



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO, RECOLECCIÓN,
TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL
MUNICIPIO DE SAN JUAN ERMITA, CHIQUIMULA**

EDWIN ADALBERTO LEMUS PAZOS

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, abril de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO, RECOLECCIÓN,
TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL
MUNICIPIO DE SAN JUAN ERMITA, CHIQUIMULA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

EDWIN ADALBERTO LEMUS PAZOS

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ABRIL DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

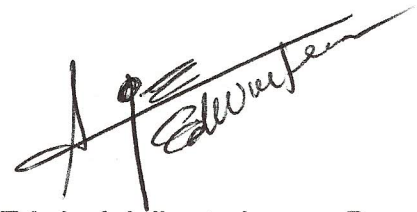
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Gordillo García
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR	Ing. Luis Gregorio Alfaro Veliz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO, RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN ERMITA, CHIQUIMULA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,
el día 6 de septiembre de 2004.



Edwin Adalberto Lemus Pazos





Guatemala, 14 de febrero de 2012
Ref.EPS.DOC.324.02.12

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.


Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Edwin Adalberto Lemus Pazos** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **9012664**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO, RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN ERMITA, CHIQUIMULA”**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
MAAO/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,
15 de febrero de 2012

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO, RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN ERMITA, CHIQUIMULA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Edwin Adalberto Lemus Pazos, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.



Guatemala, 27 de febrero de 2012

Ref.EPS.D.202.02.12

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente


Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO, RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN ERMITA, CHIQUIMULA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Edwin Adalberto Lemus Pazos**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

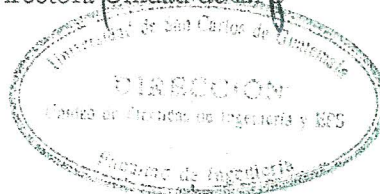
Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecena de Serrano
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano, al trabajo de graduación del estudiante Edwin Adalberto Lemus Pazos, titulado DISEÑO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO, RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN ERMITA, CHIQUIMULA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
Director de Escuela Ingeniería Civil



Guatemala, abril de 2012
/bbdeb.

Más de 130^{Años} de Trabajo Académico y Mejora Continua





DTG. 165.2011

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO, RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN ERMITA, CHIQUIMULA**, presentado por el estudiante universitario **Edwin Adalberto Lemuz Pazos**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 19 de abril de 2012

/gdech



AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por haber tenido en su voluntad el que haya podido cumplir con esta meta.
- Mis padres** Fidel Enrique Ayala Ruiz y Alba Azucena Pazos de Ayala por brindarme todo su amor, apoyo y comprensión.
- Mi esposa** Karla Noemí Castillo Gálvez de Lemus por todo su amor y apoyo.
- Mis hijos** Dulce María y Ángel Emanuel Lemus Castillo por ser el motor de mi vida.
- Mis hermanos** Mirna Lisette Lemus Pazos, Fidel Augusto y Rosa María Ayala Pazos, por el apoyo incondicional.
- Mi familia** A todos en general, en especial a Carlos Curtidor, Sixto Peña (q.e.p.d.), Ángela Pazos viuda de Peña, por haberme apoyado en el momento en el que más lo necesitaba.
- Mi asesor** Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga.

Mis amigos

Víctor Manuel Bay, Horacio de León, Augusto Galindo, Joel Marroquín, Nelson Grajeda, Ludwin Ramírez (q.e.p.d.), por compartir esos momentos importantes a lo largo de nuestras vidas, la amistad y el apoyo que me han brindado.

A los señores

César González y Dalila de González, por haberme abierto las puertas de su hogar.

A la Municipalidad de San Juan Ermita, Chiquimula y a toda la gente de este municipio por la calidez y amistad que me brindaron durante mi EPS.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. MONOGRAFÍA DEL LUGAR.....	1
1.1. Antecedentes históricos.....	1
1.2. Ubicación geográfica, extensión territorial	2
1.3. Clima	3
1.4. Topografía	4
1.5. Suelo	4
1.6. Vías de comunicación.....	5
1.7. Idioma.....	5
1.8. Demografía.....	5
1.8.1. Datos de la población.....	5
1.8.2. Educación	6
1.8.3. Salud.....	6
1.8.4. Condición económica.....	6
1.8.4.1. Sector agropecuario.....	6
1.8.4.2. Otras actividades económicas	7
1.8.5. Organización comunitaria.....	7
1.9. Investigación diagnóstica del problema de los residuos sólidos en el municipio.....	8

1.9.1.	Aspectos generales.....	8
1.9.2.	Manejo de residuos sólidos.....	8
1.9.3.	Recolección y transporte.....	9
1.9.4.	Disposición final	9
2.	CONCEPTOS BÁSICO DE DESECHOS SÓLIDOS.....	11
2.1.	Los desechos sólidos	11
2.2.	Clasificación de los desechos sólidos	11
2.2.1.	Por su composición	12
2.2.1.1.	Orgánicos	12
2.2.1.2.	Inorgánicos	12
2.3.	Manejo integral de los desechos sólidos	12
2.4.	Tratamiento de los desechos sólidos	13
3.	ASPECTOS A CONSIDERAR EN EL MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS	15
3.1.	Reglamento para el manejo integral de los desechos sólidos municipales	15
3.2.	Impacto ambiental	17
3.2.1.	Contaminación del agua	17
3.2.2.	Contaminación del suelo.....	18
3.2.3.	Contaminación del aire	19
3.3.	Transmisión de enfermedades a través de la basura.....	19
3.4.	Como evitar enfermedades peligrosas	21
3.5.	Cultura ambiental	22
3.5.1.	Educación Sanitaria	23
3.5.2.	Campaña de educación ambiental.....	25

4.	PLANIFICACIÓN Y DISEÑO	29
4.1.	Almacenamiento de los residuos sólidos	29
4.1.1.	Origen de los desechos sólidos	29
4.1.2.	Almacenamiento de desechos sólidos en viviendas	29
4.1.3.	Almacenamiento de desechos sólidos en sitios públicos.....	30
4.1.4.	Almacenamiento de desechos sólidos en clínicas médicas.....	30
4.2.	Recolección y transporte de los desechos sólidos.....	30
4.2.1.	Residuos a recoger	30
4.2.1.1.	Residuos domésticos y comerciales	31
4.2.1.2.	Residuos institucionales.....	32
4.2.1.3.	Residuos de los servicios municipales	32
4.2.2.	Empresa de recolección.....	32
4.2.3.	Puntos de recolección	33
4.2.4.	Frecuencia de recolección	33
4.2.5.	Horario de recolección	33
4.2.6.	Recurso humano.....	33
4.2.7.	Equipo.....	34
4.2.8.	Diseño de ruta.....	34
4.2.9.	Control de carga.....	34
4.2.10.	Control de tiempo.....	35
4.2.11.	Rendimiento	35
4.2.12.	Seguridad de trabajo	35
4.2.13.	Información al pública	36
4.2.14.	Tarifa.....	37
4.2.15.	Costos.....	39
4.3.	Disposición final.....	41
4.3.1.	Método de incineración	41

4.3.2.	Método de reciclaje.....	42
4.3.2.1.	Reciclaje de residuos orgánicos.	43
4.3.2.1.1.	Compostificación	43
4.3.2.1.2.	Lombricultura.....	44
4.3.2.2.	Reciclaje de residuos inorgánicos.....	45
4.3.2.2.1.	Papel	45
4.3.2.2.2.	Vidrio	47
4.3.2.2.3.	Plásticos	50
4.3.2.2.4.	Metales.....	52
4.3.3.	Método del relleno sanitario.....	54
4.3.3.1.	Tecnología a utilizar	57
4.3.3.2.	Capacidad necesaria para el relleno.....	61
4.3.3.3.	Selección del lugar.....	64
4.3.3.4.	Forma topográfica y seguridad en el suelo	68
4.3.3.5.	Construcción del fondo del relleno.....	71
4.3.3.6.	Aguas lixiviadas	72
4.3.3.7.	Emisiones atmosféricas	74
4.3.3.8.	Operación	77
4.3.4.	Análisis de costos	83
5.	RIESGO Y VULNERABILIDAD.....	93
5.1.	Estudio de evaluación de impacto ambiental.....	93
5.1.1.	Descripción del proceso.....	93
5.1.1.1.	Fase de construcción.....	93
5.1.1.2.	Fase de operación	94
5.1.1.3.	Fase de abandono.....	94
5.1.2.	Control ambiental.....	95
5.1.2.1.	Residuos y/o contaminantes que serán generados.....	95

5.1.2.2.	Emisiones a la atmósfera	95
5.1.2.3.	Descarga de aguas residuales	95
5.1.2.4.	Desechos sólidos	96
5.1.2.5.	Ruidos	96
5.1.2.6.	Contaminación visual	96
5.1.3.	Plan de mitigación	96
5.1.3.1.	Identificación de impactos y medidas de mitigación	96
5.1.3.2.	Impactos positivos	97
5.1.3.3.	Impactos negativos	98
5.1.3.4.	Medidas de mitigación.....	98
5.1.4.	Programa de monitoreo ambiental	100
5.1.5.	Programa de contingencia y prevención de accidentes	102
5.1.6.	Plan de manejo y disposición final de desechos en las diferentes fases de desarrollo	102
CONCLUSIONES		105
RECOMENDACIONES		109
BIBLIOGRAFÍA		113
APÉNDICE.....		117

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Localización del municipio de San Juan Ermita en el departamento de Chiquimula, Guatemala.....	3
2. Vertedero a cielo abierto en municipio de Camotán.....	10
3. Incineración parcial de los desechos sólidos.....	10
4. Camión recolector de basura clasificada.....	31
5. Reciclaje del papel.....	47
6. Reciclaje del vidrio.....	50
7. Tipos de plástico y su reciclaje.....	51
8. Reciclaje del aluminio.....	54
9. Colocación manual y compactación de la basura.....	58
10. Transitar de vehículos sobre una celda determinada.....	60
11. Colocación de planchas para estabilizar el pasaje del vehículo.....	61
12. Ubicación del relleno sanitario municipio de San Juan Ermita.....	68
13. Relleno sanitario construido en terrazas.....	70
14. Utensilios de albañilería.....	82
15. Compactador manual.....	83

TABLAS

I. Serie de suelos.....	4
II. Cálculo de tarifa.....	39
III. Comparación del relleno sanitario manual con el mecanizado.....	57
IV. Cálculo del volumen de relleno sanitario.....	64

V. Cálculo de la ETP mensual mediante la fórmula de Thornthwaite	73
VI. Cálculo de excedente	74
VII. Gases en el relleno sanitario	75
VIII. Personal de un relleno sanitario	78
IX. Vehículos.....	79
X. Presupuesto preliminar de construcción del relleno sanitario.....	85

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
ETP	Evapotranspiración potencial
ETR	Evapotranspiración real
°C	Grados Celsius
gr/ hab/día	Gramos por habitante cada día
Ha	Hectáreas
i	Intensidad solar
kg	Kilogramos
kg/ m³	Kilogramos por cada metro cúbico
kg/(persona*día)	Kilogramos por persona por día
km	Kilómetros
lb/m³	Libras por cada metro cúbico
m	Metros
m²	Metros cuadrados
m³	Metros cúbicos
m/s	Metros por cada segundo
mm	Milímetros
PEHD	Polietileno de alta densidad
PP	Producción de desechos sólidos pueblo
PPC	Producción per cápita anual
PV	Producción por vivienda anual
ton	Tonelada

ton/ m³

Tonelada por cada metro cúbico

V

Volumen acumulado de desechos sólidos

GLOSARIO

Ambiente	Es el conjunto de condiciones en que se encuentran los organismos durante su ciclo vital.
Compost	Humus obtenido artificialmente por la descomposición bioquímica en caliente de los residuos orgánicos.
Desechos sólidos	Basta y heterogénea gama de objetos que el hombre utiliza en sus actividades y que, una vez cumplida su actividad, se desechan.
Disposición final	Lugar o procedimiento del destino definitivo del desecho sólido.
Enfermedad	Es toda alteración de la salud corporal, mental o social del individuo.
Factible	En términos de ingeniería civil define que un proyecto llena los requerimientos mínimos para ser realizado.
Fermentación	Degradación de sustancias orgánicas por la acción de enzimas microbianas, acompañada frecuentemente con desprendimientos gaseosos.

Gas de relleno	El gas que se produce en un relleno sanitario (o botadero) como producto de la degradación biológica de los desechos orgánicos.
Humus	Capa superficial del suelo, constituida por la descomposición natural de materiales animales y vegetales.
Lixiviados	Fluido que resulta de la humidificación de los desechos sólidos, ya sea por humedad propia de las basuras o por producto de la lluvia sobre ésta y los desechos durante el proceso de descomposición de los materiales depositados en un relleno sanitario.
Patógenos	Microorganismos que originan y desarrollan enfermedades.
Proyecto	Es el conjunto de actividades interdependientes orientadas a un fin específico, con una duración predeterminada.
Salud	No es solamente la ausencia de enfermedad, sino, el estado de completo bienestar físico, mental y social.
Saneamiento	Es el control de todo factor que pueda ejercer una acción destructiva sobre el crecimiento, salud y supervivencia de los seres, en el ambiente.

Vector

Se considera a cualquier agente capaz de transmitir enfermedades, causando por ende alteraciones a la salud por ejemplo moscas y ratas.

RESUMEN

La función principal de un correcto manejo de las basuras, consiste en organizar un servicio capaz de asegurar una limpieza pública, un almacenamiento, recolección, transporte y disposición final, en las mejores condiciones, eficacia y economía, de manera que estos residuos no constituyan peligro para el hombre y el medio ambiente.

Deben practicarse buenas técnicas en el almacenamiento de las basuras, lo que facilita la recolección. El almacenamiento es una responsabilidad individual.

De preferencia es conveniente hacer paquetes de basura, envueltas en fundas plásticas o de papel y luego depositar en el recipiente que siempre se mantendrá tapado, para evitar que insectos, ratones e incluso los animales domésticos desperdigen las basuras.

La disposición final es el proceso por el cual vehículos recolectores, depositan en un sitio adecuado y seguro, las basuras que se han recogido durante la jornada de trabajo.

El método de relleno sanitario es la solución a muchos de estos problemas y consiste en disponer las basuras en un sitio adecuado y cubrirlas luego con una capa de tierra periódicamente.

Se puede aprovechar las pequeñas quebradas secas o cualquier desnivel del terreno que presta facilidades. Se debe anotar que en muchos casos, los rellenos sanitarios luego de algún tiempo de operación, son utilizados para construcción de campos de recreación, jardines, etc., inclusive bien compactados, resisten la edificación de construcciones livianas.

OBJETIVOS

General

Plantear una alternativa para solucionar y mejorar el servicio de recolección y manejo de los desechos sólidos.

Específicos

1. Contribuir a la calidad de vida y la racionalización de los esfuerzos para solucionar los problemas de la contaminación que generan todos los basureros clandestinos que actualmente existen.
2. Implementar un proceso de reciclado y compostaje de la basura urbana, para contribuir una mejor salubridad y limpieza de la cabecera municipal.
3. Reducir el volumen de desechos sólidos que se generan el municipio, y así dar una mejor panorámica del municipio.

INTRODUCCIÓN

En la medida en que se ejecute este proyecto se darán cuenta que la realización de un ejercicio profesional supervisado, no solo consiste en el proyecto de graduación de un estudiante, sino también en un beneficio técnico dirigido a la sociedad.

Se establecerán y atenderán las diferentes necesidades de las comunidades del Municipio de San Juan Ermita en los aspectos de diseño, planificación y supervisión de proyectos.

Se colaborará con la participación y formación de grupos dirigidos hacia el desarrollo de las comunidades.

Se realizarán en la medida de lo posible todas las actividades relacionadas a la labor que ejecuta la municipalidad.

El proyecto “Diseño del sistema de almacenamiento, recolección, transporte y disposición final de los desechos sólidos del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula”, será desarrollado con el fin de proporcionar una solución técnica actual y futura al problema que en este momento afronta esta comunidad.

1. MONOGRAFÍA DEL LUGAR

1.1. Antecedentes históricos

El nombre de San Juan Ermita es de origen español. Una vez que fundaban una comunidad, los españoles le ponían el nombre del patrón; en este caso San Juan Bautista. Respecto a Ermita, lo más probable es que antes de ser construida la iglesia actual, el pueblo contaba con una pequeña ermita de donde se originó su nombre. No se tiene conocimiento alguno de la fecha exacta en que fue fundada, pero lo que sí se sabe es que se trata de un pueblo antiguo creado en la época colonial. San Juan Ermita fue un asentamiento de colonizadores españoles.

La majestuosa iglesia católica que se encuentra en el centro de la población es de tipo colonial. En su interior se pueden apreciar imágenes antiguas, especialmente la de San Juan Bautista, patrono de la comunidad. El camarín o altar mayor es de estilo arquitectónico barroco, único en todo el oriente del país, con una campana en la torre del templo que tiene cincelado en su borde la leyenda en latín San Juan Bautista, 1729.

Algunos de los terrenos cercanos a la población cuentan con pilas coloniales (actualmente en desuso), donde se cree que procesaban el añil, (planta tintorera utilizada en aquel tiempo para colorear sus vestimentas). Esta información fue obtenida por el señor Jacinto Jordán (q.e.p.d.) en 1992, quien tenía en ese entonces 110 años, y quien proporcionó la información a su nieto Milton Alirio Chigua, actualmente párroco de la Iglesia Católica de Chiquimula.

Los apellidos de la mayoría de los pobladores sanjuaneros son de origen español.

Al llevar a cabo su visita pastoral entre 1768 y 1770, el Arzobispo Doctor don Pedro Cortés y Larraz llegó a la parroquia de Jocotán procedente de la de Quezaltepeque. En la tesorería de la municipalidad se encuentra un documento de 1743, firmado por el famoso historiador Juan Gabarrete cuyo título es: “Testimonio de los ejidos (repartición de tierras) de San Juan Ermita”.

De la de Quezaltepeque, anotó que a tres leguas de Santa Elena (aldea del municipio de Chiquimula) se da con el pueblo llamado San Juan Ermita, anexo a Jocotán; está en un valle de muchas aguas, muy fértil y estrecho entre dos montañas bastante elevadas, con los jcales muy esparcidos por las montañas, con muchas siembras de maíz, caña, frijol, verduras y así sigue hasta Jocotán.

Indicó que, como pueblo anexo de Jocotán, la parroquia se encontraba a dos leguas de la misma; tenía 163 familias con 267 personas de raza y habla Chortí y que la gente andaba sumamente desnuda, muchas familias vivían en los valles vega que forman las montañas que rodeaban el pueblo, en los que hacían sus siembras de caña, cacao plátano y milpa.

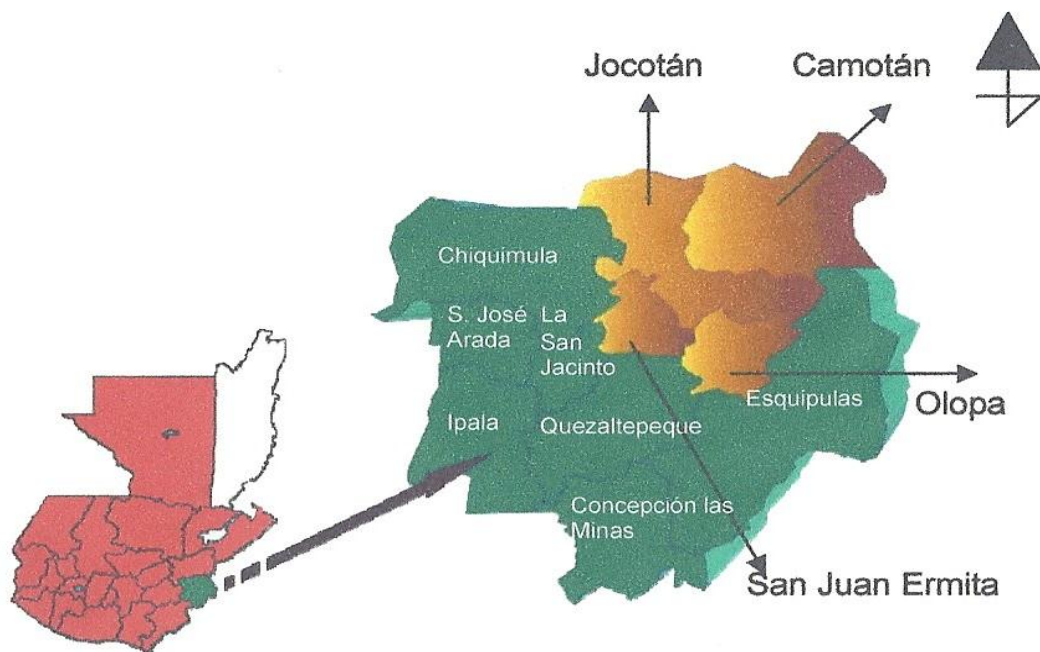
1.2. Ubicación geográfica, extensión territorial

El municipio de San Juan Ermita pertenece al departamento de Chiquimula y se encuentra ubicada en el centro del mismo. Tiene un área aproximada de 90 kilómetros cuadrados. Las colindancias municipales son: al norte con el municipio de Jocotán; al este con los municipios de Jocotán y

Olopa; al sur con el municipio de Quezaltepeque, y al oeste con la cabecera departamental de Chiquimula y el municipio de San Jacinto.

