, se debe hacer lo posible para mantener el grado de compactación.

Se recomienda la impermeabilización de las paredes a una altura de 2 metros y el fondo de la trinchera con una capa de arcilla de 30 cm y suelo cemento con una proporción de 1:6, debida compactada, para evitar la contaminación de las aguas subterráneas por los lixiviados.

Se recomienda la construcción de los canales pluviales los cuales deben ser revestido con grama para evitar la erosión y los posibles excesos de infiltración de las lluvias en el relleno sanitario.

Se recomienda que se cumplan con los diseños plasmados en los planos constructivos los requisitos planteados en la operación del relleno sanitario, para evitar que el relleno se convierta en un botadero a cielo abierto y en una simple excavación donde se abandonan los desechos sólidos. Esto para evitar la contaminación del medio ambiente y poner en riesgo la salud de la población.

Ya que Nicaragua no posee normas propias acerca de datos de producción per cápita, densidad y composición física de los desechos sólidos, se aconseja realizar estudios similares en el resto de municipio del país para establecer normas que se adapten a nuestras condiciones, para implementar métodos que mejoren el manejo de los desechos sólidos y darle una adecuada disposición final u otro tipo de tratamiento.

8. BIBLIOGRAFÍA

ARGUELLO, M. 1994. Evaluación y adaptación de la tecnología de compostificación para el tratamiento de los desechos sólidos orgánicos de la ciudad de Masaya. Tesis M. Sc. Nicaragua, UNI.

BALLADARES, M. Agosto 1998. Rellenos sanitarios y tratamiento de residuos líquidos de mataderos municipales. Instituto nicaragüense de fomento municipal (INIFOM). Nicaragua.

CALLAZOS, H. Abril, 2001. Diseño y operación de un relleno sanitario asociación colombiana de ingeniería sanitaria y ambiental (ACODAL).

CHOW, H.; PINEDA J. 1997. Caracterización y manejo de los desechos sólidos de la ciudad de Jinotepe. Nicaragua. Monografía, UNI.

JARAMILLO, J 1988. Relleno sanitario manual, guía para el diseño, construcción y operación. Medellín, Colombia. Gobernación de Antioquia, departamento administrativo de planeación, dirección de asesoría municipal y urbana.

Documento. NORMAS PARA REGULAR LA DESCARGA DE VERTIDOS LIQUIDOS DOMESTICOS E INDUSTRIALES A LAS REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO. (PROPUESTA).

Tesis. CARACTERIZACION FISICOQUIMICA DEL EFLUENTE DE LA INDUSTRIA CARBONATADA ENSA. Abdul R. Hernández H. Managua, Nicaragua, septiembre de 1993. INAA. Managua, Nicaragua, marzo de 1995.

Haan Enno R. GUIA DE PLOMERIA DOMESTICA. Editorial UTEHA. México, 1980.

Hilleboe Herman, MANUAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS. Departamento de Sanidad del Estado de New York. Editorial Limusa. México, 1990.

Fair, Geyer y Okun. ABASTECIMIENTO DE AGUA Y REMOCION DE AGUAS RESIDUALES. Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales. Editorial Limusa. México, 1990

Fair, Geyer y Okun. PURIFICACION DE AGUAS Y TRATAMIENTO Y REMOCION DE AGUAS RESIDUALES. TOMO II. Editorial Limusa. México, 1979.

Metcalf - Eddy. TRATAMIENTO Y DEPURACION DE LAS AGUAS RESIDUALES. Editorial labor, S.A. España, 1981.

NTON-05 0130-01 NORMA TÉCNICA PARA EL CONTROL AMBIENTAL DE LOS RELLENOS SANITARIOS PARA DESECHOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS. Diario de la Gaceta N° 73. Nicaragua 2002.

9. ANEXOS

Anexo 1. Producción per cápita de los desechos sólidos por barrio.

Francisco Chávez.

Casa Nº	Estrato social	Nº de Hab.	Producción de desechos / vivienda				
			DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6
			lb	lb	lb	lb	lb
1	B	7	10,5	6,25	7,9	11	5,9
2	B	15	-----	6,6	4,25	7,3	8,5
3	M	18	8,8	5,5	2,5	4,5	4,1
4	B	3	28	2,5	4,22	3,7	
5	B	4	3,8	1,1	2,75	16,75	1,5
6	M	6	6,3	13	3	8,3	16
7	B	11	9,05	-----	7,15	8,75	12,2
8	B	6	3,5	2	3,9	4,75	5,75
9	B	8	19,5	20,55	8,95	19,75	9,7
10	B	6	6,4	8,5	12,75	18	30
11	B	7	16,75	14,75	5	10	16,5
12	M	7	8	17,2	9,45	14,4	10,1
13	B	9	6,4	11,6	5,75	8,8	3
14	M	7	20,25	10,55	19,75	34,9	35,5
15	M	3	1,25	2	3,25	-----	2,25
16	M	4	-----	-----	-----	-----	-----
17	B	4	10,5	1,75	2,65	1	
18	M	6	2,8	2,1	1,5	4,1	1
19	B	15	9,35	9,5		2,45	6,2
20	M	8	10,25	3	7,65	8,25	4,8
21	B	8	0,75	5,25	5,55		4,25
22	M	8	15	14,9	14	6,25	20,2
23	B	12	10,5	5,2	9,7	18,4	8,2
24	B	5	2,25	4,5	1,75	5,95	2,75
25	M	7	4,5	5,75	7	2,7	1,3

Anexo 1. Producción per cápita de los desechos sólidos por barrio.

Francisco Chávez. (Continuación)

Casa Nº	Estrato social	Nº de Hab.	Producción de desechos / vivienda				
			DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6
			lb	lb	lb	lb	lb
26	B	9	0,75	2,25	3,5	2,3	3,45
27	B	16	2,5	7,6	3,8	4,3	7,5
28	B	6	3,75	4,45	10,2	9,25	2
29	B	5	15	8,5	12	8,4	6,25
30	B	12	1,85	4,05	4,3	2,65	3,6
31	M	5	1	2,3	2,3	6,75	2,15
32	M	5	11,35	1,9	19,8	1475	5,8
33	B	7	2,7	17	7,85	3,45	-----
34	B	2	8,65	16,1	12,9	14,4	7,1
35	B	6	3	4,75	7,75	2,5	3,55
36	B	13	-----	2,13	0,95	4,15	2,25
37	B	7	6,8	2,8	3,76	3,75	7
38	M	4	3,25	5,55	3	4,3	4,7
39	B	7	13,9	12,45	12,5	15,25	7,75
40	B	6	6,8	4,2	3,145	5	17,6

Anexo 1. Producción per cápita de los desechos sólidos por barrio.

Silvio González Mena.

Casa Nº	Estrato social	Nº de Hab.	Producción de desechos / vivienda				
			DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6
			lb	lb	lb	lb	lb
1	M	7	2,5	5	4,5	2,2	2,65
2	B	4	2,7	3,2	1,8	3,5	0,6
3	M	1	-----	-----	-----	-----	-----
4	M	9	10,3	6,7	10,55	3,5	4
5	BB	9	3,25	7,95	9	5	8,5
6	M	5	0,25	1,3	2,45	4,2	0,4
7	A	5	13,5	4,45	1,3	7,8	0,7
8	A	4	6,55	3,3	7,05	2,65	5
9	A	4	10,8	14,95	8,3	6,9	2,8
10	M	4	7	3,55	2,65	12,45	8,2
11	M	6	4,4	2,3	2,55	5	3
12	A	9	3,55	0,5	2,1	4,5	8
13	M	4	9,85	13,6	9,7	8,75	8,75
14	M	6	4,8	6,2	150,5	19,55	24,25
15	M	5	9,6	8,75	10,85	11,5	9,5
16	M	6		19,05	6,25	19,75	9

**Anexo 1. Producción per cápita de los desechos sólidos por barrio.
Silvio González Mena. (Continuación).**

Casa Nº	Estrato social	Nº de Hab.	Producción de desechos / vivienda				
			DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	DÍA 5	DÍA 6
			lb	lb	lb	lb	lb
17	M	7	1,75	1,3	0,95	5,45	4,25
18	M	3	2,55	3,75	7,25	2,75	4,65
19	B	5	12,5	2,45	2,3	10,3	6,25
20	M	4	1,75	2,75	2,7	0,25	2,35
21	A	6	4,85	5,1	10,8	8	4,6
22	M	10	3,5	11,5	11,7	7,55	13
23	A	6	8,5	-----	14,65	10,1	8,3
24	M	3	-----	-----	-----	-----	-----
25	A	4	11,75	1,2	2,25	1,5	2,6
26	A	5	6,85	7	10,3	4,5	10,3
27	A	3	13,15	-----	6,45	21,5	4
28	A	6	5,3	5,25	-----	6,1	5,5
29	A	7	8,25	6,25	13,05	18,4	20
30	M	4	5,2	24,95		12,3	9,75
31	M	2	1,5	0,25	0,15	1,75	0,5
32	A	3	0,7	11,75	3,75	1,25	3,9
33	B	6	9	7,55	15	12,3	9,25
34	M	2	0,8	0,75	1,3	1,45	1,31
35	M	5	0,65	1,45	2,1	1,95	1,25
36	M	8	4	4,75	2,75	2,7	1
37	M	6	0,18	4,5	0,32	5,5	1,25
38	M	5	3,5	6,2	6,1	5,65	2,25
39	M	5	4,05	7,95	8,2	14,8	6,25
40	A	6	2,85	0,6	3,92	4,4	2,65