San Juan Ermita tiene una altura de 569,20 metros sobre el nivel del mar, la latitud es de 14 grados 45 minutos y 47 segundos y la longitud de 89 grados 25 minutos y 50 segundos.

Figura 1. **Localización del municipio de San Juan Ermita en el departamento de Chiquimula, Guatemala**



Fuente: AROCHE DUBÓN, Gabriela María. Readecuación e integración del edificio Municipal de San Juan Ermita, Chiquimula. p. 9.

1.3. Clima

De acuerdo al Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) estación Camotán, presenta los

siguientes aspectos climáticos: precipitación media anual de 1188,0 mm, temperatura media anual de 25,73°C, humedad relativa media 69,52% y velocidad anual media de 4,714 kilómetros por hora en dirección este.

1.4. Topografía

La topografía es accidentada, con pendientes muy inclinadas que van más allá del 50%. Un 75% del terreno se considera quebrado y un 25% plano.

1.5. Suelo

Según la clasificación y reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala, por Charles S. Simmons y José Manuel Tárano R., los suelos del departamento de Chiquimula han sido clasificado en tres grandes grupos: suelos sobre materiales volcánicos, suelos sobre materiales sedimentarios y metamórficos y clases misceláneas de terreno.

Tabla I. **Serie de suelos**

ie	Símbolo	Material Madre	Relieve	Drenaje	Color	Textura	Profundidad
Jalapa	Jl	Ceniza volcánica cementada de color claro	Escarpado	bueno	Gris oscuro	Franco arenoso fina. Friable a suelta	10-15cm
Subin	sub	Ceniza mármol o	Escarpado	bueno	Café muy oscuro a negro	Arcilla friable	10-15cm
Chicaj	chj	Ceniza volcánica cementada de color claro	casi plano	malo	Gris muy oscuro	Arcilla plástica	20-50cm
Tahuaini	Ta	Toba, bresia o pérfido andesita	Escarpado	bueno	Café oscuro	Franco limoso friable	15cm

Fuente: www.infoambiental.org/siam/. Consultado el 20 de julio de 2011.

1.6. Vías de comunicación

Se utiliza la ruta CA-10, llegando a la altura de la aldea Vado Hondo en el kilómetro 177. Desde este punto, se desvía por la ruta CA-11, que se dirige a la frontera de Honduras (El Florido). Al llegar al kilómetro 187.5 se encuentra la cabecera municipal de San Juan Ermita.

1.7. Idioma

La mayoría de la población habla castellano.

1.8. Demografía

San Juan Ermita posee la categoría de pueblo y su municipalidad está considerada, según la realidad demográfica, capacidad económica e importancia política y administrativa del municipio, como municipalidad de tercera categoría.

1.8.1. Datos de la población

La población total del municipio es de 13 433 habitantes, de ellos el 90% vive en el área rural que son 12 093 habitantes y el 10% vive en el área urbana del municipio, equivalente a 1340 habitantes, según datos del censo efectuado en el 2004 por la Oficina Municipal de Planificación. Se estima una tasa de crecimiento poblacional de 1,5% anual.

1.8.2. Educación

La educación formal en el municipio de San Juan Ermita está conformada por el sector oficial, sector privado, sector por cooperativa y sector municipal; donde se atienden los niveles pre-primario, primario y medio, que comprende el ciclo básico. El diversificado ha de hacerse en otros municipios, ya que no cuenta con un establecimiento para obtener carrera.

1.8.3. Salud

Los mayores índices de mortalidad y morbilidad en el municipio de San Juan Ermita se deben principalmente a dos tipos de enfermedades: las infecciones respiratorias y las enfermedades gastrointestinales, derivadas de la falta de saneamiento en el lugar.

1.8.4. Condición económica

La mayoría de las familias del municipio de San Juan Ermita se dedican a actividades relacionadas con la agricultura.

1.8.4.1. Sector agropecuario

- La tenencia de la tierra es un 90% propia, el 7% son arrendantes y el resto de familias trabajan la tierra de estos mismos.
- Los principales cultivos son maíz, frijol negro y blanco y maicillo.
- Los cultivos secundarios son tabaco, tomate, cebolla, chile, repollo, rábanos y otros.

1.8.4.2. Otras actividades económicas

- Migración: el 10% de las familias emigran a trabajar a la costa norte o la ciudad capital, devengando un salario de acuerdo al lugar donde se encuentren.
- Molinos de nixtamal: existen aproximadamente 50 molinos de nixtamal, 2 eléctricos y 1 de combustible.
- Tiendas: existen varias tiendas de diferentes categorías que venden artículos de primera necesidad.

1.8.5. Organización comunitaria

A nivel comunitario existen grupos organizados, tanto de mujeres como de hombres, los cuales se han congregado para realizar acciones para resolver necesidades en común, desde la perspectiva de género y con el respaldo que las leyes de Descentralización, Código Municipal y la Ley de Consejos de Desarrollo, Urbano y Rural. Dentro de estas organizaciones comunitarias se encuentran:

- Consejos Comunitarios de Desarrollo (COCODES)
- Comités
- Grupos de mujeres
- Grupos de jóvenes
- Comisión Municipal de Auditoría Social

1.9. Investigación diagnóstica del problema de los residuos sólidos en el municipio

La investigación diagnóstica es un primer intento de medir los avances en cuanto a manejo de desechos sólidos en el municipio, esta investigación debe actualizarse para que sirva de base para programas de acción en dicha área.

1.9.1. Aspectos generales

La municipalidad no cuenta con el involucramiento de los sectores sociales que podrían ayudar a buscar diferentes modalidades para el manejo de los desechos sólidos.

El problema de los residuos sólidos en los municipios se va agravando como consecuencia del acentuado crecimiento demográfico de los centros urbanos; sin embargo, es posible acompañar el desenvolvimiento socio-económico de una región, con la protección de la calidad del medio.

1.9.2. Manejo de residuos sólidos

Actualmente se ha implementado el tren de aseo municipal con el propósito de evitar la mala disposición de los desechos sólidos generados, tanto a nivel domiciliario, como comercial, industrial, etc., que daba origen a la proliferación de basureros clandestinos, especialmente en las orillas del Río Carcaj, los callejones, la orilla de la carretera, etc., y a la fecha no se está percibiendo ingresos por este servicio por parte de la municipalidad.

Las unidades municipales encargadas del aseo público y del manejo de residuos sólidos, por lo general no tienen el apoyo necesario para cumplir con

sus obligaciones de forma planificada, organizada y profesional. Los trabajadores necesitan recibir capacitación técnica y en salud ocupacional.

1.9.3. Recolección y transporte

En la actualidad se realiza la actividad de recolección los días martes y viernes de cada semana, a través de un camión de volteo pequeño, que es también usado para otras actividades de la municipalidad.

1.9.4. Disposición final

La disposición final se hace en un vertedero a cielo abierto a orillas de la cinta asfáltica, el cual se encuentra ubicado en el municipio de Camotán, Km. 202, a una distancia de 35 minutos de ida y vuelta del municipio, sin recibir ningún tratamiento más que ser incineradas parcialmente, método inadecuado por la proliferación de insectos, ratas e inclusive animales domésticos que se alimentan de los desperdicios, creando un grave problema sanitario. Los malos olores que se desprenden causan serias molestias a la población.

Figura 2. **Vertedero a cielo abierto en el municipio de Camotán**



Fuente: ruta CA 11, kilómetro 202.

Figura 3. **Incineración parcial de los desechos sólidos**



Fuente: ruta CA 11, kilómetro 202.

2. CONCEPTOS BÁSICOS DE DESECHOS SÓLIDOS

2.1. Los desechos sólidos

Actualmente el exceso de basura constituye uno de los problemas más relevantes que la sociedad tiene que afrontar, debido al acelerado crecimiento de la población, aumento de la producción y tendencias crecientes en los hábitos de consumo, entre otros. A pesar de las grandes cantidades de basura; no son el deterioro de los recursos naturales, ni la contaminación del entorno lo que más suele preocupar, sino las dificultades para encontrarles un destino final aceptable, es aquí donde se introduce el término residuo.

Los desechos sólidos urbanos o basura son todos aquellos materiales provenientes de la actividad del hombre, que en su vida cotidiana deshecha diariamente y que además no reúne características infecciosas, radioactivas explosivas y/o corrosivas, así también, podemos denominarlo que es todo aquello que se tira porque se califica de inservible.

2.2. Clasificación de los desechos sólidos

Para lograr definir los desechos sólidos de una forma precisa, parece que lo más importante es hacer una clasificación de estos, para así identificar sus características principales y conocer de qué clase de desechos se trata.

2.2.1. Por su composición

Los desechos sólidos se clasifican por su composición química en desechos orgánicos (combustibles) y desechos inorgánicos (incombustibles).

2.2.1.1. Orgánicos

A este desecho se le designa como basura húmeda, por estar compuesto de desechos que son susceptibles de sufrir una descomposición biológica; es decir, que son biodegradables. Estos son generados en zonas residenciales y establecimientos comerciales que tienen características similares. Entre estos tenemos: desechos de comida, papel, plásticos, cartón, desechos de jardín, textiles, madera y cuero.

2.2.1.2. Inorgánicos

Se le conoce también como basura seca; el cambio que podría sufrir biológicamente llevará mucho tiempo, quizás algunos cientos de años. Entre estos tenemos: vidrios, cerámica, latas, aluminio y metales férreos.

2.3. Manejo integral de los desechos sólidos

Se define como la aplicación de técnicas, tecnologías y programas de manejo para lograr objetivos y metas óptimas para una localidad en particular. Esta enunciación deriva que primero hay que definir una visión que considere los factores propios de cada localidad para asegurar su sustentabilidad, beneficios y después se debe establecer e implementar un programa de manejo para lograr esta visión. Este programa debe optimizar en lo posible, las siguientes características:

- Técnica: es decir, de fácil implementación, operación y mantenimiento sencillo, uso de recursos humanos y materiales de la zona que comprenda la producción hasta la disposición final.
- Social: que fomente a la población hábitos positivos y desaliente los negativos, que sea participativa y que promueva la organización de la comunidad.
- Económica: que su costo de implementación, operación, mantenimiento y administración sea eficiente, esté al alcance de los recursos de la población y que sea económicamente sostenible, con ingresos que cubran el costo del servicio.
- Organizativa: administración y gestión del servicio simple y dinámico.
- Salud: que pertenezca o fomente un programa mayor de prevención y reducción de enfermedades infecto-contagiosas.
- Ambiental: evite impactos ambientales negativos en el suelo, agua y aire.

2.4. Tratamiento de los desechos sólidos

Se denomina tratamiento de desechos sólidos al conjunto de operaciones encaminadas a la eliminación de éstos o al aprovechamiento de los materiales que contiene. Los desechos sólidos constituyen la biomasa residual más aprovechable, ya que está concentrada, es imprescindible su acumulación y su transporte.

El concepto de valorizar engloba todas aquellas operaciones mediante las cuales un residuo se vuelve a utilizar total o parcialmente. Básicamente, los sistemas de valoración de los residuos son:

- Reutilización: utilización de un residuo en su forma original, para el mismo o diferente uso.
- Reciclaje: proceso que tiene por objeto la recuperación de forma directa o indirecta de los componentes que tienen los residuos.
- Regeneración: operación de valorización mediante la cual un residuo es devuelto a sus características originales de forma total o parcial; y que permite su uso en el mismo estado que tenía antes de transformarse en residuo.
- Recuperación: operación de valorización mediante la cual se extraen los recursos del residuo.

Actualmente los métodos de tratamiento más utilizados a nivel mundial son los que se presentan a continuación:

- Vertido controlado, método del relleno sanitario (ver página 54).
- Incineración (ver página 41).
- Reciclado (ver página 42).

3. ASPECTOS A CONSIDERAR EN EL MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS

La legislación vigente ha creado múltiples instituciones, a las cuales el estado les ha asignado atribuciones y funciones vinculadas con los recursos naturales. Las instituciones asociadas al tema ambiental se agrupan y dividen en aquellas que se vinculan con el marco jurídico del tema ambiental y las vinculadas con la administración de justicia.

3.1. Reglamento para el manejo integral de los desechos sólidos municipales

Para dar cumplimiento a los Decretos 90-97, del Congreso de la Republica, Código de Salud, Decreto 90-2000, Ley de creación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y Decreto 12-2002 Código Municipal, se crea este reglamento el cual se divide en 17 capítulos y 99 artículos en total. A continuación se presentan en detalle:

- Capítulo 1. Disposiciones generales (artículos 1-5).
- Capítulo 2. Definiciones (artículo 6).
- Capítulo 3. De las prohibiciones de contaminación y daños a los recurso naturales (artículos 7-16).
- Capítulo 4. Plan y programas municipales (artículo 17-21).

- Capítulo 5. Del manejo y servicio de desechos sólidos en general (artículos 22-28).
- Capítulo 6. Del barrido y limpieza de vías o áreas públicas (artículos 29-33).
- Capítulo 7. Almacenamiento de desechos sólidos (artículos 34-39).
- Capítulo 8. De la entrega y recolección de desechos sólidos (artículos 40-43).
- Capítulo 9. Del transporte de los desechos sólidos (artículos 44-45).
- Capítulo 10. De las estaciones de transferencia de los desechos sólidos (artículos 46-50).
- Capítulo 11. De la recuperación, reutilización y reciclaje de desechos sólidos (artículos 51-52).
- Capítulo 12. Del tratamiento de los desechos sólidos (artículos 54-58).
- Capítulo 13. De la disposición final (artículos 59-68).
- Capítulo 14. Requisitos durante y posterior a la clausura de la instalación de tratamiento y del sitio de disposición final (artículos 69-72).
- Capítulo 15. De la vigilancia estatal (artículos 73-80).

- Capítulo 16. Permisos para el manejo de desechos sólidos (artículos 81-85).
- Capítulo 17. Infracciones y sanciones (artículos 86-99).

3.2. Impacto ambiental

El efecto ambiental más obvio del manejo inadecuado de los residuos sólidos municipales lo constituye el deterioro estético de las ciudades, alteración del sistema edáfico, alteración de las aguas superficiales y subterráneas, así como del paisaje natural, tanto urbano como rural. La degradación del paisaje natural, ocasionada por la basura arrojada sin ningún control, va en aumento; es cada vez más común observar botaderos a cielo abierto o basura amontonada en cualquier lugar.

3.2.1. Contaminación del agua

El efecto ambiental más serio, pero menos reconocido, es la alteración de las aguas, tanto superficiales como subterráneas, por el vertimiento de basura a ríos y arroyos, así como por el líquido percolado (lixiviado), producto de la descomposición de los residuos sólidos en los botaderos a cielo abierto. Es necesario llamar la atención respecto a la contaminación de las aguas subterráneas, conocidas como mantos freáticos o acuíferos, puesto que son fuentes de agua de poblaciones enteras. Las fuentes contaminadas implican consecuencias para la salud pública cuando no se tratan debidamente.

La descarga de residuos sólidos a las corrientes de agua incrementa la carga orgánica que disminuye el oxígeno disuelto, aumenta los nutrientes que propician el desarrollo de algas y dan lugar a la eutrofización, causa la muerte

de peces, generan malos olores y deteriora la belleza natural de este recurso. Por tal motivo, en muchas regiones las corrientes de agua han dejado de ser fuente de abastecimiento para el consumo humano o de recreación de sus habitantes. La descarga de la basura en arroyos y canales o su abandono en las vías públicas, también trae consigo la disminución de los cauces y la obstrucción tanto de éstos como de las redes de alcantarillado.

En los períodos de lluvias, provoca inundaciones que pueden ocasionar la pérdida de cultivos, de bienes materiales y, lo que es más grave aún, de vidas humanas.

3.2.2. Contaminación del suelo

La capa más superficial de la corteza terrestre, constituye uno de los recursos naturales más importantes con el que contamos al ser el substrato que sustenta la vida en el planeta. Desde el punto de vista edáfico, un suelo es un cuerpo natural tridimensional formado por la progresiva alteración física y química de un material original o roca madre a lo largo del tiempo, bajo unas condiciones climáticas y topográficas determinadas y sometido a la actividad de organismos vivos.

A lo largo de su evolución o edafogénesis, en el suelo se van diferenciando capas verticales de material generalmente no consolidado llamados horizontes, formados por constituyentes minerales y orgánicos, agua y gases y caracterizados por propiedades físicas (estructura, textura, porosidad, capacidad de retención de agua, densidad aparente), químicas y físico-químicas (pH, potencial redox, capacidad de intercambio catiónico) que los diferencian entre sí y del material original. El conjunto de horizontes constituye el perfil del suelo y su estudio permite dilucidar los procesos de formación

sufridos durante su evolución y llevar a cabo su clasificación dentro de las distintas unidades de suelos.

La degradación del suelo se puede definir como todo proceso que rebaja a capacidad actual y potencial del suelo para producir, cuantitativa y cualitativamente, bienes y servicios. Aunque se puede producir por causas naturales, la degradación del suelo es fundamentalmente la consecuencia directa de su utilización por el hombre, bien como resultado de actuaciones directas, como actividades agrícolas, forestales, ganaderas, agroquímicas y riego, o por acciones indirectas, como son las actividades industriales, eliminación de residuos, transporte, etc.

3.2.3. Contaminación del aire

Los residuos sólidos abandonados en los botaderos a cielo abierto deterioran la calidad del aire que se respira, tanto localmente como en los alrededores, a causa de las quemas y los humos, que reducen la visibilidad y del polvo que levanta el viento en los períodos secos, ya que puede transportar a otros lugares microorganismos nocivos que producen infecciones respiratorias e irritaciones nasales y de los ojos, además de las molestias que dan los olores pestilentes.

3.3. Transmisión de enfermedades a través de la basura

Existe una estrecha relación entre un mal manejo de basuras y alrededor de veinte enfermedades, principalmente aquellas que son transmitidas directa o indirectamente por las moscas, especialmente para los niños, debido a la proliferación desmedida de vectores que crecen y se alimentan de los basurales. Las basuras diseminadas por cualquier sitio, mal almacenadas o

depositadas en un lugar inadecuado para la disposición final son el alimento para el desarrollo de moscas y ratas. Además los animales domésticos al tomar estos desperdicios se contagian de diferentes microorganismos que causan enfermedades.

Una vez que las moscas y roedores proliferan en las basuras, llegan a la vivienda donde toman contacto con los alimentos, utensilios, ropa, etc., de las personas, dejando allí la suciedad que acarrean sus patas y cuerpo, contaminándolos de tal manera que enferman al individuo hasta causarle la muerte si no reciben atención médica.

De lo anterior expuesto, se observa la importancia de proteger los alimentos del contacto de estos vectores y no arrojar la basura en cualquier lugar; peor aún echarla en los ríos o corrientes de agua que crucen por la comunidad. Las enfermedades cuyos gérmenes son transportados por moscas y ratas desde los basurales hacia los alimentos y luego a las personas, entre otras son:

- Fiebre tifoidea: se presenta con malestar generalmente, fiebre continua, trastorno estomacal, intensa sed. Se detecta la enfermedad mediante estos síntomas y se confirmará el diagnóstico con las pruebas de laboratorio. Los principales medios de propagación son el agua y los alimentos contaminados, como frutas, verduras crudas, etc.

- Peste bubónica: enfermedad altamente infecciosa que presenta fiebre alta, hemorragias, confusión mental, postración temporal, hinchazón y dolor de los ganglios linfáticos. Se transmite por picadura de pulgas que parasitan en las ratas.

- Disentería: es una infección aguda del intestino, caracterizada por diarrea, fiebre, vómitos y fuertes cólicos. Se transmite por intermedio de las moscas que contaminan los alimentos.
- Amebiasis: enfermedad del intestino grueso causada por la ameba histolítica. Causa malestar abdominal, diarrea y estreñimiento alternados. A veces la infección se extiende por el torrente sanguíneo, produciendo abscesos al hígado, pulmones, cerebro, que puede ocasionar la muerte. Se transmite por los alimentos contaminados a través de las moscas.