Anexo 1. Producción per cápita de los desechos sólidos por barrio.

Zona Central. (Continuación).

Casa Nº	Estrato social	Nº de Hab.	Producción de desechos / vivienda				
			DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6
			Lb	lb	lb	lb	lb
1	A	3	0,25	3,75	2,2	43	1,55
2	A	5	-----	17	4,5	8,3	4,5
3	A	4	4,55	210	3,8	9,25	4
4	A	7	1,7	0,6	4,5	3,35	3
5	A	8	11,82	6,5	8,75	8,5	7,7
6	A	2	1,2	2,8	3,1	5,35	0,5
7	A	3	3,18	9,1	8	12	3,2
8	A	3	6,5	7	1,85	11,25	10
9	A	5	-----	-----	-----	-----	-----
10	A	6	6,55	6,5	7,2	7,45	8,45
11	A	6	4,6	6,5	4,95	9	4,75
12	A	10	7,35	9,1	5,6	7,8	3,34
13	A	3	8,76	4,25	14,5	1,2	16,25
14	A	9	12,4	9,9	5,8	10,5	9,45
15	A	12	6,6	3	-----	-----	6
16	A	3	-----	5	4,5	5,45	-----
17	M	5	5,3	0,75	1,5	8	2
18	M	1	-----	1,75	0,8	0,5	-----
19	A	2	0,25	0,2	0,5	0,1	0,15
20	A	4	6,85	2,6	5,3	-----	-----
21	A	7	9,8	11,82	10	13,35	12,5

Anexo 2. Componentes de los desechos sólidos por estrato socio económico.

Estrato social: A

Altura del barril cm	Diámetro interior del barril 57.5 cm				
	35,17	31,83	36,83	38,17	38,83
	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6
Clasificación	lb	lb	lb	lb	lb
Papel y cartón	3,05	2,75	3,7	6	3,6
Plástico	4,8	5,16	3,95	2	5,12
Metal	0,22	0,45	0,3	0,25	0,5
Tela	0,55	0	0,25	0	0,75
Vidrio	1,75	1	0,7	0	0
Materia orgánica	42,4	34,45	25,1	40	41,79
Desechos de patio	2,7	5	12,8	9,6	6,45
Otros	0	0,06	0,05	0	0,7
Total	55,47	48,87	46,85	58,05	58,91

Estrato social: M

Diámetro interior del barril 57.5 cm					
Altura del barril cm	35,17	31,83	36,83	38,17	38,83
Clasificación	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6
	lb	lb	lb	lb	lb
Papel y cartón	4,6	2,85	2,75	4,2	2,25
Plástico	3,8	3	1,8	1,85	3,2
Metal	0,1	0,25	0,5	0,2	0,65
Tela	0,75	2,55	1,5	0,95	0,12
Vidrio	2	0,75	1,5	1,7	0,8
Materia orgánica	16	20,75	16,5	13,75	16,12
Desechos de patio	1,5	23,9	13,05	10,6	4,12
Otros	0,2	1	0	0,2	0
Total	28,95	55,05	37,6	33,45	27,26

Estrato social: B

Diámetro interior del barril 57.5 cm					
Altura del barril cm	35,17	31,83	36,83	38,17	38,83
Clasificación	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6
	lb	lb	lb	lb	lb
Papel y cartón	0,55	1,5	1,8	0,5	0,75
Plástico	1,55	1,9	4,75	1,7	1,65
Metal	0,3	0,8	1,95	0,15	0,6
Tela	2,75	2,26	1,25	0,7	0,3
Vidrio	0,9	0	0,4	0	0
Materia orgánica	44,9	38,55	27,96	45,7	29,75
Desechos de patio	9	15,24	14,2	18,75	19,25
Otros	1,3	2,25	0,9	1,75	0
Total	61,25	62,5	53,21	69,25	52,3

Anexo 3. Densidad compacta de los desechos sólidos por estrato socio-económico.

Estrato social: A

Días	Altura (cm)	Puntos		
		1	2	3
Día 2	hi	6	8	3
	hf	3	2,5	1,5
Día 3	hi	10	15,55	11
	hf	5	8	4,5
Día 4	hi	7	14	9
	hf	4	11	7
Día 5	hi	11	9	11
	hf	6	8	4
Día 6	hi	12	14	10
	hf	7	10	4,5

Estrato social: M

Días	Altura (cm)	Puntos		
		1	2	3
Día 2	hi	6,5	9,5	8,5
	hf	4	5	5
Día 3	hi	9	15	16
	hf	6	7,5	5
Día 4	hi	7	13	9
	hf	6	9	6
Día 5	hi	6	9	9
	hf	4	8	5
Día 6	hi	3	5	1
	hf	2	3	0,5

Estrato social: B

Días	Altura (cm)	Puntos		
		1	2	3
Día 2	hi	11,5	15,5	10,5
	hf	7,5	6	7
Día 3	hi	14	21	17
	hf	10	12	11
Día 4	hi	14	19	18
	hf	9	11	10
Día 5	hi	14	16	16
	hf	11	12	8
Día 6	hi	10	16	7
	hf	7	7	4

Anexo 4. Producción per cápita de los desechos sólidos por estrato socio-económico.

Estrato social: A

Nº	Estrato social	Nº de Hab.	Producción de desechos /viviendas								
			DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	P.TS	CONV	P.P.V	P.P.C
			lb	lb	lb	lb	lb	lb	lb	lb-kg	kg
1	A	3	0,25	3,75	2,2	4,3	1,55	12,05	5,42	1,08	0,36
2	A	4	4,55	2,1	3,8	9,25	4	23,7	10,67	2,13	0,53
3	A	7	1,7	0,6	4,5	3,35	3	13,15	5,92	1,18	0,17
4	A	8	11,82	6,5	8,75	8,5	7,7	43,27	19,47	3,89	0,49
5	A	2	1,2	2,8	3,1	5,35	0,5	12,95	5,83	1,17	0,58
6	A	3	3,18	9,1	8	12	3,2	35,48	15,97	3,19	1,06
7	A	3	6,5	7	1,85	11,25	10	36,6	16,47	3,29	1,1
8	A	6	6,55	6,5	7,2	7,45	8,45	36,15	16,27	3,25	0,54
9	A	6	4,6	6,5	4,95	9	4,75	29,8	13,41	2,68	0,45
10	A	10	7,35	9,1	5,6	7,8	3,4	33,25	14,96	2,99	0,3
11	A	3	8,76	4,25	14,5	1,2	16,25	44,96	20,23	4,05	1,35
12	A	9	12,4	9,9	5,8	10,5	9,45	48,05	21,62	4,32	0,48
13	A	12	6,6	3			6	15,6	7,02	1,4	0,12
14	A	3		5	4,5	5,45		14,95	6,73	1,35	0,45
15	A	2	0,25	0,2	0,5	0,1	0,15	1,2	0,54	0,11	0,05
16	A	4	6,85	2,6	5,3			14,75	6,64	1,33	0,33
17	A	7	9,8	11,82	10	13,35	12,5	57,47	25,86	5,17	0,74
18	A	4	6,55	3,3	7,5	2,65	5	25	11,25	2,25	0,56
19	A	4	10,8	14,95	8,3	6,9	2,8	43,75	19,69	3,94	0,98
20	A	4	7	3,55	2,65	12,45	8,2	33,85	15,23	3,05	0,76
21	A	4	9,85	13,6	9,7	8,75	8,75	50,65	22,79	4,56	1,14
22	A	6	4,85	5,1	10,8	8	4,6	33,35	15,01	3	0,5

23	A	6	8,5		14,65	10,1	8,3	41,55	18,7	3,74	0,62
24	A	4	11,75	1,2	2,25	1,5	2,6	19,3	8,69	1,74	0,43
25	A	5	6,85	7	10,3	4,5	10,3	38,95	17,53	3,51	0,7
26	A	3	13,15		6,45	21,5	4	45,1	20,3	4,06	1,35
27	A	6	5,3	5,25		6,1	5,5	22,1	9,97	1,99	0,33
28	A	7	8,25	6,25	13,05	18,4	20	65,95	29,68	5,94	0,85
29	A	3	0,7	11,75	3,75	1,25	3,9	21,35	9,61	1,92	0,64
30	A	6	2,85	0,6	3,95	4,4	2,65	14,45	6,5	1,3	0,22