3.4. Como evitar enfermedades peligrosas

Para proteger la salud de la familia podemos seguir los siguientes consejos:

- Almacenar adecuadamente las basuras; mantener siempre tapado el recipiente recolector.
- Asear adecuadamente la vivienda, el sitio de trabajo y el aula de clases.
- Utilizar para las necesidades biológicas, únicamente el sanitario.
- Lavarse las manos luego de ello.
- Proteger los alimentos manteniéndolos fuera del alcance de moscas y ratas.

- Antes de ingerir alimentos, tener la precaución de lavarse las manos con abundante agua y jabón.
- Combatir y eliminar a las moscas y ratas, principales agentes de propagación de graves enfermedades.
- Lavar bien las frutas, hervir convenientemente los alimentos que necesitan cocción.

3.5. Cultura ambiental

La cultura ambiental es el reconocimiento del paso del ser humano por la vida y su ambiente, por lo tanto está en constante cambio. Es producto de la acción individual y colectiva de estos seres humanos. La cultura ambiental debe ser reconocida como una construcción constante que refleja el uso de los recursos naturales por el ser humano y su grado de responsabilidad hacia el entorno.

La cultura está determinada por las creencias, los conocimientos y los valores que predominan en los grupos sociales. La definición y análisis de la cultura ambiental que adopta una sociedad o grupo en particular debe partir de estas dos variables.

- Cultura: comprensión que la gente tiene sobre su propio universo y que guía su interpretación de los eventos, sus expectativas y acciones en ese universo. La cultura emerge a lo interno de cada grupo que comparte las mismas experiencias en un mundo más amplio. Es un concepto dinámico, puesto que la mencionada comprensión es producto de un proceso de construcción colectiva que cambia con el tiempo y depende de

acontecimientos programados o excepcionales. La cultura es producto en gran medida de la educación formal, no formal e informal, por lo que puede ser transformada por ésta.

- Ambiente: si bien es cierto se reconoce la existencia de un universo sin necesidad de que exista un ser humano que interaccione con él, para efectos de la intervención educativa será considerado como ambiente el entorno físico (natural y construido por el ser humano) y psicosocial (interrelaciones entre seres humanos entre sí, entre seres humanos y su ambiente), con el que el ser humano interacciona para su desarrollo y beneficio propio. Es un concepto propio de cada persona (la definición de ambiente no es única) y vulnerable, puesto que al estar asociado a la voluntad humana está expuesto a condiciones muy diversas y ética y moralmente condicionadas.

3.5.1. Educación Sanitaria

Toda comunidad necesita servicios de salud pública, cuyos fines son los de lograr para la persona un completo estado de bienestar y siendo el control de desechos sólidos uno de ellos, debemos darle la importancia que el caso requiere, involucrando directamente a la comunidad como parte de este aspecto. La colaboración de las autoridades es decisiva a la ciudadanía desde sus respectivas funciones, para lograr mantener buenos hábitos de higiene y facilitar la tarea de aseo que efectúa el personal municipal respectivo.

Pero la adquisición y conservación de buenos hábitos de higiene debe empezar desde la niñez y por ello, la importancia de trabajar con los niños y jóvenes en especial. En planteles educativos, las autoridades y maestros se incentivarán para que en las diferentes áreas de estudio se tomen en cuenta

aspectos relacionados con el orden y aseo, poniendo de manifiesto que un mal manejo de las basuras ocasiona serios problemas de salud.

Se deberá distribuir material didáctico apropiado al caso; cada curso organizará su comité de aseo y velará por la limpieza y orden del aula de clases. Semanalmente y por secciones, los maestros distribuirán a sus alumnos para que realicen reuniones de aseo dentro del plantel y si es factible, transmitan la idea y coordinen esta labor con el barrio o el sector al que pertenece su establecimiento.

En definitiva, la iniciativa del maestro juega un papel importante para lograr que el niño y el joven tome conciencia en cuanto a la formación de hábitos de higiene y colaboración con la humanidad, dando ejemplo de orden y aseo, que aseguren a corto plazo un grado óptimo de salud.

Otro aspecto importante, es la participación de los grupos organizados como clubes, asociaciones y similares, con los cuales se trabajará en base a charlas y materiales gráficos, inculcando buenos hábitos de higiene y recabando la colaboración total y decidida de los asociados, para lograr las metas propuestas.

El personal municipal que efectúa el aseo de la urbe, recibirá igualmente charlas educativas relacionadas con la importancia del trabajo que realiza, la responsabilidad que tiene frente a la ciudadanía, pues se debe descartar la idea de que la persona que asea las calles o recoge la basura en el camión municipal, efectúa un trabajo denigrante, ya que este personal por función, ocupa un lugar decisivo, convirtiéndose en verdaderos mensajeros de la salud.

3.5.2. Campaña de educación ambiental

De acuerdo a la información de fuentes propias y por las visitas de campo realizadas en la cabecera urbana del municipio de San Juan Ermita, se observa que los vecinos no han recibido educación para manejar los desechos sólidos, en virtud que no han recibido una orientación educativa sobre el sistema de limpieza y aseo de la ciudad. Como una alternativa de solución a la problemática, se sugiere establecer una campaña de educación ambiental motivando a la población a usar lo que es el servicio de tren de aseo.

Para el desarrollo de esta campaña educativa se recomienda que se involucre a los medios de comunicación usados por los pobladores; es decir, se debe contar con las radioemisoras regionales, como también del canal de televisión local. Se deben de impartir pláticas dirigidas a diferentes grupos sociales, mediante la divulgación escrita de carteles, trifoliales, la realización de eventos culturales en los que se impartan conferencias sobre tareas de salud humana y la calidad del medio ambiente, dirigidas a niños y adultos.

Se sugiere que cuenten también con la colaboración de grupos de estudiantes y maestros del nivel medio de educación y algunas ONGS con que cuenta la región, como lo son: Cooperación Española, Acción Contra el Hambre y Médicos del Mundo, ya que pueden ser grandes emisores para esta campaña educativa y pueden financiar en pequeña parte los gastos que ésta origine.

También se le debe de pedir apoyo a instituciones privadas y estatales educativas, asesorando y ejecutando actividades formativas sobre el manejo de la basura, mediante plásticas, videos, películas, etc., dirigidas a diferentes sectores de la población.

Para el inicio de esta campaña educativa, previa al proyecto, se recomienda a la municipalidad elaborar segmentos publicitarios radiales, los cuales deberán ser difundidos a manera de cuñas publicitarias o bien pedir la ayuda de alguna empresa de bebidas gaseosas, que por medio de sus unidades móviles se transmita dichos anuncios en todas las colonias del municipio.

Para la campaña se recomiendan que se desarrollen los siguientes temas, presentados por expertos en cada uno:

- La basura y su contaminación.
- Los desechos y su clasificación.
- Estrategias de recolección de basura.
- Medidas de seguridad en el manejo de basuras.
- La basura tóxica y su recolección.
- El reciclaje de la basura.
- Manejo de los residuos sólidos.
- Ventajas de la utilización productiva de los residuos sólidos.
- Selección, clasificación y utilidad de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos.

- Elaboración de compost con los residuos sólidos orgánicos.
- Embalaje, etiquetado de compost, vidrio, plástico, metales, cartón, etc.
- Comercialización de compost y residuos sólidos.
- Capacitación a representantes de los cantones del pueblo.
- Diseño de la planta procesadora.
- Funcionamiento y monitoreo de la planta procesadora.
- Cuidado y mantenimiento del equipo y maquinaria de una planta procesadora.

4. PLANIFICACIÓN Y DISEÑO

4.1. Almacenamiento de los residuos sólidos

El almacenamiento es la actividad de colocar los residuos sólidos en recipientes apropiados con la finalidad de mantener un control de insectos y roedores, que no permitan el ingreso de agua, ni el escape de líquidos por sus paredes y el fondo. Los recipientes deben tener un tamaño y peso específicos que faciliten el manejo por los operarios y equipo.

4.1.1. Origen de los residuos sólidos

Los residuos sólidos provienen de las actividades domésticas, comerciales, industriales (pequeña industria y artesanía), institucionales (administración pública, establecimientos educativos, etc.) y de mercados. En resumen, son objetos o sustancias generados como consecuencia del consumo humano.

4.1.2. Almacenamiento de desechos sólidos en viviendas

El recipiente deberá tener capacidad para 30 kg de basura aproximadamente, de forma tronco-cónica y provista de tapadera. Los residuos orgánicos, animales o vegetales procedentes de la preparación y consumo de alimentos deben ser adecuadamente acondicionados envueltos en papel, con lo que se reducirán olores desagradables en los recipientes y durante el transporte; y además, evitará la corrosión.

4.1.3. Almacenamiento de desechos sólidos en sitios públicos

En sitios públicos como mercados, establecimientos comerciales, escuelas, pequeños conjuntos habitacionales, pueden usarse normalmente recipientes especiales de estructura de hierro o madera, suspendidos en postes con ganchos a una altura de 30 cm sobre el suelo. La limpieza del recipiente y de sus alrededores, después de la recolección de la basura no solo ayudará a la conservación del mismo, sino también al control de moscas, roedores y eliminación de olores.

4.1.4. Almacenamiento de desechos sólidos en clínicas médicas

En cuanto a las basuras provenientes de centros hospitalarios y similares se aconseja incinerarlas o confinarlas en el lugar de origen, por el peligro de que los desechos infecto-contagiosos causen problemas a la comunidad.

4.2. Recolección y transporte de los desechos sólidos

La recolección de los residuos sólidos implica su transporte al lugar donde deberán ser descargados con la debida frecuencia, hora y día establecidos. La entidad que presta el servicio pasará por cada vivienda y contenedores públicos recogiendo los sacos que se han acumulado.

4.2.1. Residuos a recoger

Las ciudades pequeñas se identifican por tener una baja cobertura de residuos a recoger, el promedio para América Latina es del 50%, lo ideal alcanzar coberturas del 90% al 100% para obtener un mejor saneamiento.

Figura 4. **Camión recolector de basura clasificada**



Fuente: <http://www.buzonverde.com/blog/rutilizacion-y-reciclaje-del-plastico>. Consultado el 20 junio de 2011.

4.2.1.1. Residuos domésticos y comerciales

Consisten en residuos sólidos orgánicos e inorgánicos de zonas residenciales y de establecimientos comerciales. La fracción orgánica de los residuos sólidos domésticos y comerciales está formada por materiales como residuos de comida, papel de todo tipo, cartón, plásticos de todos los tipos, textiles, goma, cuero, madera y residuos de jardín. La fracción inorgánica está formada por artículos como vidrio, cerámica, latas, aluminio y metales férreos.

En los residuos comerciales hay también producción de desechos especiales, tales como; electrodomésticos, productos de línea blanca, baterías y pilas eléctricas.

4.2.1.2. Residuos institucionales

Las fuentes incluyen centros administrativos, escuelas, cárceles y hospitales, excluyendo a los residuos de fabricación de las industrias de la construcción, agricultura y los residuos sanitarios de los hospitales.

4.2.1.3. Residuos de los servicios municipales

Derivan de las operaciones de mantenimiento de las instalaciones municipales, incluyendo los residuos de barrido de las calles, residuos de jardinería, animales muertos y vehículos abandonados.

4.2.2. Empresa de recolección

Se plantean dos alternativas en cuanto a la prestación del servicio de recolección de los desechos sólidos, las cuales son:

- Administración y recolección del servicio directamente por la municipalidad.
- Administración y recolección del servicio por empresas particulares.

4.2.3. Puntos de recolección

El lugar donde se coloca el recipiente tiene gran influencia en el rendimiento del servicio; puede ser en el interior de la vivienda o en la banqueta, de acuerdo al tipo de desecho que sea.

Hay que destacar la importancia de que al extraer la basura de la vivienda hacia el punto de recolección, ésta no debe de quedar al alcance de animales tales como perros, gatos, etc., ya que pueden voltear y esparcir la misma.

4.2.4 Frecuencia de recolección

La recolección debe de ser periódica, a fin de que los desechos putrescibles no entren en descomposición. La frecuencia depende también según las condiciones locales; en establecimientos comerciales e instituciones se deberá hacer diariamente, en el resto de la población podrá hacerse en días alternos, como mínimo dos veces a la semana, dependiendo del equipo de recolección que se disponga y otros factores.

4.2.5. Horario de recolección

Esto será de acuerdo a las condiciones de cada sistema de recolección, recomendándose que el horario se encuentre entre las 08:00 y las 12:00 horas.

4.2.6. Recurso humano

De acuerdo a las condiciones de cada sistema de recolección, recomendándose que el personal sea el necesario para prestar un servicio

eficiente y económico. Para municipalidades pequeñas se puede iniciar con un piloto de camión y 3 colectores de basura.

4.2.7. Equipo

El equipo que se utiliza para la recolección generalmente es un camión que puede o no tener un sistema para comprimir la basura. En nuestro medio, para pequeñas comunidades podría utilizarse camiones o pick ups de 1,5 toneladas.

4.2.8. Diseño de ruta

Se propone iniciar la recolección en el Barrio La Tejera, luego por los Barrios la Escuela, Centro, San Pedrito, El Escopetazo, El Cementerio, El Campo y por último Barrio El Tanque. Ver plano 2 del apéndice.

4.2.9. Control de carga

Se basa en anotar el número de cargas de desechos sólidos que ingresan a una estación de transferencia, una planta de tratamiento o un vertedero o sitio de disposición final, utilizando datos existentes de peso específico, volumen promedio de las cargas y de ser posibles el peso de cada carga. Con estos datos se puede estimar con una razonable certeza la cantidad de desechos sólidos que ingresa al sitio en análisis.

La desventaja que tiene este método es que únicamente da como resultado datos de desechos manejados por cierto sistema de recolección; es decir, no es un dato de desechos generados sino de desechos recolectados. Otro problema que presenta este método es la poca exactitud de los datos que

brinda, ya que no toma en cuenta la considerable diferencia en las características de los desechos generados en sectores o áreas con propiedades diferentes, lo que es importante.

4.2.10. Control de tiempo

La duración de la recolección es importante, ya que el tiempo en ruta de recolección es reducido por el tiempo que transcurre hasta llegar al lugar de descarga. El tiempo puede reducirse, ya sea a través del menor número de viajes al relleno, a través de una mayor capacidad de los vehículos o ubicando un lugar de descarga más cercano al municipio.

4.2.11. Rendimiento

El rendimiento del trabajo de recolección y transporte depende de un itinerario bien trazado. Como regla general, la recolección debe ser hecha de manera que los vehículos se dirijan de las partes altas a las bajas; que el vehículo cuando esté lleno, encuentre lo más próximo posible del lugar de disposición.

4.2.12. Seguridad de trabajo

Es necesario, sobre todo cuando se manejan directamente materiales que pueden provocar enfermedades, tomar en cuenta las medidas adecuadas para garantizar la salud de quienes efectuarán dicho manejo. Durante el desarrollo del estudio se requiere efectuar la clasificación de muestras de desechos sólidos, lo cual requiere tomar las medidas adecuadas para evitar la generación de enfermedades.

Por las características especiales que los desechos sólidos tienen, se debe evitar el contacto directo con la piel y con los ojos, lo que podría provocar algún problema, tales como alergias, erupciones u otras; por lo que se recomienda que al momento en que se requiera el manejo manual directo de estos desechos se deben usar guantes y de ser posible gafas protectoras para evitar el contacto directo con la piel y algún contacto con los ojos.

El tipo de guantes debe permitir que la sensibilidad de las manos se mantenga, para así no afectar la habilidad al realizar el manejo de los desechos. Otra situación importante es que al momento de realizar el manejo de los desechos se debe tener una visibilidad completa de los desechos que se toman con las manos, ya que al no tener esas condiciones se corre el riesgo de tener accidentes como cortadas, los que pueden llevar a la persona que las sufre a contraer ciertas enfermedades. Para lograr dicha visibilidad, se buscará que el lugar de trabajo este correctamente iluminado y se buscará extender los desechos en un área suficiente como para lograr tener contacto visual con todo lo que se requiera manejar.

4.2.13. Información al público

Un relleno sanitario, aunque sea una obra pequeña, no deja de ser un proyecto de ingeniería, en el que gran parte de los problemas futuros se previenen con una buena planificación, que va desde la concepción y diseño de la obra, hasta su construcción, operación y clausura. La planificación debe incluir un programa de información al público que explique cuáles son las ventajas y desventajas de la implantación de un relleno sanitario y la importancia de la clausura del botadero de basura.

El apoyo del público es una de las metas que debe procurar cualquier administración local que esté interesada en construir esta obra de saneamiento básico, puesto que sin este respaldo es muy probable que ella no pueda llevarse a la práctica o que su operación y mantenimiento sean deficientes.

4.2.14. Tarifa

Es fundamental que la población sea consciente de los beneficios que le reporta construir un relleno sanitario, así como del costo que demanda este proyecto. Si la comunidad está dispuesta a pagar, se garantizará la sostenibilidad de un buen servicio de limpieza pública y de la operación y el mantenimiento de la obra. Todo usuario o generador de residuos sólidos municipales debe cumplir con pagar una tarifa, la que debe ser estimada de acuerdo con su capacidad económica, si desea obtener un buen servicio de aseo urbano, que sin lugar a dudas, contribuirá a mejorar la calidad de vida de toda la población.

En términos generales, el cálculo de la tarifa para el servicio de recolección, transporte y disposición de residuos, considera los costos de inversión y los costos de operación durante su proyección, la cual podemos ver en la tabla II. Donde cada columna representa lo siguiente:

- La columna 1 se refiere a los años de vida útil del proyecto.
- La columna 2 refleja el valor presente del costo anual de la recolección y transporte, el cual lo obtenemos de multiplicar el costo mensual (Q. 6 500,00, página 41) por 12 meses que tiene un año, dando como resultado Q. 78 000,00.

- La columna 3 muestra el valor presente del costo por año del relleno sanitario (ver página 84 a la 90).
- La columna 4 es la suma anual del costo de recolección y el costo del relleno sanitario.
- La columna 5 es el valor futuro del costo por cada año de recolección y construcción del relleno sanitario, calculado con la siguiente fórmula:

$$VF = VP (1 + R)^n$$

VF = Valor futuro del dinero = columna 5

VP = Valor presente del dinero, columna 4.

R = Tasa de interés = 5%

n = Cantidad de años

- La columna 6 es la proyección de viviendas según la población ver tabla IV página 64.
- La columna 7 es la tarifa mensual a pagar, que resulta de dividir el valor del costo futuro entre la proyección de viviendas.

Tabla II. **Cálculo de tarifa**

Col. 1	Columna 2	Columna 3	Columna 4	Columna 5	Col. 6	Columna 7
AÑO	COSTO REC. (Q.)	COSTO R.S. (Q.)	COSTO/AÑO (Q.)	C.FUTURO/AÑO (Q.)	#VIV.	TAR/MES (Q.)
1	78 000,00	384 633,58	462 633,58	462 633,58	301	128,18
2	78 000,00	480 456,31	558 456,31	586 379,12	305	160,06
3	78 000,00	253 922,03	331 922,03	365 944,04	310	98,42
4	78 000,00	286 361,42	364 361,42	421 793,89	315	111,76
5	78 000,00	268 663,85	346 663,86	421 372,09	319	110,00
6	78 000,00	292 991,31	370 991,31	473 489,37	324	121,78
7	78 000,00	275 723,70	353 723,71	474 023,60	329	120,11
8	78 000,00	304 257,81	382 257,81	537 875,13	334	134,28
9	78 000,00	288 296,95	366 296,95	541 187,43	339	133,11
10	78 000,00	292 398,44	370 398,44	574 609,55	344	139,24
11	78 000,00	316 325,78	394 325,78	642 315,14	349	153,34
12	78 000,00	289 169,31	367 169,31	627 984,12	354	147,71
13	78 000,00	301 711,81	379 711,81	681 907,85	360	158,02
14	78 000,00	326 044,44	404 044,44	761 886,05	365	173,94
15	78 000,00	331 311,30	409 311,30	810 408,38	370	182,29
16	78 000,00	341 067,82	419 067,82	871 211,90	376	193,07
17	78 000,00	331 098,20	409 098,20	893 010,06	382	194,97
18	78 000,00	328 234,11	406 234,11	931 096,01	387	200,29
19	78 000,00	379 930,55	457 930,55	1 102 064,46	393	233,56
20	78 000,00	570 274,07	648 274,07	1 638 156,30	399	342,04

Fuente: elaboración propia.