N° de habitantes = 154

P.P.C(prom)(kg/per/dia)= 0,61

Estrato social: M

Producción de desechos /viviendas

N°	Estrato social	N° de Hab.	Producción de desechos /viviendas									
			DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	P.TS	CONV	P.P.V	P.P.C	
			lb	lb	lb	lb	lb	lb	lb	lb-kg	kg	kg/per/día
1	M	7	2,5	5	4,5	2,2	2,65	16,85	7,58	1,52	0,22	
2	M	4	2,7	3,2	1,8	3,5	0,6	11,8	5,31	1,06	0,27	
3	M	9	10,3	6,7	10,55	3,5	4	35,05	15,77	3,15	0,35	
4	M	5	13,5	4,45	1,3	7,8	0,7	27,75	12,49	2,5	0,5	
5	M	6	4,4	2,3	2,55	5	3	17,25	7,76	1,55	0,26	
6	M	9	3,55	0,5	2,1	4,5	8	18,65	8,39	1,68	0,19	
7	M	6	4,8	6,2	15,05	19,55	24,25	69,85	31,43	6,29	1,05	
8	M	5	9,6	8,75	10,85	11,5	9,5	50,2	22,59	4,52	0,9	
9	M	7	1,75	1,3	0,45	5,45	4,25	13,2	5,94	1,19	0,17	
10	M	3	2,55	3,75	7,25	2,75	4,65	20,95	9,43	1,89	0,63	
11	M	4	1,75	2,75	2,7	0,25	2,35	9,8	4,41	0,88	0,22	
12	M	10	3,5	11,5	11,7	7,55	13	47,25	21,26	4,25	0,43	
13	M	4	5,2	24,95		12,3	9,75	52,2	23,49	4,7	1,17	
14	M	2	1,5	0,25	0,15	1,75	0,5	4,15	1,87	0,37	0,19	

15	M	2	0,8	0,75	1,3	1,45	1,31	5,61	2,52	0,5	0,25
16	M	5	0,65	1,45	2,1	1,95	1,25	7,4	3,33	0,67	0,13
17	M	8	4	4,75	2,75	2,7	1	15,2	6,84	1,37	0,17
18	M	6	0,18	4,5	0,32	5,5	1,25	11,75	5,29	1,06	0,18
19	M	5	3,5	6,2	8,1	6,1	2,25	26,15	11,77	2,35	0,47
20	M	5	4,05	7,95	8,2	14,8	6,25	41,25	18,56	3,71	0,74
21	M	18	8,8	5,5	2,5	4,5	4,1	25,4	11,43	2,29	0,13
22	M	6	6,3	13	3	8,3	16	46,6	20,97	4,19	0,7
23	M	7	8	17,2	9,45	14,4	10,1	59,15	26,62	5,32	0,76
24	M	7	20,25	10,55	19,75	39,9	35,5	120,95	54,43	10,89	1,56
25	M	6	2,8	2,1	1,5	4,1	1	11,5	5,18	1,04	0,17
26	M	8	10,25	3	7,65	8,25	4,8	33,95	15,28	3,06	0,38
27	M	8	15	14,9	14	6,25	20,2	70,35	31,66	6,33	0,79
28	M	5	1	2,3	2,3	6,75	2,15	14,5	6,53	1,31	0,26
29	M	5	11,35	1,9	19,8	14,75	5,8	53,6	24,12	4,82	0,96
30	M	4	3,25	5,55	3	4,3	4,7	20,8	9,36	1,87	0,47

N° de habitantes = 186

P.P.C(prom)(kg/per/dia)= 0,49

Estrato social: B

Producción de desechos /viviendas

N°	Estrato social	N° de Hab.	Producción de desechos /viviendas								
			DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	P.TS	CONV	P.P.V	P.P.C
			lb	lb	lb	lb	lb	lb	lb-kg	kg	kg/per/día
1	B	7	10,5	6,25	7,9	11	5,9	41,55	18,7	3,74	0,53
2	B	15		6,6	4,25	7,3	8,5	26,65	11,99	2,4	0,16
3	B	4	3,8	1,1	2,75	16,75	1,5	25,9	11,66	2,33	0,58
4	B	6	3,5	2	3,9	4,72	5,75	19,9	8,96	1,79	0,3
5	B	8	19,5	20,55	8,95	19,75	9,7	78,45	35,3	7,06	0,88
6	B	6	6,4	8,5	12,75	18	30	75,65	34,04	6,81	1,13