4.2.15. Costos

El servicio de recolección en la mayoría de los países en desarrollo consume un 30 a 60 por ciento de las rentas municipales disponibles. En muchos casos, estos costos pueden ser reducidos en un 30 a 50 por ciento. Los gastos excesivos para el servicio de recolección, le restan recursos financieros limitados a las demás necesidades urbanas, como la educación pública. Este problema puede ser superado dando una adecuada atención a lo siguiente en la fase del diseño:

- Inspección de la entrega del servicio.
- Supervisión de los trabajadores de recolección.

- Selección de técnicas apropiadas de recolección.
- Optimización del tamaño de los equipos de trabajo.
- Planificación de las rutas.
- Limitación del traslado directo a distancias económicamente viables.
- Minimización del tiempo de baja de los vehículos para reparaciones.

El cálculo del costo mensual de limpieza y recolección de desechos sólidos en el municipio, se calcula de la siguiente manera:

Se estima un vehículo tipo pick up de doble tracción, con una vida útil de 10 años a un precio de Q. 192 000,00. Notamos que el uso del vehículo será de 120 meses, lo cual es el resultado de multiplicar 10 años por 12 meses que tiene cada año. Si se divide el costo total vehículo por la cantidad total de meses a usarse, se obtiene que el costo por mes del vehículo es de Q.1 600,00.

El costo promedio por mantenimiento y combustible mensual del vehículo es de Q. 2 200,00.

El costo promedio mensual por herramientas y utensilios para la recolección de basura es de Q. 300,00.

Si se asume que la recolección es 2 veces a la semana de las 08:00 para las 12:00, esto significa que es un día de trabajo a la semana, en total 4 días al mes. El salario promedio mensual del piloto es de Q. 150,00 día por 4 días/mes igual a Q. 600,00 y el de los operarios es Q. 150,00 día por 3 operarios por 4 días/mes igual Q.1 800,00.

Al sumar todos los resultados se obtiene que el costo de la limpieza y recolección de basura es de Q. 6 500,00 por mes.

4.3. Disposición final

Todos los residuos sólidos no tienen las mismas características. Tales características dependen de la actividad que los genera y es conveniente conocer el tipo y volumen de residuo que produce cada actividad para desarrollar métodos de manejo apropiados.

4.3.1. Método de incineración

Es una técnica de tratamiento que consiste en eliminar la mayor parte del volumen de los desechos sólidos mediante su combustión o quemado, y a través de la cual se facilita su transformación en gases, cenizas y escoria, con el fin de reducir su volumen. Actualmente la situación es diferente, ya que la tecnología ha avanzado, por lo que ahora es posible disminuir el impacto ambiental que se causaba. Los incineradores convencionales son hornos o cámaras refractarias en las que se queman los desechos. Los gases de combustión y los sólidos que permanecen se queman en una segunda etapa.

Los materiales combustibles se queman en un 90%, además de generar calor, que es como fuente energética; la incineración genera dióxido de carbono, óxido de azufre y nitrógeno y otros contaminantes gaseosos, cenizas volátiles y desechos sólidos sin quemar. La emisión de cenizas volátiles y otras partículas se controlan con filtros, lavadores y precipitadores electrostáticos.

Cuando se trabaja eficientemente, el método de incineración logra eliminar por completo los lugares de reproducción de moscas y roedores. El humo y los

malos olores pueden controlarse perfectamente por medio de filtros y cámaras recogedoras de polvo y limpiadoras de humedad.

Entre las ventajas que se tienen por la utilización del método de incineración son: la reducción del volumen de los desechos, no requiere mucha área para efectuar las descargas de los desechos, las cenizas u otros desechos están prácticamente libres de materia orgánica, no ofensiva y aceptable como material de relleno, no influye en la operación ni el clima, ni en las condiciones meteorológicas; asimismo, debido a que es un método de alta tecnología, sus instalaciones podrían situarse, inclusive dentro del perímetro urbano, sin ocasionar grandes molestias y hay flexibilidad en el funcionamiento, ya que los incineradores pueden funcionar con un horario determinado o bien durante las 24 horas del día.

Dentro de las desventajas para la utilización del método de incineración tenemos: las inversiones iniciales, que dependen de la cantidad de desechos sólidos que se van a procesar, los gastos de funcionamiento elevados, porque se necesita personal especializado, estos varían en relación con el funcionamiento y el grado de automatización que tenga la planta, aparte de los gastos generales y administrativos y finalmente las temperaturas elevadas, los desechos y el tipo de material manejado ejercen efecto desgastador sobre el equipo, ya que requieren mantenimiento y operaciones frecuentes.

4.3.2. Método de reciclaje

La recuperación de materiales secundarios procedentes de los residuos sólidos es una fuente de ingresos para un gran número de personas pobres de los países de esta región.

4.3.2.1. Reciclaje de residuos orgánicos

El reciclaje de residuos orgánicos consiste aprovechar parte de los desechos sólidos produciendo compost y lombrices que mejoran los suelos mediante procesos simplificados.

4.3.2.1.1. Compostificación

Se entiende como tal al proceso de descomposición de la materia orgánica proveniente de materiales que la contienen, por medio de una gran variedad de microorganismos en un medio húmedo y aireado para dar en su etapa final un material rico en humus, muy utilizado en el mejoramiento o enmienda orgánica de suelos empobrecidos y agotados. El humus es el responsable de mejorar las propiedades físicas del suelo, proporcionar estabilidad a los agregados del mismo, mejorar la porosidad, incrementar su capacidad de retención del agua, mejorar las propiedades químicas y biológicas, constituirse en fuente de elementos minerales para las plantas y contribuir así al crecimiento de vegetales y raíces.

El compostaje fue una técnica utilizada desde siempre por los agricultores como una manera de estabilizar los nutrientes del estiércol y otros desechos para su uso como fertilizante. La generación de los abuelos sabía el valor de compostar sus desechos de jardín y cocina. En sus orígenes consistía en el apilamiento de los desechos de la casa, los excrementos de animales y personas y los desechos de las cosechas para que se descompusieran y transformasen en productos más fácilmente manejables y aprovechables como abono. Era un proceso lento, no siempre se conservaban al máximo los nutrientes y casi nunca se aseguraba la higiene de la mezcla.

El compostaje que se practica en la actualidad es un proceso aerobio que combina fases mesófilas (15 a 45° C) y termófilas (45 a 70° C). para conseguir la reducción de los desechos orgánicos y su transformación en un producto estable y válido para la agricultura y la jardinería.

El material de desecho o residuo que constituye la materia prima del proceso de compostaje, contiene generalmente diferentes tipos de microorganismos idóneos para realizar el proceso, comenzando el mismo cuando el nivel de oxígeno, la humedad y el contenido de alimentos es el adecuado para el crecimiento y reproducción de la población microbiana encargada de la descomposición.

Los requerimientos de alimentos normalmente son suministrados por este material de desecho que se destina a compostaje; así, la materia orgánica se va biodegradando por un lado en compuestos solubles o gaseosos, tales como CO₂ (dióxido de carbono), NH₃ (amoníaco), NO₃⁻ (nitrato); PO₄⁻³ (fosfato); SO₄^{=3D} (sulfato, mineralización) y por otro se va transformando en elementos húmicos, que son bastante estables y resistentes a los microorganismos (humificación).

4.3.2.1.2. Lombricultura

Es un sistema de descomposición por medio de lombrices, ya que debido a su composición natural contribuyen a liberar los elementos esenciales y ponerlos a disposición de nuevo para las plantas. La influencia de esta importante población de lombrices puede resumirse en las funciones que desempeña:

- Función metabólica: las lombrices degradan los restos vegetales, liberando los elementos químicos (N, P, K, Ca, Mg, etc.) que contienen.
- Función biótica: estimulan la micro flora del suelo y el número de microorganismos se duplica o triplica gracias a sus actividades mecánicas y aireadas.

4.3.2.2. Reciclaje de residuos inorgánicos

El reciclaje se logra de dos maneras, la primera es mediante la separación y acopio en las industrias, comercios y grandes generadores y productores de materiales reciclables homogéneos (papel, cartón, botellas, plásticos y metales ferrosos y no ferrosos) para venderlos a recolectores privados especializados.

4.3.2.2.1. Papel

Recoger los residuos de papel que se generan en nuestros hogares, oficinas, etc., y garantizar su recuperación, ya sea a través de una empresa recuperadora o depositándolos en los contenedores instalados por los ayuntamientos en las calles, es una de las mejores prácticas ambientales que se pueden realizar. Al reciclar el papel evitamos que una gran cantidad de residuos se depositen en vertederos o quemen en incineradoras, previniendo los graves impactos ambientales asociados a estas instalaciones. Además, se colabora en el ahorro de recursos naturales como madera, agua y energía.

Para asegurar que todos los residuos de papel generados se reciclan, es importante organizar un sistema sencillo y eficiente de recogida selectiva y comprobar que todas las personas lo conocen bien.

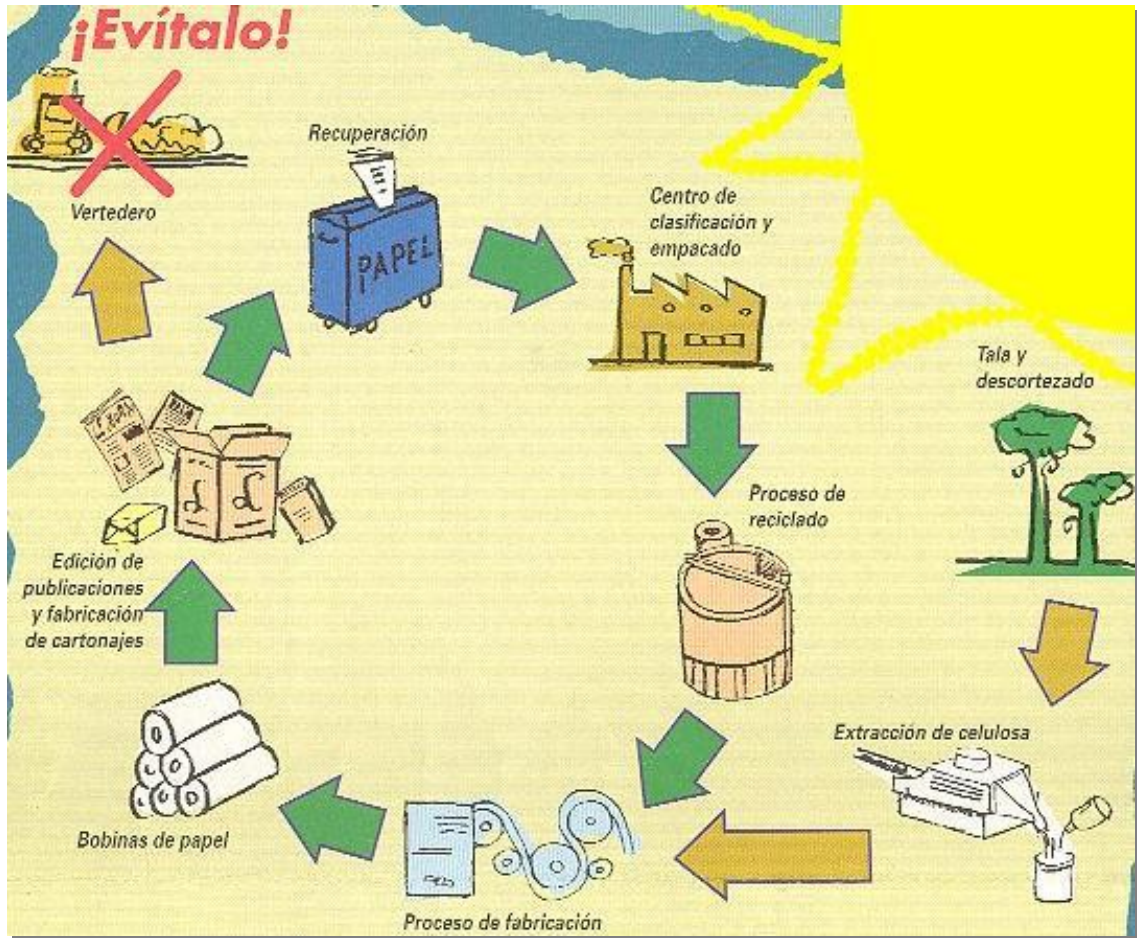
Es importante que todos conozcan qué tipos de papel se deben recoger selectivamente para su reciclaje, que materiales hay que evitar depositar junto a este papel y cómo se debe depositar. Se pueden poner carteles en los contenedores de recogida selectiva o en los tablones de anuncios para informar e ir creando la conciencia ecológica.

Dentro del papel reciclable se encuentran los siguientes: papel de impresión y escritura, papel continuo, sobres, listados de ordenador, guías telefónicas, catálogos, folletos periódicos, revistas, libros, carpetas y subcarpetas de papel o cartulina, publicidad, envases y embalajes de papel y cartón.

Entre el papel no reciclable se puede mencionar: papel de autocopiado, papel térmico para fax, etiquetas adhesivas, cartones de bebidas, papel encerado o parafinado, papel higiénico y sanitario. Es importante evitar depositar grapas, precintos, plásticos, tintas, tóneres y cuerdas.

El papel se debe depositar en los contenedores sin romperlos, ni arrugarlos, para que ocupen el menor espacio posible. Libres de clips, grapas y ventanillas de plástico. Los cartones deben plegarse y se deben quitar los precintos.

Figura 5. Reciclaje del papel



Fuente: <http://www.reciclon.net/papel-reciclaje.htm>. Consultado el 22 de junio de 2011.

4.3.2.2. Vidrio

El vidrio es un material que por sus características es fácilmente recuperable. Concretamente el envase de vidrio es 100% reciclable, es decir, que a partir de un envase utilizado, puede fabricarse uno nuevo que puede tener las mismas características del primero. Esta facilidad de reutilización del vidrio abre un amplio abanico de posibilidades para que la sociedad y las

administraciones afectadas puedan autogestionarse de una manera fácil su medio ambiente.

El vidrio es un silicato que se funde a 1200 grados. Está constituido esencialmente por sílice (procedente principalmente del cuarzo), acompañado de caliza y otros materiales que le dan las diferentes coloraciones.

Desde el punto de vista de su aplicación, el vidrio se clasifica en: industrial y doméstico. Se entiende como vidrio industrial el vidrio que no es utilizado como envase para productos alimenticios (almacenamiento de productos químicos, biológicos, vidrio plano: ventanas, cristales blindados, fibra óptica, bombillas, etc.) y como vidrio doméstico el que se emplea para almacenar productos alimenticios (conservas, vinos, yogures, etc.); aunque de una manera más generalizada, es el vidrio que el ciudadano deposita en los contenedores destinados a este fin.

Desde el punto de vista del color los más empleados son:

- El verde (60%): utilizado masivamente en botellas de vino, cava, licores y cerveza, aunque en menor cantidad en este último.
- El claro (25%): usado en bebidas gaseosas, cervezas, medicinales, perfumería y alimentación en general.
- El extra-claro (10%): empleado esencialmente en aguas minerales, tarros y botellas de decoración.
- El opaco o ámbar (5%): aplicado en cervezas y algunas botellas de laboratorio.

Más del 42% del vidrio reciclado procede del doméstico, siendo el sector principal de producción de vidrio recuperable.

Como el proceso es muy costoso, las industrias están luchando por conseguir que parte de ese costo sea pagado por el consumidor. El reciclaje exige diversas condiciones, entre otras; los materiales deben estar limpios y separados del resto de la basura; los proveedores deben garantizar un mínimo del producto y éste tiene que ser entregado a plazos fijos.

Es importante señalar que el reciclaje de vidrio necesita un 26% menos de energía que la producción original, en la que para crear un kilo de vidrio se necesitan unas 4 200 kilocalorías de energía. Además el material generado por reciclaje reduce en un 20% la contaminación atmosférica que provocaría por el proceso habitual y disminuye en un 40% la contaminación de agua.

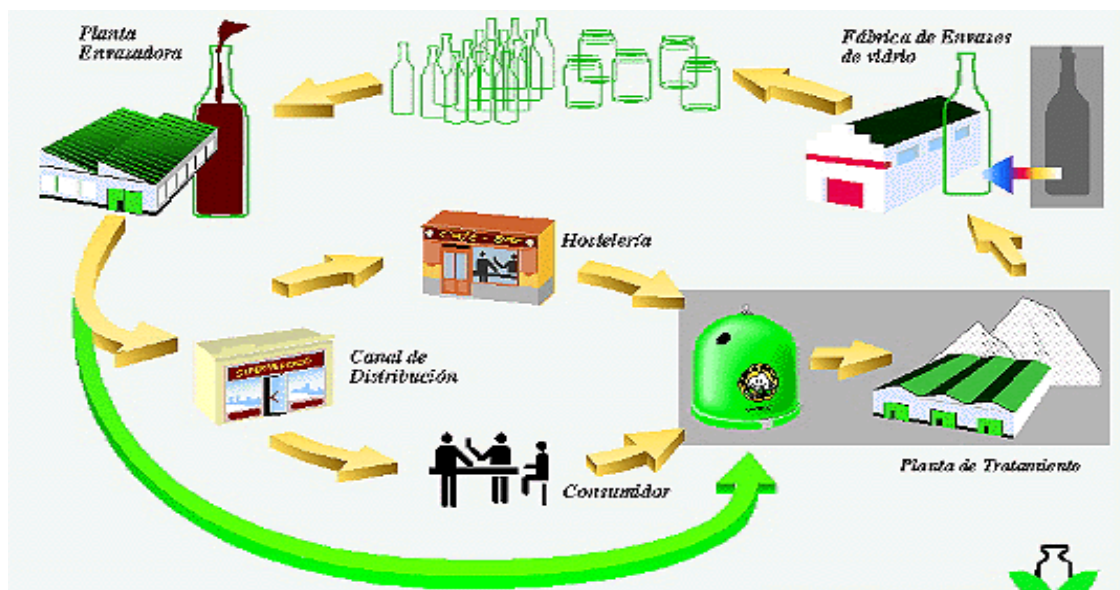
Otro dato, la energía que se ahorra del procesamiento de una botella de cristal puede mantener encendida una bombilla de 100 watts durante 4 horas.

El primer paso en el proceso de reciclado de vidrio es la limpieza. Aunque el vidrio se encuentre mezclado en distintos colores, no influye para la producción de nuevos envases, ya que al vidrio de color se le trata con decolorante. Es por eso la importancia del blanco, ya que es más puro y minimiza el uso de decolorante.

En primer lugar se retira el grueso de plástico que contienen los envases, luego el vidrio es lavado en una especie de lavarropas, el cual le va quitando los vestigios de tierra o de grasa que pueda poseer. Una vez que está limpio, va pasando por distintos tamices y martillos, en los que se va moliendo hasta lograr la granulometría necesaria. El próximo paso es por un recipiente

especial con imanes donde quedan los vestigios de metal. Una vez finalizado este proceso, se funde en un horno a 1600 grados centígrados en una proporción de 50% de vidrio reciclado y 50% de materia virgen para lograr, como resultado final, los nuevos envases de vidrio. El proceso desde que entra al horno, hasta lograr como resultado final nuevos envases de vidrio dura 24 horas.

Figura 6. **Reciclaje del vidrio**



Fuente: html.rincondelvago.com/reciclaje-del-vidrio.html Consultado el 22 junio de 2011.

4.3.2.2.3. **Plásticos**

El reciclaje de plástico es un proceso sencillo, ya que es un material biodegradable, a pesar de que algunos subtipos no tanto. Respecto al proceso de elaboración de este material, lo que debe llevarse a cabo es la elaboración del polímero, teniendo como lugar de trabajo una industria química. En la actualidad, la recuperación del material en la etapa de post-consumición

también se erige como muy importante. La mayor parte de los plásticos que son terminados en la industria posteriormente se emplean de manera directa y con la forma de la resina y del grano. En cuanto al moldeo, no hay una sola forma. Puede ejecutarse mediante la compresión, la inflación, así como también mediante sistemas de inyección y rotación.

En la actualidad, la necesidad de establecer el reciclaje de plástico se encuentra siempre latente. El proceso consiste, justamente, en conectar los productos, para luego limpiarlos y seleccionarlos según su tipo especial. Por otra parte, se remata el procedimiento con la fundición, que tiene como consecuencia la posterior obtención de la materia prima, que puede ser adicional, sustituta o bien alternativa, y que será de invaluable uso para el moldeo de otros productos.