7	B	7	16,75	14,75	5	10	16,5	63	28,35	5,67	0,81	
8	B	9	6,4	11,66	5,75	8,8	3	35,55	16	3,2	0,36	
9	B	4	10,5	1,75	2,65	1		15,9	7,16	1,43	0,36	
10	B	6	2,8	2,1	1,5	4,1	1	11,5	5,18	1,04	0,17	
11	B	15	9,35	9,5		2,45	6,2	27,5	12,38	2,48	0,17	
12	B	12	10,5	5,2	9,7	18,4	8,2	52	23,4	4,68	0,39	
13	B	5	2,25	4,5	1,75	5,95	2,75	17,2	7,74	1,55	0,31	
14	B	9	0,75	2,25	3,5	2,3	3,45	12,25	5,51	1,1	0,12	
15	B	16	2,5	7,6	3,8	4,3	7,5	25,7	11,57	2,31	0,14	
16	B	6	3,75	4,45	10,2	9,25	2	29,65	13,34	2,67	0,44	
17	B	5	15	8,5	12	8,4	2,25	46,15	20,77	4,15	0,83	
18	B	12	1,85	4,05	4,3	2,65	3,6	16,45	7,4	1,48	0,12	
19	B	2	8,65	16,1	12,9	14,4	7,1	59,15	26,62	5,32	2,66	
20	B	6	3	4,75	7,75	2,5	3,55	21,55	9,7	1,94	0,32	
21	B	13		2,13	0,95	4,15	2,25	9,48	4,27	0,85	0,07	
22	B	7	6,8	2,8	3,76	3,75	7	24,11	10,85	2,17	0,31	
23	B	7	13,9	12,45	12,5	15,25	7,75	61,85	27,83	5,57	0,8	
24	B	6	6,8	4,2	3,15	5	17,6	36,75	16,54	3,31	0,55	
25	B	4	2,7	3,2	1,8	4,5	0,6	12,8	5,76	1,15	0,29	
26	B	9	3,25	7,95	9	5	8,5	33,7	15,17	3,03	0,34	
27	B	5	0,25	1,3	2,45	4,2	0,4	8,6	3,87	0,77	0,15	
28	B	5	12,5	2,45	2,3	10,3	6,25	33,8	15,21	3,04	0,61	
29	B	11	9,05		7,15	8,75	12,2	37,15	16,72	3,34	0,3	
30	B	6	9	7,55	15	12,3	9,25	53,1	23,9	4,78	0,8	
N° de habitantes =		233							P.P.C(prom)(kg/per/dia)=		0,5	

Anexo 5. Densidad suelta de los desechos sólidos por estratos socio-económicos.

Estrato social: A

Diametro interior del barril = 57.5 cm.				
Días	Altura del barril	Peso Total	Peso Total	Densidad
	cm	Lb	kg	Kg/m³
Día 2	35.17	55.47	24.96	273.3
Día 3	31.93	48.87	21.99	266.05
Día 4	36.83	46.85	21.08	220.42
Día 5	38.17	88.05	26.12	263.53
Día 6	38.83	58.91	26.51	262.92
Densidad promedio:				257.24

Estrato social: M

Diametro interior del barril = 57.5 cm.				
Días	Altura del barril	Peso Total	Peso Total	Densidad
	cm	Lb	kg	Kg/m³
Día 2	39.50	28.95	13.09	127.03
Día 3	30.17	55.05	24.77	316.17
Día 4	34.50	37.60	16.92	265.95
Día 5	26.83	33.45	15.05	216.02
Día 6	15.83	27.26	12.27	298.50
Densidad promedio:				244.74

Estrato social: B

Diametro interior del barril = 57.5 cm.				
Días	Altura del barril	Peso Total	Peso Total	Densidad
	cm	Lb	kg	Kg/m³
Día 2	48.17	61.25	27.56	220.33
Día 3	43.17	62.50	28.13	250.94
Día 4	45.83	53.21	23.94	201.16
Día 5	42.50	69.25	31.16	282.35
Día 6	45.17	52.30	23.54	200.69
Densidad promedio:				231.09

Anexo 6. PRESUPUESTO.

Anexo 7. CRONOGRAMA DE EJECUCION.

Anexo 8. Planos Constructivos Del Relleno Sanitario.