Figura 7. **Tipos de plástico y su reciclaje**



Fuente <http://www.maquinariapro.com/tecnologia/reciclaje-de-platico.html>. Consultado el 22 junio de 2011.

A partir del reciclaje de plástico, las sociedades han dado con un método muy efectivo para que se eviten los problemas de contaminación de los productos que no son para nada fáciles de desechar, al menos no convencionalmente. Esto se debe a las características de sus componentes; es

decir, a todos los rasgos inherentes de los materiales que los constituyen. Sin embargo, hay otros desechos plásticos que no son tan susceptibles a reinsertarse nuevamente en el medio.

Un ejemplo de esto son los envases de líquidos, tales como el aceite de cocina, que no presenta una tendencia a ser re-asimilado en la naturaleza. ¿Por qué no tiene esta tendencia? Justamente porque su material tarda muchísimos años en degradarse por completo, de hecho, estudios han informado que este tipo de envases pueden llegar a tardar aproximadamente quinientos años en atravesar todas las fases del proceso de degradación, con lo cual no pueden ser reutilizados.

4.3.2.2.4. Metales

El reciclaje de los metales contribuye significativamente a no empeorar la situación actual de contaminación. El proceso incluye lo siguiente:

- Se recogen y clasifican los diferentes metales.
- Las latas de aluminio y acero se comprimen para llevarlas a la planta de reciclado.
- Las latas comprimidas se meten en una trituradora para desmenuzarlas.
- Un enorme imán que se sitúa sobre el metal separa el acero del aluminio. Los dos metales tendrán una aventura diferente en su proceso de reciclaje.
- El aluminio se funde y se moldea en lingotes de 25 toneladas.

- Los lingotes de aluminio se funden y se pasan por rodillos para formar láminas finas, haciendo así latas nuevas.
- En el caso de acero por ejemplo, las latas de conserva están formadas un 99% de acero, forrado en el interior con una fina capa de estaño, evitando así la oxidación del material que contienen.
- Se colocan estas latas en un cubo con agua, sometiéndolo a electricidad y sustancias químicas. La reacción obtenida es que el estaño flota separándolo del acero.
- El acero puro se lava e introduce en la fundidora para hacer lingotes.
- Los lingotes de acero se funden y pasan por rodillos para así formar láminas finas en hojas delgadas para latas nuevas.

Los objetos reciclables de metal son: latas de conservas, latas de cerveza, tapas de metal, botones de metal, papel aluminio, bolsa interior de la leche en polvo, alfileres, alambre, cacerola de aluminio, etc.

Figura 8. Reciclaje del aluminio



Fuente: <http://www.gritamx.com>. Consultado el 23 junio de 2011.

4.3.3. Método del relleno sanitario

El relleno sanitario es una técnica de disposición final de los residuos sólidos en el suelo que no causa molestia ni peligro para la salud o la seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de su clausura. Esta técnica utiliza principios de Ingeniería para confinar la basura en un área lo más estrecha posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen.

Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos por efecto de la descomposición de la materia orgánica.

Los rellenos sanitarios se clasifican en: el botadero controlado o semi-controlado, relleno sanitario manual, relleno sanitario semi-mecanizado y relleno sanitario mecanizado.

El botadero semi-controlado o controlado puede ser el primer paso para muchas ciudades y municipalidades en la evolución de mejoramiento. Generalmente, el botadero controlado existe lejos de la municipalidad o está ubicado donde el público no puede verlo, y por lo tanto se puede controlar más fácilmente el acceso.

El diseño no tiene muchos criterios de ingeniería para operación, por lo que para municipios pequeños que no tienen la forma de adquirir equipo pesado para construir y operar un relleno sanitario convencional como algunas ciudades más grandes, el relleno sanitario manual se presenta como una alternativa técnica y económicamente factible.

El relleno sanitario manual es una tecnología que se aplica cuando la mano de obra está disponible más fácilmente que la maquinaria que haría el mismo trabajo. Los obreros del relleno sanitario manual realizan todas actividades a mano: descarga, colocación, compactación y cubierta de los desechos, así como el mantenimiento de cunetas, construcción de chimeneas y drenajes, excavación de nuevos módulos etc.

La tecnología del relleno manual tiene sus límites. La compactación del material es menos eficiente, y por consecuencia, la estabilidad del cuerpo de basura no permite alturas elevadas. Esta situación resulta en la necesidad de un mayor espacio con el consecuente aumento en la producción de aguas lixiviadas. No obstante estas desventajas, suele ser la solución más conveniente para municipios y comunidades pequeñas, municipios ubicados en sitios aislados y municipios con fondos escasos.

Los rellenos sanitarios con compactación mecanizada son la tecnología apropiada para municipalidades medianas y grandes que producen una cantidad diaria de basura que no sería factible manejar completamente a mano. Estos municipios disponen generalmente de fondos más adecuados y también de personal técnico capacitado.

En el relleno sanitario mecanizado trabajan generalmente uno o dos tractores compactadores que realizan los trabajos de colocación, compactación y cubierta de los desechos; y las excavaciones y el transporte necesario para suministrar nuevo material de cobertura. Los trabajos de mantenimiento se pueden hacer manualmente o con apoyo de maquinaria, dependiendo de la disponibilidad y necesidad de estas máquinas (por ejemplo, excavación de cunetas manualmente o con retroexcavadora).

En el cuadro siguiente se dan algunas recomendaciones indicando en qué situación se preferiría qué tipo de relleno sanitario. Se recomienda a cada municipalidad que planifica construir un relleno sanitario, hacer un estudio de factibilidad comparando las ventajas y desventajas de las dos tecnologías para el caso específico.

Tabla III: **Comparación del relleno manual con el mecanizado**

Situación	Relleno manual	Relleno con compactación mecanizada
Municipalidad o comunidad muy pequeña (< 5000 habitantes)	Siempre se recomienda	No
Municipalidad pequeña (< 50,000 habitantes)	Se recomienda generalmente	Se recomienda si se puede compartir con otros municipios cercanos.
Municipalidad mediana (50,000 - 200,000 habitantes)	Solamente en circunstancias especiales (existe terreno vasto, no hay mano de obra especializada, mano de obra barata, no se dispone de maquinaria)	Se recomienda generalmente.
Municipalidad grande (>200,000 habitantes)	No	Siempre se recomienda.
Municipalidad muy aislada	Favorable para la implementación del relleno manual	Solamente se recomienda para municipios medianos y grandes.
Terreno es muy caro o limitado	Solamente para municipios muy pequeños	Se prefiere también para municipios pequeños - medianos (el tractor se puede utilizar a medio tiempo, si es posible)
Sitio muy lluvioso	Se recomienda para municipios pequeños y muy pequeños, tomando precauciones especiales (drenajes, cubierta)	Se prefiere generalmente
Se entierran también desechos peligrosos	Se pueden implementar las dos alternativas, tomando precauciones especiales (establecimiento de una celda separada de seguridad)	
No se dispone de mano de obra calificada	Se prefiere para municipios pequeños - medianos	Solamente se recomienda para municipios medianos - grandes.
El relleno sanitario se encuentra en un sitio bajo protección (parque nacional, bosque protegido, etc.)	Se pueden implementar las dos alternativas, con cuidado especial para disminuir las emisiones (capa impermeable de fondo, laguna suficiente, recuperación de los desechos valorables, etc.)	
Mano de obra muy barata	Se prefiere generalmente	Se recomienda para municipios medianos - grandes

Fuente: RÖBEN, Eva. Manual para el diseño, construcción, operación y cierre de relleno sanitario municipal. DED/ Ilustre Municipalidad de Loja Ecuador. 2002. p. 5.

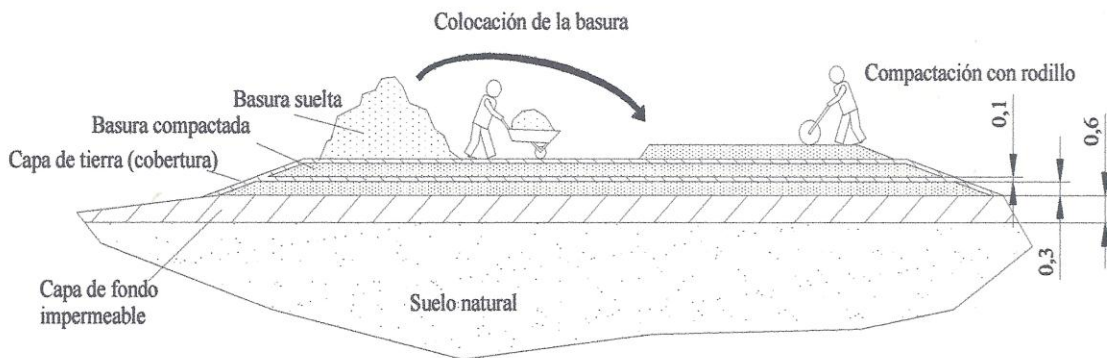
4.3.3.2. Tecnología a utilizar

La tecnología a utilizar más apropiada para el municipio es la del tipo de relleno manual. La basura se descarga lo más cerca posible al sitio donde se rellenará; para eso es importante que se indique al chofer del vehículo

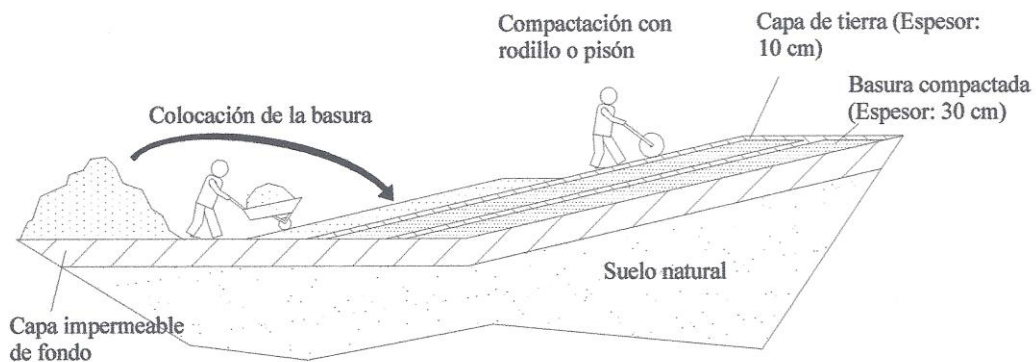
recolector. Los trabajadores colocan la basura en capas delgadas, de un espesor máximo de 30 cm. Se pueden construir capas horizontales o capas inclinadas que se apoyen en un talud natural o en las capas construidas anteriormente. Si se hace la colocación de la basura con capas inclinadas, estas no deben ser más inclinadas que 1:3. El sistema de colocación se muestra en el siguiente dibujo:

Figura 9. Colocación manual y compactación de la basura

a) Capas horizontales



b) Capas inclinadas



Fuente: RÖBEN, Eva. Manual para el diseño, construcción, operación y cierre de relleno sanitario municipal. DED/ Ilustre Municipalidad de Loja Ecuador. 2002. p. 93 y 94.

Las capas se deben construir diariamente, compactar después de la terminación de la jornada y cubrir con tierra. Para la protección del relleno sanitario contra roedores, insectos y otros animales (gallinazos, perros callejeros etc.), y para impedir la dispersión de materiales volátiles, polvo y olores es muy importante que no quede expuesto ningún desecho.

El material de cobertura se puede conseguir del sitio mismo del relleno. Si se hace el relleno manual en forma de trinchera, el material excavado sirve como cobertura diaria y también se puede utilizar como cobertura final. En caso de que se construya el relleno sanitario en el área, hay diferentes posibilidades de suministrar el material de cobertura:

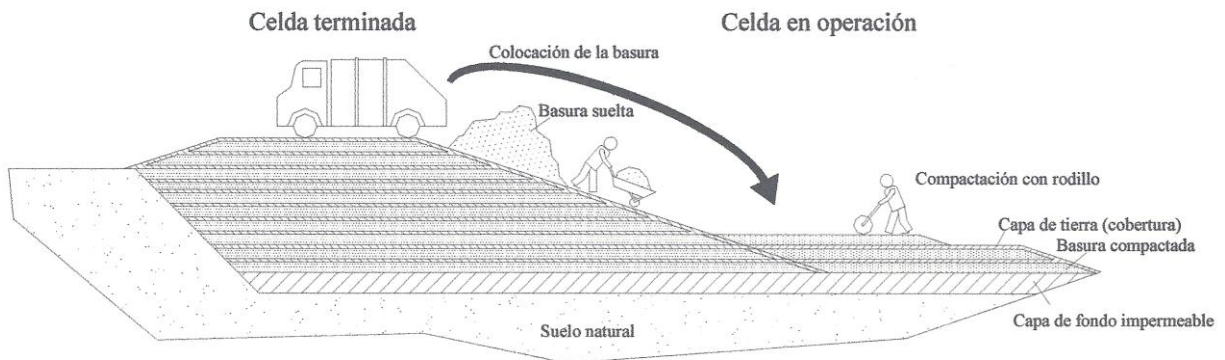
- Si se aprovechan los desechos biodegradables produciendo humus, la fracción gruesa del compost se puede utilizar para cubrir los desechos.
- Si el relleno se construye en un terreno inclinado, se puede nivelar el talud y utilizar la tierra sobrante.
- Se puede acoger en el relleno sanitario la tierra sobrante de excavaciones dentro de la ciudad, anunciando que se recibe la tierra en el relleno.

En regiones con mucha precipitación, la excavación o el transporte diario del material de cobertura puede ser problemático, como la tierra se satura de humedad, pesa más y es más pegajosa que en la época seca. Aquí se recomienda almacenar una cantidad suficiente de material de cobertura en el mismo relleno. Si es posible, se almacena esta tierra sobre una celda ya terminada. Con esto, la distancia de transporte hacia la celda actualmente operada sería mínima, y el peso de la tierra acumulada ayudaría a compactar más la celda terminada y disminuye la generación de aguas lixiviadas.

La compactación de la basura colocada y de la cobertura se realiza con los pisones manuales y con el rodillo manual. Para compactar los taludes, el uso del pisón es más recomendable; para superficies horizontales se utiliza el rodillo manual. La figura 10 muestra cómo se debe hacer la compactación manual de la capa diaria. Para mejorar la compactación de las celdas, se puede también organizar que pasen los vehículos de recolección sobre las celdas. Para eso, ya se debe haber hecho una buena compactación manual anteriormente y no se debe realizar este trabajo en el periodo lluvioso, puesto que hay peligro que se hundan los vehículos si el terreno es demasiado flojo.

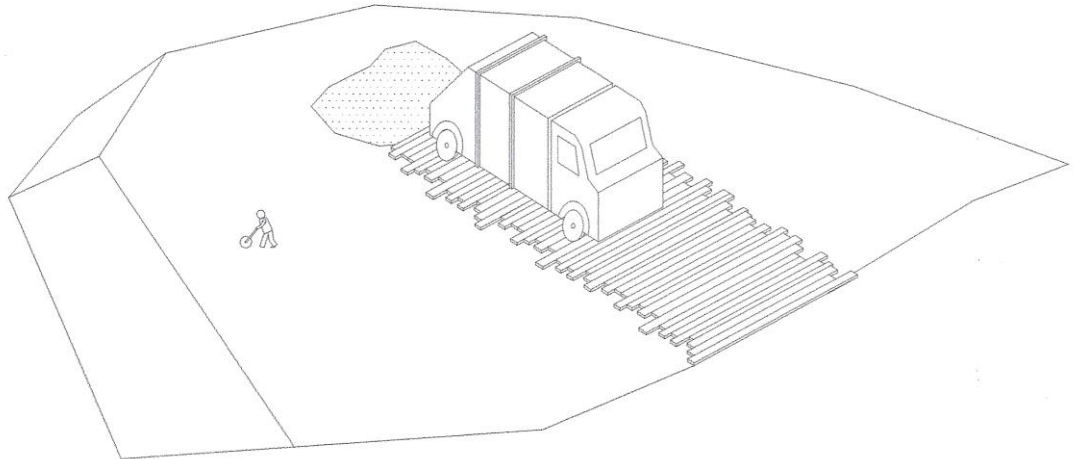
El transitar de los vehículos sobre los desechos se puede facilitar poniendo planchas y palos sobre la celda de basura, como se muestra en la figura 11.

Figura 10: **Transitar de vehículos sobre una celda determinada**



Fuente: RÖBEN, Eva. Manual para el diseño, construcción, operación y cierre de relleno sanitario municipal. DED/ Ilustre Municipalidad de Loja Ecuador. 2002. p. 95.

Figura 11: **Colocación de planchas para estabilizar el pasaje del vehículo**



Fuente: RÖBEN, Eva. Manual para el diseño, construcción, operación y cierre de relleno sanitario municipal. DED/ Ilustre Municipalidad de Loja Ecuador. 2002. p. 95.

Si el vehículo recolector pasa cada día sobre las celdas terminadas, contribuye con su peso a aumentar considerablemente la densidad de la celda y, por consecuencia, minimizar la cantidad de las aguas lixiviadas.

4.3.3.3. Capacidad necesaria para el relleno

Antes de buscar un lugar para un relleno, se debe calcular la cantidad de basura que será colocada en el mismo. Se puede estimar la producción de basura diaria per cápita (ppc) total de basura en 0,5 – 0,6 kg/(persona*día) en las ciudades, 0,4 – 0,5 kg/(persona*día) en áreas rurales. El 60 - 80% de esa basura es basura biodegradable, el resto es inorgánica. Se puede reducir la cantidad de basura considerablemente, si se clasifica previamente en los hogares y se valora mediante el compostaje y el reciclaje.

Si se aprovecha del compostaje/lombricultura y del reciclaje, se disminuye la cantidad de basura que será dispuesta en el relleno, lo que extiende su vida útil y, por consecuencia, bajan los costos del manejo de desechos sólidos.

La capacidad necesaria se calcula de la siguiente manera:

$$V_{\text{basura}} = \text{ppc} * N * 365 * t / \rho$$

$$V_{\text{relleno}} = 1,3 * V_{\text{basura}}$$

$$A = V_{\text{relleno}} / h_{\text{celda}}$$

A = Área necesaria para el cuerpo de la basura

Hcelda= altura de la celda

Vbasura: Volumen de la basura

Vrelleno: Volumen necesario para el relleno

ppc: Producción diaria de basura per cápita

N: Número de habitantes de una ciudad

t: Vida útil del relleno (años)

ρ : Densidad de la basura

La densidad de basura varía según su estado de compactación.

Generalmente, se puede resumir como sigue:

Basura en el recipiente domiciliario: 105 - 210 kg/m³

Basura en el recolector: 350 - 630 kg/m³

Basura compactada en el relleno manual: 400 - 600 kg/m³

Basura compactada mediante maquinaria: 600 - 810 kg/m³

Se multiplica el volumen de basura con el factor 1,3 para obtener el volumen necesario del relleno, considerando que se añade material de cobertura. La vida útil debería ser más de 10 años, caso contrario, no se justifican los gastos para la adquisición y preparación del terreno.

Para el cálculo de la proyección de la población se toma como población inicial la del 2004, la cual es de 1340 habitantes y una tasa de crecimiento poblacional del 1,5%. Para el cálculo de la población futura se utiliza el método de proyección geométrica; ya que es el más utilizado en Latinoamérica, como lo es el municipio de San Juan Ermita, y ya teniendo la población futura se procede a determinar la cantidad de basura total y también la cantidad de basura que se depositará en el relleno sanitario.

Ecuación para el cálculo de la proyección de la población:

$$\text{Población} = P_0 (1 + R)^n$$

P_0 = Población inicial

R = Tasa de crecimiento

n = Cantidad de años

Tabla IV: **Cálculo del volumen de relleno sanitario**

Año	Poblacion	Producción de basura (kg/día)	Basura al relleno (m ³ /año)	Area necesario (m ²)
2012	1510	754,75	459,14	191,31
2013	1532	766,07	466,03	194,18
2014	1555	777,56	473,02	197,09
2015	1578	789,23	480,11	200,05
2016	1602	801,06	487,31	203,05
2017	1626	813,08	494,62	206,09
2018	1651	825,28	502,04	209,18
2019	1675	837,66	509,57	212,32
2020	1700	850,22	517,22	215,51
2021	1726	862,97	524,98	218,74
2022	1752	875,92	532,85	222,02
2023	1778	889,06	540,84	225,35
2024	1805	902,39	548,96	228,73
2025	1832	915,93	557,19	232,16
2026	1859	929,67	565,55	235,64
2027	1887	943,61	574,03	239,18
2028	1916	957,77	582,64	242,77
2029	1944	972,13	591,38	246,41
2030	1973	986,72	600,25	250,10
2031	2003	1 001,52	609,26	253,86
total			10 616,99	4 423,75

Fuente: elaboración propia.

4.3.3.4. Selección del lugar

No existe lugar ideal para la ubicación de un relleno sanitario, para la selección del mismo se evalúan las tres componentes más importantes que son factores económicos, ambientales y técnicos al sitio propuesto (ver plano 1 del apéndice).

- Los factores económicos se ven afectados por la distancia del área de procedencia de los desechos, la propiedad del terreno en cuestión, las dimensiones del terreno y por último los caminos de acceso.

La distancia ideal máxima recomendada es de 3,2 kilómetros del centro de gravedad de procedencia para un tiempo aproximado de 30 minutos de ida y vuelta. Para el caso del sitio seleccionado se encuentra a 2,2 kilómetros del centro de gravedad de procedencia a 20 minutos de ida y vuelta.

En cuanto al terreno es de propiedad municipal, por lo que no representa ningún costo.

El área del terreno cumple con el área necesaria para realizar un relleno sanitario y cuenta con la posibilidad de poderse extender, lo cual lo hace ideal con fin de mantener las inversiones y esfuerzos que se hacen para la preparación del sitio.

Y por último, del centro de gravedad de procedencia hacia la disposición final cuenta con 700 metros de calle pavimentada y 1500 metros de terracería. Para este caso evaluamos dos factores importantes a) que el camión pueda llegar hasta donde tiene que hacer descarga de los desechos sólidos, lo cual se cumple con este requisito y b) mantenimiento y ampliación de vías, el tramo más vulnerable son los 1500 de terracería, lo cual pueden ser un factor de costo.

- Dentro de los factores ambientales a tomar en cuenta se encuentran la protección de las aguas superficiales, el valor ecológico del terreno en cuestión, la proximidad a áreas habitadas y el clima.

No se debe elegir un sitio para un relleno sanitario a orillas de un río, lago, mar, etc., pues aparte del grave problema de la contaminación de las aguas superficiales, puede causar otros daños como muertes por deslizamientos. Para el sitio propuesto no hay aguas superficiales cerca, a excepción de las escorrentías por aguas de lluvia, las cuales se canalizarán por los muros de piedra.

El sitio no se encuentra en un área de interés ecológico para instituciones gubernamentales y municipales. No se encuentra en perímetros de áreas protegidas, no existen parques en las cercanías y reservas de bosques.

El sitio se encuentra ubicado en el Barrio Linda Vista, conformado por algunas viviendas muy dispersas, además el sitio se encuentra entre lomas, lo cual constituye una barrera natural, evitando también que no exista vista directa de la población.

Los criterios más importantes a evaluar son la calidad del aire y la precipitación. Con respecto al viento, el sitio se encuentra ubicado al oeste del centro del municipio y los vientos predominantes provienen del este, por lo que la población no se verá afectada por malos olores.

La precipitación promedio anual es de 1 188,10 mm según los datos del INSIVUMEH Estación Camotán, provenientes de 1990 al 2010. La evapotranspiración anual de esta región es de 1920 a 2060mm, considerando el lugar como semiárido por la poca capacidad de los suelos de retener el agua.

- Dentro de los factores técnicos se encuentran la morfología del terreno, la estructura y composición del suelo, el nivel de las freáticas y existencia de material apropiado para la cobertura.

Se prefiere la construcción en terreno plano o ligeramente inclinado; entre 2 - 12%. La pendiente natural del terreno muestra que se encuentra en el límite superior recomendado, es por ello que el terreno se debe tratar con la conformación de taludes.

Los terremotos también son bastante peligrosos para los rellenos sanitarios. En caso de terremoto, pueden ocurrir explosiones y caídas de tierra a gran o pequeña escala, lo que constituye un riesgo para los trabajadores del relleno, las poblaciones cercanas y el medio ambiente. La presentación de una falla geológica podría destruir el acceso al relleno sanitario.

Se prefieren suelos con alto porcentaje de arcilla para asegurar baja permeabilidad.

No se debe construir un relleno sanitario donde la capa freática se encuentra a una profundidad menor de 3 metros, se considera factible que esté en el rango de los 3 a 10 metros de profundidad, se consideran muy profundas cuando se encuentran a 40 m. A nivel de municipio no se considera el aprovechamiento de capas freáticas, debido a que puede estimarse que se encuentran entre 150 a 300 metros de profundidad, estas profundidades hacen que el aprovechamiento de estos recursos sea de alto costo.

Con respecto al material apropiado para cobertura no se cuenta el mismo en el área por lo que será evaluado en los costos del proyecto.

Figura 12. **Ubicación del relleno sanitario municipio San Juan Ermita**



Fuente: Barrio Linda Vista, San Juan Ermita, Chiquimula

4.3.3.4. Forma topográfica y seguridad en el suelo

La forma del relleno sanitario depende de la topografía del terreno previsto para ese uso. Las formas más comunes para un relleno sanitario manual son:

- Excavación de celdas en un terreno plano.
- Construcción de celdas terrazadas sobre un talud.

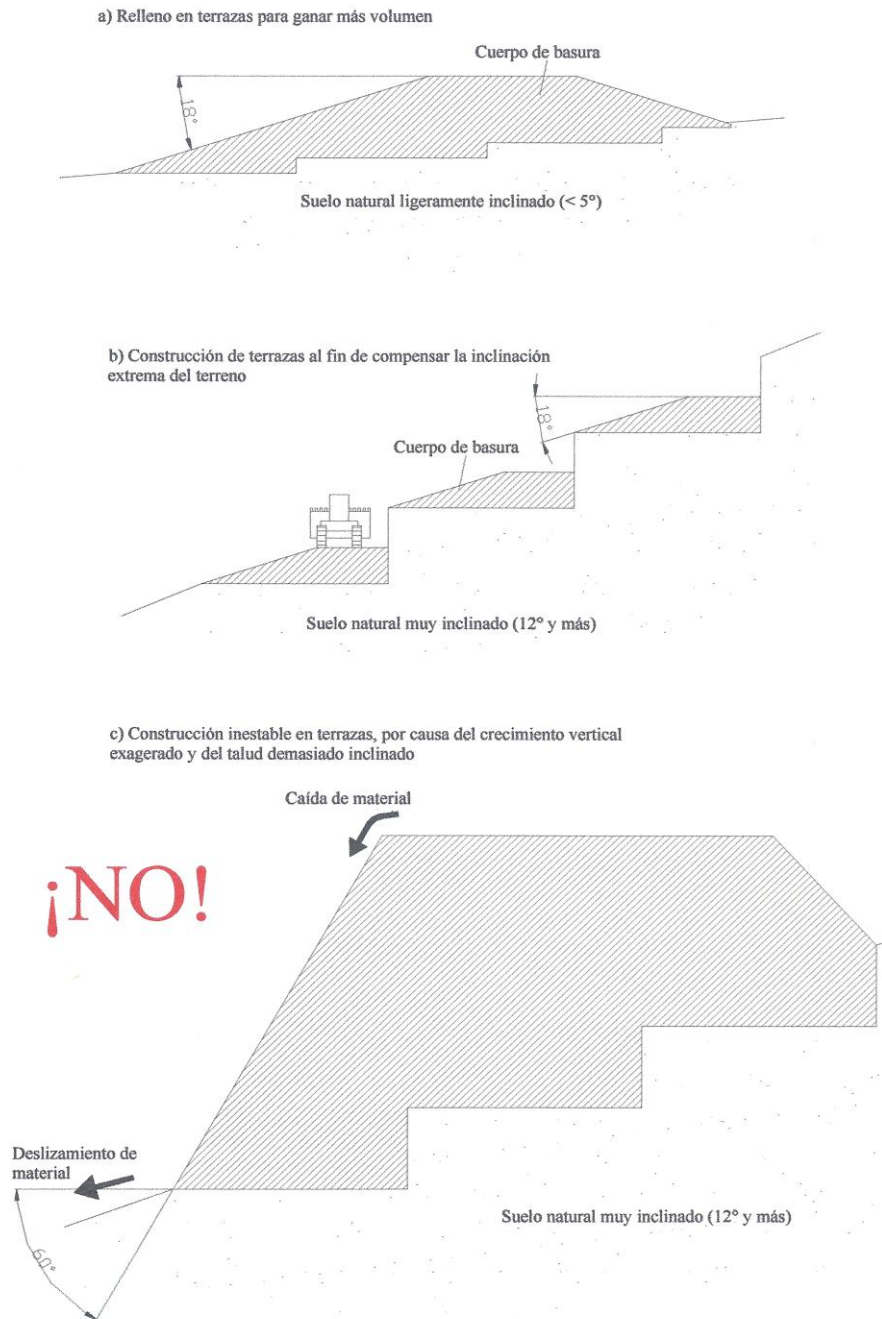
Para los rellenos manuales son válidas las mismas limitaciones como para los rellenos compactados por maquinaria. Es decir, la excavación de zanjas en un terreno plano pone el mismo problema de la evacuación de las aguas lixiviadas como el relleno de una fosa. Es verdad que no se da tanta importancia a ese problema en comunidades pequeñas, pensando que la cantidad de aguas lixiviadas es sumamente baja y se puede infiltrar al suelo. No es muy factible construir las celdas de un relleno manual sobre un terreno plano, puesto que se los obreros deberían levantar la basura hacia el nivel actual de la celda, lo que significaría mucho más esfuerzo físico que el relleno de una celda excavada.

Para los rellenos manuales es ideal la construcción de celdas en terrazas, al fin de poder evacuar las aguas lixiviadas con pendiente natural.

Debido a que la compactación manual no da tan buenos resultados como la compactación con maquinaria pesada, la extensión vertical de un relleno manual es limitada. El material relativamente suelto puede caer y causar daños graves; tanto a los obreros, como al medio ambiente (por ejemplo, caída dentro de un río). Por eso, no se recomienda construir un relleno manual con terrazas superpuestas.

El talud del cuerpo de basura tampoco debe superar los 18° - $18,5^\circ$ (pendiente de 1:3). Si se plantan arbustos y árboles sobre los taludes terminados, se mejora la estabilidad de estos.

Figura 13. **Relleno sanitario construido en terrazas**



Fuente: RÖBEN, Eva. Manual para el diseño, construcción, operación y cierre de relleno sanitario municipal. DED/ Ilustre Municipalidad de Loja Ecuador. 2002. p. 20.

4.3.3.5. Construcción del fondo del relleno

Como es bastante costosa la construcción de la base ideal de un relleno sanitario y no se encuentra en todas partes una barrera geológica suficiente, hay que establecer unos criterios mínimos para la base de un relleno sanitario.

¿Cuáles son los objetivos mayores que se quiere lograr con la construcción de la base del relleno sanitario?

- Protección de los acuíferos.
- Evacuación controlada de las aguas lixiviadas, con el fin de tratarlas en una laguna de tratamiento biológico u otra planta equivalente.
- Evacuación de las aguas lixiviadas, con el fin de asegurar la estabilidad del cuerpo de basura.

Si no es posible lograr esos objetivos de manera óptima, hay que intentar hacer lo mejor con las posibilidades existentes. Aquí es importante hacer una distinción entre sitios con alto o mediano nivel de precipitación y sitios con muy baja precipitación.

En regiones donde la precipitación anual no exceda los 300 mm y se cuente con un canal apropiado para interceptar y desviar las aguas lluvias, se espera que no se presenten problemas significativos con las aguas lixiviadas. En consecuencia, en un sitio que se encuentra en una región sumamente seca, se puede renunciar a algunos elementos que constituyen la capa de base óptima. En otros sitios donde llueve bastante o en sitios que se encuentran en una región ecológicamente importante o sensible, no se debería descuidar la

base del relleno sanitario, pero se puede optar por soluciones menos costosas y más fáciles.

4.3.3.6. Aguas lixiviadas

La cantidad de las aguas lixiviadas que se producen en un relleno sanitario depende de factores diferentes:

- La precipitación
- El área del relleno
- El modo de operación (relleno manual o compactado con maquinaria, sistema de compactación)
- El tipo de basura

La cantidad de aguas lixiviadas para precipitaciones de 700 mm/año, 1500 mm/año y para 3000 mm/año ha mostrado una producción de un 60% y para rellenos sanitarios compactados con maquinaria pesada, desciende a un 25% de la producción.

Esto indica que la producción de aguas lixiviadas puede ser extremadamente alta en rellenos manuales que se encuentran en regiones con alta pluviosidad. La minimización de las aguas lixiviadas es especialmente importante para rellenos manuales sujetos a precipitaciones elevadas, ya que es difícil el tratamiento de una cantidad muy alta de aguas lixiviadas que se pueden generar. Las medidas más importantes para la minimización de aguas lixiviadas en rellenos manuales son:

- No construir el relleno en áreas completamente planas o en trincheras, pero sí en terrazas o sobre un terreno ligeramente inclinado para que una parte de las aguas de lluvia pueda desaguarse en la superficie, sin percolar al cuerpo de basura.
- Cubrir las celdas terminadas con tierra y sembrar plantas con alta capacidad de absorción para secar el terreno.
- Construir drenes para agua de lluvias alrededor de las celdas para evitar que se infiltre agua de afuera al cuerpo de basura.
- Cubrir las celdas con plástico de invernadero desechado o con helecho (ese método no sirve en trincheras excavadas, solamente en celdas que tienen la forma de terraza o que son construidas sobre terrenos inclinados).

Tabla V. **Cálculo de la ETP mensual mediante la fórmula de Thornthwaite**

	set	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	Total		
temp	26.18	25.12	24.07	22.69	23.65	24.83	26.52	28.09	27.84	26.97	26.52	26.32	26.18			
i	12.26	11.52	10.80	9.87	10.51	11.32	12.50	13.64	13.46	12.82	12.50	12.36	12.3	143.57	a=	3.473
ETP sin corr	128.9	111.7	96.3	78.4	90.5	107.3	134.8	164.7	159.7	142.9	134.8	131.3	128.9			
nºdías mes	30	31	30	31	31	28.25	31	30	31	30	31	31	30.0			
nº horas luz	8.28	8.26	7.75	7.88	7.94	7.36	8.43	8.44	8.98	8.8	9.05	8.83	8.28			
ETP corr.	88.9	79.4	62.2	53.2	61.9	62.0	97.9	115.8	123.5	104.8	105.1	99.9	88.9	1054.5		

Fuente: proporcionada por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga, EPS, Facultad de Ingeniería, USAC.

Tabla VI. **Cálculo de excedente**

	set	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	Total
P	234.2	112.1	26.4	8.2	3.5	2.8	8.4	39.3	126.6	269.9	170.0	186.5	1187.9
ETP corr.	88.9	79.4	62.2	53.2	61.9	62.0	97.9	115.8	123.5	104.8	105.1	99.9	748.1
ETR	88.9	79.4	62.2	32.4	3.5	2.8	8.4	39.3	123.5	104.8	105.1	99.9	750.2
Déficit	0.0	0.0	0.0	20.8	58.4	59.2	89.5	76.5	0.0	0.0	0.0	0.0	304.4
Reserva	0	60.0	60.0	24.2	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	60.0	60.0	60.0	
Excedentes	85.3	32.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	108.2	64.9	86.6	377.7

Fuente: proporcionada por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga, EPS, Facultad de Ingeniería, USAC.

La cantidad máxima de aguas lixiviadas a tratar por año son 60% del excedente por el área del terreno es decir = $0,60 \times 0,3777m \times 4\,423,75m^2 = 1\,002,51$ metros cúbicos por año.

4.3.3.7. Emisiones atmosféricas

Las emisiones olfatorias en el relleno tienen los siguientes orígenes:

- Emisiones gaseosas de la basura cruda que se descarga y coloca en el relleno.
- Olores generados por contacto de las aguas lixiviadas con el aire.
- Olores de los gases del relleno.
- Olores generados durante tratamiento previo de los desechos en el mismo lugar del relleno (compostaje, reciclaje).

Las emisiones olfatorias se producen especialmente si los desechos o las aguas lixiviadas son removidos, mezclados y tienen por consecuencia más contacto con la atmósfera. La siguiente tabla resume los compuestos más importantes de los gases del relleno y su concentración. Los compuestos que producen los olores típicos del relleno son resaltados con negrilla.

Tabla VII. **Gases en el relleno sanitario**

Compuesto	Concentración mínima para poder sentir el olor (mg/m3)	Concentración del gas en el relleno sanitario (mg/m3)
Metantion (metilmercaptan)	40 000	De 5 a 2000
Dimetilsulfit	0,01	0,02 - 0,4
H₂S metilester	0,05	0,02 - 0,8
Etilester de ácido de propión	0,1	0,01 - 0,06
H₂S etilester	0,003	0,03 - 5,0
Xilol y compuestos	0,4	0,09 - 0,1
Etilbenzol	0,2	0,06 - 0,1
Propilbenzol	0,04	1,7 - 3,0
Butilbenzol	0,1	0,3 - 1,4

Fuente: RÖBEN, Eva. Manual para el diseño, construcción, operación y cierre de relleno sanitario municipal. DED/ Ilustre Municipalidad de Loja Ecuador. 2002. p. 51.

La medida más importante para evitar molestias causadas por la dispersión de emisiones olfatorias es la cubierta diaria de los desechos. La cubierta con tierra impide considerablemente el contacto de los gases, producto de la biodegradación con el aire. Las concentraciones de los malos olores son hasta 3 veces más elevadas en un botadero abierto. Se debe cubrir la basura, tanto en los más pequeños rellenos manuales como en los grandes rellenos operados con compactadoras.

Otra medida importante es el drenaje y la incineración de los gases de relleno. Si se comienza a incinerar el gas de relleno 6 meses después del comienzo de la operación del relleno, se bajan considerablemente las emisiones olfatorias. El sistema de drenaje de los gases debe incluir las celdas actualmente en operación y las celdas terminadas.

No se recomiendan sistemas donde se dispersen las aguas lixiviadas sobre el cuerpo de basura, ya que esta tecnología aumenta considerablemente las emisiones olfatorias y crea un ambiente poco saludable para los obreros del relleno.

Un cerco vivo alrededor del relleno y el ajardinamiento de las celdas terminadas con plantas apropiadas, disminuye también el problema de los malos olores. Se debe considerar que siempre sigue difundiendo afuera una cierta cantidad de gases del relleno, incluso si existe un sistema de drenaje e incineración. Esos gases se pueden absorber parcialmente por plantas, lo que mejora la atmósfera de trabajo para los obreros del relleno.

Por último, es muy importante y poco costoso reducir la cantidad de los desechos orgánicos que van al relleno sanitario. Eso se puede realizar con la clasificación domiciliaria y el compostaje de los desechos biodegradables. Como las emisiones se producen exclusivamente por biodegradación de la materia orgánica, se baja considerablemente la cantidad de gases de relleno y de emisiones inmediatas (como durante la descarga de los desechos) cuando estos desechos ya se separan en la fuente.

4.3.3.8. Operación

Los siguientes criterios determinan la cantidad y las características del personal necesario para la operación de un relleno sanitario:

- Área del relleno.
- Cantidad diaria de desechos descargados.
- Cantidad diaria de vehículos.
- Número de rellenos (si hay, por ejemplo, un relleno para desechos domésticos y otro para desechos hospitalarios peligrosos).
- El tipo de los desechos (domiciliarios clasificados o no clasificados, industriales, hospitalarios, peligrosos o no peligrosos).
- Estándares y leyes vigentes de protección del medio ambiente y de calidad.
- Disponibilidad y material de cobertura.
- Días laborables en el relleno.
- Duración de la jornada diaria.
- Condiciones del clima.
- Rendimiento de los trabajadores

Tabla VIII. Personal de un relleno sanitario

Calificación y tareas del personal	Relleno con compactación mecanizada		Relleno manual
	Personal necesario para relleno pequeño o mediano	Personal necesario para relleno grande	Personal necesario para relleno pequeño o mediano
Jefe del relleno (ingeniero civil, ingeniero mecánico o tecnólogo ambiental)	0.5 - 1*	1	0.5 - 1*
Ayudante del jefe del relleno (tecnólogo)	0	1	0
Técnico de laboratorio o químico	0	1	0
Responsable de la balanza	1	2	0
Chofer de tractor compactador	1-2	3	0
Chofer de camión u otra maquinaria necesaria dentro del relleno	1-2	2-3	0
Maestro o técnico para reparaciones de vehículos	0	1	0
Obrero para reparaciones de vehículos	1	1	0
Obreros de relleno con las tareas siguientes: construcción de chimenas limpieza de canales de drenaje y cunetas Mantenimiento de la planta de tratamiento de las aguas lixiviadas	2-3	3-6	2-8
Guardia con tareas siguientes: Presencia continua sobre el relleno Prohibir el ingreso de personas no autorizadas Prohibir y controlar que no ingresen animales sobre el relleno Registro en la balanza Avisar el lugar de descarga a los recolectores	1	2	1

* Según las necesidades puede trabajar a tiempo medio

Fuente: RÖBEN, Eva. Manual para el diseño, construcción, operación y cierre de relleno sanitario municipal. DED/ Ilustre Municipalidad de Loja Ecuador. 2002. p. 79.

Dentro de los vehículos necesarios en un relleno con compactación mecanizada se encuentran los siguientes:

Tabla IX. **Vehículos**

Tipo de vehículo	Descripción	Función
Tractor compactador	Tractor pesado con pala larga y orugas o ruedas especiales	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mover y colocar la basura descargada por los recolectores, compactar y cubrirla. 2. Si el material de cobertura se encuentra en el sitio del relleno mismo (caso ideal), el tractor compactador puede también excavar y traer el material de cobertura. 3. Hacer trabajos de preparación del suelo (excavación, colocación de la capa mineral, etc.) para abrir un nuevo módulo del relleno.
Tractor pequeño	Tractor común de construcción	En rellenos muy grandes, donde se utilizan compactadores muy pesados, el segundo tractor sirve para excavar y traer el material de cobertura y hacer los otros trabajos de construcción (preparación del suelo, etc.) necesarios.
Camión	Camión viejo con volqueta o recolector fuera de servicio regular	Llevar materiales de un lado del relleno a otro, traer material de cobertura; si existe una planta de lombricultura o de reciclaje sobre el relleno, trasladar materiales entre estas plantas y el sitio de disposición final.
Vehículos auxiliares	Rodillo para la compactación del suelo impermeable. Se necesita el rodillo cuando se prepara un nuevo módulo del relleno.	
	Vehículo para traer y llevar el personal (en rellenos muy alejados, donde no hay transporte público)	
	Vehículo para traer combustible y lubricantes al tractor compactador y, si hay, al camión.	

Fuente: RÖBEN, Eva. Manual para el diseño, construcción, operación y cierre de relleno sanitario municipal. DED/ Ilustre Municipalidad de Loja Ecuador. 2002. p. 82.

El más importante entre estos vehículos es el tractor compactador. Los tractores compactadores son tractores con orugas como los que se utilizan en la construcción civil, adaptados a las condiciones del relleno sanitario. Existen también compactadores con ruedas especiales que se construyen especialmente para la compactación de basura. Esos compactadores tienen la ventaja de trabajar muy eficientemente en la colocación y compactación de la basura.

Por otra parte, no se pueden utilizar flexiblemente para otros trabajos necesarios en el relleno, ya que las ruedas especiales no son adecuadas para trabajos en suelos normales. Por esta razón, se recomienda la compra de un compactador especial solamente para rellenos muy grandes donde sería razonable y económicamente posible trabajar con un compactador, más un tractor común.

Se recomienda cumplir con los siguientes requerimientos para asegurar un trabajo confiable en el relleno, evitar que se dañe frecuentemente el compactador y ofrecer un ambiente de trabajo aceptable al operador de la máquina:

- Cabina de chofer cerrada (con ventanas que se pueden abrir y, si es posible, con aire acondicionado), con suelo impermeable al agua, protegida contra vibraciones y ruido.
- Chasis resistente contra basura gruesa, químicos agresivos o inflamables.
- Protección del radiador con plancha de metal perforada.
- Protección del radiador contra polvo en el aire de refrigeración (con filtro fino, ciclón separador y chimenea).
- Protección de los lados laterales del motor.
- Pala grande (ancho hasta 4,40 m; alto hasta 2,20 m).

Los tractores compactadores compactan la basura con su peso que en el caso ideal cambia entre 16 - 36 toneladas. Los más grandes tienen motores con una potencia hasta 200kW, lo que les permite mover y compactar 80 - 100 toneladas de basura. Con un compactador de este tamaño se puede operar un relleno en el cual entran 800 toneladas diarias de basura.

Los compactadores muy grandes tienen un consumo bastante elevado de combustible (30 - 32 l/hora) y son sometidos a trabajos de mantenimiento y reparaciones frecuentes. En un relleno muy grande donde se necesita uno de estos compactadores de alta capacidad, se recomienda realizar los otros trabajos (sacar material de cobertura, preparar celdas, abrir vías etc.), con un segundo tractor más pequeño que tiene menor consumo de combustible y lubricantes y sería más económico en su operación.

Para los rellenos sanitarios más pequeños se recomiendan tractores compactadores más pequeños con una capacidad y un consumo adecuados a las necesidades del relleno. Se pueden utilizar tractores comunes de construcción, adecuándolos a las condiciones del relleno como lo descrito anteriormente.

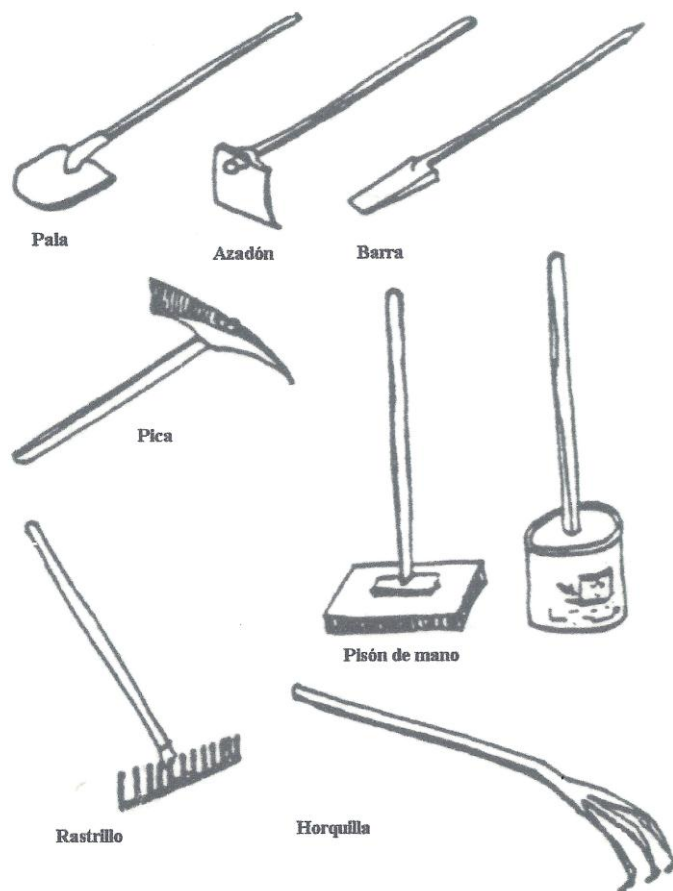
En rellenos donde se ingresan desechos de diferentes tipos, la balanza ayuda a determinar la cantidad de cada categoría de desechos. Eso es importante si se cubre una tarifa para la descarga de un cierto tipo de desechos, si se intenta diseñar cualquier implemento nuevo y también para verificar los datos de base para el manejo de los desechos sólidos.

En los rellenos pequeños generalmente no ingresan desechos muy variados, ya que hay poca o ninguna industria en las ciudades pequeñas o comunidades. Tampoco se pone muy pesado el problema de la planificación de

la vida útil del relleno, como las ciudades pequeñas tienen mejor disponibilidad del terreno. Por estas razones, no es tan indispensable establecer un control minucioso de las cantidades de basura que se producen y recogen y es suficiente tener un registro manual de la cantidad y del tipo de vehículo que ingresa.

En el relleno manual, el equipo necesario son utensilios de albañilería, más un rodillo compactador manual.

Figura 14. **Utensilios de albañilería**



Fuente: RÖBEN, Eva. Manual para el diseño, construcción, operación y cierre de relleno sanitario municipal. DED/ Ilustre Municipalidad de Loja Ecuador. 2002. p. 84.

Figura 15. **Compactador manual**



Fuente: RÖBEN, Eva. Manual para el diseño, construcción, operación y cierre de relleno sanitario municipal. DED/ Ilustre Municipalidad de Loja Ecuador. 2002. p. 85.

4.3.4. Análisis de costos

La Municipalidad de San Juan Ermita tiene a su cargo resolver el problema de recolección, transporte y disposición de los residuos sólidos, por lo cual es importante contratar un estudio de factibilidad técnica económica con el propósito de seleccionar la alternativa más conveniente que cumpla con la normativa sanitaria.

Una vez implementado el proyecto, con el sistema de recolección y transporte e implementado el relleno sanitario, el municipio podrá operar en forma directa el relleno sanitario y el sistema de recolección y transporte, o

subcontratar parte de las actividades, o contratar totalmente la operación mediante un proceso de licitación, determinando la tarifa máxima a pagar y las condiciones de manejo exigidas en las bases técnicas y administrativas, elaboradas por la empresa que realizó la evaluación técnica y revisadas por los equipos técnicos municipales.

El costo del servicio de limpieza pública se calcula mediante la suma de los costos de todas las etapas, desde la recolección hasta la disposición final. Debe incluir los costos directos como el gasto de mantenimiento de vehículos de recolección y costos indirectos como los gastos administrativos, de facturación y cobranza, entre otros.

Normalmente los costos se expresan en unidades de moneda por tonelada o metro cúbico de residuo. Esta forma de expresar los costos se denomina costo unitario y posibilita comparaciones entre un sistema y otro, y permite llevar la estadística para conocer si el gasto por el servicio de limpieza pública tiende a aumentar o disminuir. Por lo general el costo unitario se refiere a un mes o a un año.

No se puede dar información exacta de los costos que tiene la construcción, la operación, el cierre y el mantenimiento posterior del relleno sanitario, por ser diferentes las condiciones locales que determinan estos costos y los estándares de cada municipio. Sin embargo, cada municipio debe considerar muy bien sus condiciones económicas y sus aspiraciones de protección ambiental, para poder decidir qué tipo de relleno sanitario puede, quiere y debe construir.

Para eso, se debe realizar un estudio de factibilidad, evaluando diferentes tipos de relleno sanitario, de tratamiento de gas o de aguas lixiviadas, para decidir qué tecnología sería la más apropiada para el municipio en cuestión.

La tabla siguiente da un presupuesto aproximado de la inversión para solucionar el problema de los desechos sólidos en el municipio, considerando solamente las principales partidas para cada año de operación del relleno sanitario.

Tabla X. Presupuesto preliminar de construcción de relleno sanitario

PRESUPUESTO PRELIMINAR DE CONTRUCCIÓN DE RELLENO SANITARIO, AÑO 1					
# ÍTEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U. (Q.)	TOTAL (Q.)
1	Trazo y estaqueado	324,14	m ²	7,00	2 268,99
2	Corte con maquinaria	162,07	m ³	172,00	27 876,13
3	Colocación de gaviones	471,07	m ³	275,00	129 544,39
4	Relleno compactado	453,80	m ³	211,00	95 751,25
5	Colocación de basura	465,72	m ³	86,00	40 052,13
9	Colocación de capas de arcilla	291,73	m ³	225,00	65 638,55
10	Colocación de capa geotextil	324,14	m ²	48,00	15 558,77
11	Colocación de capa plástico	324,14	m ²	24,00	7 779,38
12	Instalación de chimeneas	2,00	unidad	82,00	164,00
TOTAL COSTO AÑO					384 633,58
PRESUPUESTO PRELIMINAR DE CONTRUCCIÓN DE RELLENO SANITARIO, AÑO 2					
# ÍTEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U. (Q.)	TOTAL (Q.)
1	Trazo y estaqueado	414,04	m ²	7,00	2 898,28
2	Corte con maquinaria	207,02	m ³	172,00	35 607,47
3	Colocación de gaviones	601,72	m ³	275,00	165 473,04
4	Relleno compactado	579,66	m ³	211,00	122 307,50
5	Colocación de basura	469,21	m ³	86,00	40 351,95
9	Colocación de capas de arcilla	372,64	m ³	225,00	83 843,16
10	Colocación de capa geotextil	414,04	m ²	48,00	19 873,93
11	Colocación de capa plástico	414,04	m ²	24,00	9 936,97
12	Instalación de chimeneas	2,00	unidad	82,00	164,00
TOTAL COSTO AÑO					480 456,31

Continuación de la tabla X.

PRESUPUESTO PRELIMINAR DE CONTRUCCIÓN DE RELLENO SANITARIO, AÑO 3					
# ÍTEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U. (Q.)	TOTAL (Q.)
1	Trazo y estaqueado	226,15	m ²	7,00	1 583,02
2	Corte con maquinaria	113,07	m ³	172,00	19 448,47
3	Colocación de gaviones	229,79	m ³	275,00	63 192,94
4	Relleno compactado	316,60	m ³	211,00	66 803,23
5	Colocación de basura	472,72	m ³	86,00	40 653,58
9	Colocación de capas de arcilla	203,53	m ³	225,00	45 794,36
10	Colocación de capa geotextil	226,15	m ²	48,00	10 854,96
11	Colocación de capa plástico	226,15	m ²	24,00	5 427,48
12	Instalación de chimeneas	2,00	unidad	82,00	164,00
TOTAL COSTO AÑO					253 922,03

PRESUPUESTO PRELIMINAR DE CONTRUCCIÓN DE RELLENO SANITARIO, AÑO 4					
# ÍTEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U. (Q.)	TOTAL (Q.)
1	Trazo y estaqueado	259,86	m ²	7,00	1 819,00
2	Corte con maquinaria	129,93	m ³	172,00	22 347,75
3	Colocación de gaviones	264,05	m ³	275,00	72 613,41
4	Relleno compactado	363,80	m ³	211,00	76 761,91
5	Colocación de basura	480,52	m ³	86,00	41 324,48
9	Colocación de capas de arcilla	233,87	m ³	225,00	52 621,14
10	Colocación de capa geotextil	259,86	m ²	48,00	12 473,16
11	Colocación de capa plástico	259,86	m ²	24,00	6 236,58
12	Instalación de chimeneas	2,00	unidad	82,00	164,00
TOTAL COSTO AÑO					286 361,42

PRESUPUESTO PRELIMINAR DE CONTRUCCIÓN DE RELLENO SANITARIO, AÑO 5					
# ÍTEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U. (Q.)	TOTAL (Q.)
1	Trazo y estaqueado	237,24	m ²	7,00	1 660,66
2	Corte con maquinaria	118,62	m ³	172,00	20 402,38
3	Colocación de gaviones	251,34	m ³	275,00	69 118,09
4	Relleno compactado	332,13	m ³	211,00	70 079,81
5	Colocación de basura	489,74	m ³	86,00	42 117,36
9	Colocación de capas de arcilla	213,51	m ³	225,00	48 040,49
10	Colocación de capa geotextil	237,24	m ²	48,00	11 387,38
11	Colocación de capa plástico	237,24	m ²	24,00	5 693,69
12	Instalación de chimeneas	2,00	unidad	82,00	164,00
TOTAL COSTO AÑO					268 663,86

Continuación de la tabla X.

PRESUPUESTO PRELIMINAR DE CONTRUCCIÓN DE RELLENO SANITARIO, AÑO 6					
# ÍTEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U. (Q.)	TOTAL (Q.)
1	Trazo y estaqueado	260,98	m ²	7,00	1 826,83
2	Corte con maquinaria	130,49	m ³	172,00	2 2443,85
3	Colocación de gaviones	276,49	m ³	275,00	76 034,06
4	Relleno compactado	365,37	m ³	211,00	77 092,02
5	Colocación de basura	509,22	m ³	86,00	43 792,92
9	Colocación de capas de arcilla	234,88	m ³	225,00	52 847,44
10	Colocación de capa geotextil	260,98	m ²	48,00	12 526,80
11	Colocación de capa plástico	260,98	m ²	24,00	6 263,40
12	Instalación de chimeneas	2,00	unidad	82,00	164,00
TOTAL COSTO AÑO					292 991,31

PRESUPUESTO PRELIMINAR DE CONTRUCCIÓN DE RELLENO SANITARIO, AÑO 7					
# ÍTEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U. (Q.)	TOTAL (Q.)
1	Trazo y estaqueado	243,36	m ²	7,00	1 703,53
2	Corte con maquinaria	121,68	m ³	172,00	20 929,10
3	Colocación de gaviones	258,40	m ³	275,00	71 060,22
4	Relleno compactado	340,71	m ³	211,00	71 889,02
5	Colocación de basura	502,04	m ³	86,00	43 175,08
9	Colocación de capas de arcilla	219,03	m ³	225,00	49 280,72
10	Colocación de capa geotextil	243,36	m ²	48,00	11 681,36
11	Colocación de capa plástico	243,36	m ²	24,00	5 840,68
12	Instalación de chimeneas	2,00	unidad	82,00	164,00
TOTAL COSTO AÑO					275 723,71

PRESUPUESTO PRELIMINAR DE CONTRUCCIÓN DE RELLENO SANITARIO, AÑO 8					
# ÍTEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U. (Q.)	TOTAL (Q.)
1	Trazo y estaqueado	273,92	m ²	7,00	1 917,45
2	Corte con maquinaria	136,96	m ³	172,00	2 3557,21
3	Colocación de gaviones	276,36	m ³	275,00	75 999,14
4	Relleno compactado	383,49	m ³	211,00	80 916,26
5	Colocación de basura	540,84	m ³	86,00	46 512,45
9	Colocación de capas de arcilla	246,53	m ³	225,00	55 469,00
10	Colocación de capa geotextil	273,92	m ²	48,00	13 148,21
11	Colocación de capa plástico	273,92	m ²	24,00	6 574,10
12	Instalación de chimeneas	2,00	unidad	82,00	164,00
TOTAL COSTO AÑO					304 257,81

Continuación de la tabla X.

PRESUPUESTO PRELIMINAR DE CONTRUCCIÓN DE RELLENO SANITARIO, AÑO 9					
# ÍTEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U. (Q.)	TOTAL (Q.)
1	Trazo y estaqueado	259,56	m ²	7,00	1 816,95
2	Corte con maquinaria	129,78	m ³	172,00	22 322,55
3	Colocación de gaviones	262,38	m ³	275,00	72 155,12
4	Relleno compactado	363,39	m ³	211,00	76 675,35
5	Colocación de basura	510,61	m ³	86,00	43 912,53
9	Colocación de capas de arcilla	233,61	m ³	225,00	52 561,81
10	Colocación de capa geotextil	259,56	m ²	48,00	12 459,10
11	Colocación de capa plástico	259,56	m ²	24,00	6 229,55
12	Instalación de chimeneas	2,00	unidad	82,00	164,00
TOTAL COSTO AÑO					288 296,95

PRESUPUESTO PRELIMINAR DE CONTRUCCIÓN DE RELLENO SANITARIO, AÑO 10					
# ÍTEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U. (Q.)	TOTAL (Q.)
1	Trazo y estaqueado	262,09	m ²	7,00	1 834,63
2	Corte con maquinaria	131,05	m ³	172,00	22 539,77
3	Colocación de gaviones	270,09	m ³	275,00	74 273,43
4	Relleno compactado	366,93	m ³	211,00	77 421,50
5	Colocación de basura	514,20	m ³	86,00	44 221,28
9	Colocación de capas de arcilla	235,88	m ³	225,00	53 073,31
10	Colocación de capa geotextil	262,09	m ²	48,00	12 580,34
11	Colocación de capa plástico	262,09	m ²	24,00	6 290,17
12	Instalación de chimeneas	2,00	unidad	82,00	164,00
TOTAL COSTO					292 398,44

PRESUPUESTO PRELIMINAR DE CONTRUCCIÓN DE RELLENO SANITARIO, AÑO 11					
# ÍTEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U. (Q.)	TOTAL (Q.)
1	Trazo y estaqueado	283,35	m ²	7,00	1 983,47
2	Corte con maquinaria	141,68	m ³	172,00	24 368,38
3	Colocación de gaviones	292,00	m ³	275,00	80 299,07
4	Relleno compactado	396,69	m ³	211,00	83 702,54
5	Colocación de basura	558,46	m ³	86,00	48 027,88
9	Colocación de capas de arcilla	255,02	m ³	225,00	57 379,02
10	Colocación de capa geotextil	283,35	m ²	48,00	13 600,95
11	Colocación de capa plástico	283,35	m ²	24,00	6 800,48
12	Instalación de chimeneas	2,00	unidad	82,00	164,00
TOTAL COSTO					316 325,78

Continuación de la tabla X.

PRESUPUESTO PRELIMINAR DE CONTRUCCIÓN DE RELLENO SANITARIO, AÑO 12					
# ÍTEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U. (Q.)	TOTAL (Q.)
1	Trazo y estaqueado	258,03	m ²	7,00	1 806,19
2	Corte con maquinaria	129,01	m ³	172,00	22 190,37
3	Colocación de gaviones	271,37	m ³	275,00	74 627,78
4	Relleno compactado	361,24	m ³	211,00	76 221,32
5	Colocación de basura	503,85	m ³	86,00	43 331,10
9	Colocación de capas de arcilla	232,22	m ³	225,00	52 250,57
10	Colocación de capa geotextil	258,03	m ²	48,00	12 385,32
11	Colocación de capa plástico	258,03	m ²	24,00	6 192,66
12	Instalación de chimeneas	2,00	unidad	82,00	164,00
TOTAL COSTO					289 169,311

PRESUPUESTO PRELIMINAR DE CONTRUCCIÓN DE RELLENO SANITARIO, AÑO 13					
# ÍTEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U. (Q.)	TOTAL (Q.)
1	Trazo y estaqueado	269,74	m ²	7,00	1 888,15
2	Corte con maquinaria	134,87	m ³	172,00	23 197,21
3	Colocación de gaviones	280,87	m ³	275,00	77 238,56
4	Relleno compactado	377,63	m ³	211,00	79 679,72
5	Colocación de basura	529,09	m ³	86,00	45 501,91
9	Colocación de capas de arcilla	242,76	m ³	225,00	54 621,34
10	Colocación de capa geotextil	269,74	m ²	48,00	12 947,28
11	Colocación de capa plástico	269,74	m ²	24,00	6 473,64
12	Instalación de chimeneas	2,00	unidad	82,00	164,00
TOTAL COSTO					301 711,81

PRESUPUESTO PRELIMINAR DE CONTRUCCIÓN DE RELLENO SANITARIO, AÑO 14					
# ÍTEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U. (Q.)	TOTAL (Q.)
1	Trazo y estaqueado	292,03	m ²	7,00	2 044,24
2	Corte con maquinaria	146,02	m ³	172,00	25 114,92
3	Colocación de gaviones	300,74	m ³	275,00	82 702,68
4	Relleno compactado	408,85	m ³	211,00	86 266,84
5	Colocación de basura	576,61	m ³	86,00	49 588,43
9	Colocación de capas de arcilla	262,83	m ³	225,00	59 136,89
10	Colocación de capa geotextil	292,03	m ²	48,00	14 017,63
11	Colocación de capa plástico	292,03	m ²	24,00	7 008,82
12	Instalación de chimeneas	2,00	unidad	82,00	164,00
TOTAL COSTO					326 044,44

Continuación de la tabla X.

PRESUPUESTO PRELIMINAR DE CONTRUCCIÓN DE RELLENO SANITARIO, AÑO 15					
# ÍTEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U. (Q.)	TOTAL (Q.)
1	Trazo y estaqueado	296,72	m ²	7,00	2 077,01
2	Corte con maquinaria	148,36	m ³	172,00	25 517,49
3	Colocación de gaviones	305,56	m ³	275,00	84 028,31
4	Relleno compactado	415,40	m ³	211,00	87 649,61
5	Colocación de basura	586,36	m ³	86,00	50 426,62
9	Colocación de capas de arcilla	267,04	m ³	225,00	60 084,79
10	Colocación de capa geotextil	296,72	m ²	48,00	14 242,32
11	Colocación de capa plástico	296,72	m ²	24,00	7 121,16
12	Instalación de chimeneas	2,00	unidad	82,00	164,00
TOTAL COSTO					331 311,30

PRESUPUESTO PRELIMINAR DE CONTRUCCIÓN DE RELLENO SANITARIO, AÑO 16					
# ÍTEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U. (Q.)	TOTAL (Q.)
1	Trazo y estaqueado	307,24	m ²	7,00	2 150,70
2	Corte con maquinaria	153,62	m ³	172,00	26 422,94
3	Colocación de gaviones	307,82	m ³	275,00	84 650,98
4	Relleno compactado	430,14	m ³	211,00	90 759,73
5	Colocación de basura	611,41	m ³	86,00	52 581,12
9	Colocación de capas de arcilla	276,52	m ³	225,00	62 216,81
10	Colocación de capa geotextil	307,24	m ²	48,00	14 747,69
11	Colocación de capa plástico	307,24	m ²	24,00	7 373,84
12	Instalación de chimeneas	2,00	unidad	82,00	164,00
TOTAL COSTO					341 067,82

PRESUPUESTO PRELIMINAR DE CONTRUCCIÓN DE RELLENO SANITARIO, AÑO 17					
# ÍTEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U. (Q.)	TOTAL (Q.)
1	Trazo y estaqueado	298,17	m ²	7,00	2 087,18
2	Corte con maquinaria	149,08	m ³	172,00	25 642,45
3	Colocación de gaviones	299,48	m ³	275,00	82 358,10
4	Relleno compactado	417,44	m ³	211,00	88 078,83
5	Colocación de basura	592,10	m ³	86,00	50 920,53
9	Colocación de capas de arcilla	268,35	m ³	225,00	60 379,02
10	Colocación de capa geotextil	298,17	m ²	48,00	14 312,06
11	Colocación de capa plástico	298,17	m ²	24,00	7 156,03
12	Instalación de chimeneas	2,00	unidad	82,00	164,00
TOTAL COSTO					331 098,20

Continuación de la tabla X.

PRESUPUESTO PRELIMINAR DE CONTRUCCIÓN DE RELLENO SANITARIO, AÑO 18					
# ÍTEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U. (Q.)	TOTAL (Q.)
1	Trazo y estaqueado	290,91	m ²	7,00	2 036,38
2	Corte con maquinaria	145,46	m ³	172,00	25 018,35
3	Colocación de gaviones	313,86	m ³	275,00	86 310,26
4	Relleno compactado	407,28	m ³	211,00	85 935,11
5	Colocación de basura	568,78	m ³	86,00	48 914,94
9	Colocación de capas de arcilla	261,82	m ³	225,00	58 909,48
10	Colocación de capa geotextil	290,91	m ²	48,00	13 963,73
11	Colocación de capa plástico	290,91	m ²	24,00	6 981,86
12	Instalación de chimeneas	2,00	unidad	82,00	164,00
TOTAL COSTO					328 234,11

PRESUPUESTO PRELIMINAR DE CONTRUCCIÓN DE RELLENO SANITARIO, AÑO 19					
# ÍTEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U. (Q.)	TOTAL (Q.)
1	Trazo y estaqueado	339,99	m ²	7,00	2 379,92
2	Corte con maquinaria	169,99	m ³	172,00	29 239,04
3	Colocación de gaviones	355,27	m ³	275,00	97 700,46
4	Relleno compactado	475,98	m ³	211,00	100 432,69
5	Colocación de basura	659,16	m ³	86,00	56 687,51
9	Colocación de capas de arcilla	305,99	m ³	225,00	6 8847,73
10	Colocación de capa geotextil	339,99	m ²	48,00	16 319,46
11	Colocación de capa plástico	339,99	m ²	24,00	8 159,73
12	Instalación de chimeneas	2,00	unidad	82,00	164,00
TOTAL COSTO					379 930,55

PRESUPUESTO PRELIMINAR DE CONTRUCCIÓN DE RELLENO SANITARIO, AÑO 20					
# ÍTEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U. (Q.)	TOTAL (Q.)
1	Trazo y estaqueado	511,21	m ²	7,00	3 578,44
2	Corte con maquinaria	255,60	m ³	172,00	43 963,67
3	Colocación de gaviones	522,20	m ³	275,00	143 605,76
4	Relleno compactado	715,69	m ³	211,00	151 010,10
5	Colocación de basura	1018,91	m ³	86,00	87 626,19
9	Colocación de capas de arcilla	460,08	m ³	225,00	103 519,11
10	Colocación de capa geotextil	511,21	m ²	48,00	24 537,86
11	Colocación de capa plástico	511,21	m ²	24,00	12 268,93
12	Instalación de chimeneas	2,00	unidad	82,00	164,00
TOTAL COSTO					570 274,07

Fuente: elaboración propia.

5. RIESGO Y VULNERABILIDAD

5.1. Estudio de evaluación de impacto ambiental

El impacto de la generación y manejo de los residuos sólidos también amenaza la sustentabilidad ambiental. Los cambios en el ambiente comenzaron a adquirir visibilidad y preocupación por la preservación del futuro.

5.1.1. Descripción del proceso

El proyecto que se desarrollará consiste en el manejo, tratamiento y disposición de desechos sólidos. Actualmente no se cuenta con ningún tipo de infraestructura física, ni administrativa para desarrollar el mismo. Las diferentes fases que se necesitan para implementar el proyecto son las siguientes:

5.1.1.1. Fase de construcción

- Movimiento de tierras: preparación del terreno para la disposición de los desechos sólidos. En este renglón, también se adecuará la topografía del terreno para tener acceso al mismo.
- Necesidades del suelo: para la propia estructura, acopio de materiales.
- Funcionamiento de las plantas de tratamiento y montaje.
- Construcción de edificios auxiliares: bodegas, guardianías.

- Vías de acceso, cerco perimetral: comunicar el terreno con las vías existentes y proteger las instalaciones por medio del muro perimetral, este será del tipo prefabricado.

5.1.1.2. Fase de operación

- Vertido: los desechos sólidos serán colocados en el terreno, para su clasificación en orgánicos e inorgánicos, paso previo a su disposición.
- Disposición: distribuir uniformemente los desechos inorgánicos que previamente fueron seleccionados en la fase de vertido. Esta disposición deberá de realizarse de manera que su distribución sea uniforme, en toda la superficie del terreno evitando con ello desperdicio de espacio.
- Recubrimiento de tierras: cada nueva celda construida con material inorgánico será cubierta con tierra, distribuida uniformemente sobre dicho material y terminando el proceso con la compactación.

5.1.1.3. Fase de abandono

- Levantamiento de las instalaciones: retiro de las instalaciones auxiliares, guardianía y bodegas.
- Reacondicionamiento del terreno: se nivelará el terreno, para poder reutilizar esta área en lo que la municipalidad considere conveniente.
- Cerrado de vertederos: al reacondicionar los terrenos se cerrará definitivamente esta área y no se permitirá tirar sobre él ningún tipo de desechos.

5.1.2. Control ambiental

No basta con preocuparse por preservar el ambiente, sino que se debe proponer un nuevo modelo de desarrollo mediante el uso racional de los recursos naturales.

5.1.2.1. Residuos y/o contaminantes que serán generados

Por las características del proyecto, se eliminará todo residuo resultante del proceso de manejo, tratamiento y disposición de los desechos sólidos. La base del proyecto es la eliminación de contaminantes, para lo cual se espera que durante su realización no se produzcan.

5.1.2.2. Emisiones a la atmósfera

Resultarán de los procesos de combustión de los motores que hacen funcionar la maquinaria en el lugar de disposición y de los vehículos que transportarán la basura.

5.1.2.3. Descarga de aguas residuales

No se necesita hacer uso del agua para desarrollar el proceso, en consecuencia no existen aguas residuales.

5.1.2.4. Desechos sólidos

El proyecto da tratamiento a los desechos sólidos.

5.1.2.5. Ruidos

Se generará ruido por medio de la maquinaria que distribuye uniformemente los desechos en el terreno, así como la que transporta los mismos.

5.1.2.6. Contaminación visual

En la fase de operación se tendrán altos niveles de contaminación visual, la cual se espera minimizar en la fase de cierre del proyecto, ya que se entregará un terreno adecuado a su entorno en el que la municipalidad hará los usos que considere conveniente.

5.1.3. Plan de mitigación

Todas las medidas para minimizar impactos tienen un costo y este costo debe ser cuantificado. Se deben comparar las medidas de control, examinando las diferentes opciones y proponer uno o más planes de acción que combine diversas medidas.

5.1.3.1. Identificación de impactos y medidas de mitigación

Se identificaron los posibles impactos, luego se procedió a su valoración utilizando los siguientes criterios:

Magnitud:

- a. Menor impacto
- b. Impacto mitigable fácilmente
- c. Impacto mitigable
- d. Impacto mitigable de mayor atención
- e. Impacto grande sin mitigación

Importancia:

- a. Muy poca
- b. Poca
- c. Regular
- d. Alta
- e. Muy alta

5.1.3.2. Impactos positivos

- Incorporación de un sistema de tratamientos de residuos sólidos, mejorando las condiciones sanitarias de la población. Se eliminarán los botaderos actuales, los que son fuente de contaminación.
- Mejoramiento significativo de la calidad ambiental al contar con lugares para la disposición.
- Para la población, mejoras en la salud y generación de más empleo.
- Creación de una conciencia social e institucional sobre los efectos ambientales negativos derivados de la ausencia de tratamientos de residuos sólidos.

5.1.3.3. Impactos negativos

- Emisiones a la atmósfera por la operación de maquinaria y vehículos de transporte de residuos.
- Generación de polvo en las distintas fases del proyecto.
- Emisión de olores desagradables, originados por los procesos de descomposición orgánica natural, gases y compuestos volátiles originados de los sistemas de conducción de lixiviados.
- Contaminación del suelo por filtraciones de lixiviados, pérdida de estabilidad del suelo, provocando fracturas en el subsuelo y alteración de la permeabilidad natural del suelo.
- Contaminación de aguas superficiales y subterráneas por un inadecuado sistema de lixiviación y alteración del drenaje natural de aguas de lluvia.
- Afectará la flora y la fauna.
- Reproducción y alimentación de vectores de enfermedades infectocontagiosas.
- Alteración del paisaje.

5.1.3.4. Medidas de mitigación

Las medidas de mitigación propuestas deberán de ser implantadas por la entidad ejecutora del proyecto y por la Municipalidad de San Juan Ermita.

- Al finalizar las actividades de construcción se deberá arborizar, sembrar césped y crear áreas verdes para minimizar el impacto visual y no alterar el paisaje.
- Se considera conveniente tanto para el rendimiento económico del proyecto y protección del medio ambiente, utilizar únicamente maquinaria que satisfaga no solo requisitos de eficiencia, si no que sus sistemas mecánicos estén en perfecto estado de funcionamiento.
- Se deberá dotar al personal que trabaje en la extracción del suelo con mascarillas para evitar el brote de enfermedades respiratorias.
- Se recomienda darle mantenimiento a la maquinaria y vehículos.
- Se deberá construir un muro perimetral que impida la formación de vertedero abierto y el exceso de vectores de enfermedades. Se recomienda arborizar en toda la periferia del muro, para tener una barrera natural contra el polvo, ruido y gases tóxicos emanados por la descomposición de la basura.
- La flotilla de vehículos de acarreo deberá cumplir con las normas mínimas de seguridad.
- Se deberá proporcionar aislamiento a las áreas de descarga, así como ventilación y filtración del aire.
- Se recomienda el monitoreo y control permanente del relleno sanitario o vertedero controlado.

- Colocar un adecuado sistema de impermeabilización que impida la filtración de lixiviados al suelo. De preferencia se deben colocar geotextiles o geomembranas para impermeabilizar el suelo.
- Incorporar un plan de control de plagas.
- Construcción y adecuación de sistemas de drenaje para la intersección y desvío del escurrimiento de agua de lluvia, evitando así la contaminación de fuentes de agua por el arrastre de sólidos y lixiviados provenientes del relleno sanitario o del vertedero controlado.
- Realizar un programa de concientización social y de educación.

5.1.4. Programa de monitoreo ambiental

- Mantenimiento del muro perimetral: revisión del muro cada seis meses para controlar su estado físico.
- Supervisión del procedimiento de impermeabilización de cada celda por parte de un ingeniero civil.
- Supervisar que la laguna de evaporación, la conducción y evacuación de los lixiviados estén cumpliendo con su objetivo, realizando un programa de control de cada tres meses.
- Supervisar que se cumpla un plan de mantenimiento preventivo para todos los vehículos que se utilizan en la recolección de basura y los que se utilizan en el vertedero.

- El monitoreo de lixiviados es un indicativo del proceso de estabilización de los residuos confinados en el sitio, nos determina el nivel de contaminación sobre los elementos agua y aire, debidas a emanaciones tóxicas generadas por los mismos. Las muestras se extraen directamente de la fosa séptica antes de pasar por el pozo de absorción, los parámetros a determinar (de acuerdo a la composición de los desechos recolectados, en este caso el 26% son desechos orgánicos y un 50% es de fácil degradación). Los reportes de laboratorio deben incluir la interpretación de resultados en términos de degradación de residuos.

- Monitoreo del acuífero: tiene como objetivo fundamental conocer la calidad del agua subterránea, aguas arriba y aguas debajo del relleno, con los parámetros conocidos en estos dos puntos se realiza una comparación entre ambos, debiendo ser similares sus caracterizaciones, lo contrario sería un indicativo de filtraciones o escorrentías provenientes de los lixiviados que están provocando contaminación del manto subterráneo de agua. La ubicación de los pozos de monitoreo del acuífero es: aguas arriba y aguas abajo.

- Si se determina una diferencia entre las caracterizaciones de los dos puntos, se recomienda efectuar un muestreo adicional para confirmar los primeros resultados y con base a ellos determinar las acciones a seguir.

- Monitoreo de partículas aerotransportables: las partículas aerotransportables son ocasionadas por el viento, la circulación de los vehículos, la operación de la maquinaria. Existen tres clases de partículas de interés para el monitoreo dentro del relleno sanitario que son: partículas suspendidas totales (PST), partículas fracción respirable (PM-10) y

partículas viables (aerobiológicas). Los puntos en los que se realiza el muestreo de estas partículas son en el frente de vertido y oficinas.

- Monitoreo de ruido: este parámetro es indicativo de las condiciones de trabajo prevalecientes en el sitio, por lo que los lugares en los que se monitorea son en frente de vertido, oficinas y almacén.

5.1.5. Programa de contingencia y prevención de accidentes

Se debe contar con botiquín de primeros auxilios en caso de accidentes en el trabajo, ubicado dentro de las instalaciones administrativas. Protección de los trabajadores de acuerdo a la legislación vigente, principalmente en lo que respecta al Instituto Guatemalteco de Seguridad Social IGSS. Dotar de equipo de protección (mascarillas, guantes, botas de hule) a los trabajadores del proyecto. Dotar de extinguidores a la oficina de administración del relleno y adiestrar a una persona responsable. Construir un depósito de 4 m de largo, por 3 m de ancho y 2 m de alto para almacenar y contener el agua suficiente para cubrir los servicios que demanda el relleno, dentro de ellos conatos de incendio.

Las vías de salida del proyecto deben mantenerse despejadas y el personal de garita deberá familiarizarse con el plan de respuesta a emergencias. En la garita del proyecto se deberá tener en un lugar visible los contactos de emergencia (nombre y número telefónico).

5.1.6. Plan de manejo y disposición final de desechos en las diferentes fases de desarrollo

- Fase de limpieza y preparación del terreno: los árboles que se tengan que botar se desarmarán y las trozas serán convertidas en tablas para formaleta de trabajos de obra civil y las ramas grandes se convertirán en

leña, la maleza resultante del movimiento de la capa vegetal será incinerada y los residuos se almacenarán y cuando el proyecto esté en funcionamiento se descargarán en el vertedero.

- Fase de construcción: toda la tierra producto del movimiento de adecuación del vertedero y la parte que no se use para recubrimiento será colocada en un lugar autorizado para botadero de ripio. Asimismo, se colocarán letrinas portátiles, las cuales estarán debidamente ubicadas para ser utilizadas por los trabajadores. Además, se colocarán toneles para disposición de basura, la cual se incinerará en el mismo.
- Fase de operación: todo el edificio administrativo contará con instalaciones hidrosanitarias conectadas a un sistema de tratamiento mediante fosa séptica y pozo de absorción. En cuanto al manejo de lixiviados en el vertedero, ya tienen su sistema de tratamiento en el mismo vertedero.
- Fase de retiro: uso del suelo al término de la vida útil, esta área se habilitará para un centro recreacional con áreas verdes y las instalaciones existentes se seguirán utilizando para la administración de dicho centro. Se sugiere un área reforestada con recorrido para bicicletas y una cancha de básquetbol o parque infantil.

No podrá construirse ningún tipo de edificio formal, como pudiera ser casa de habitación, camino de tránsito pesado o edificios. Esto se debe a que los residuos poseen una limitada capacidad de carga al presentar asentamiento diferenciales, que puedan colapsar o afectar cualquier construcción, por lo que debe considerarse la construcción de estructuras ligeras.

CONCLUSIONES

1. El tema de los desechos sólidos es un problema latente en el municipio de San Juan Ermita, ya que el poblado no cuenta con un sistema adecuado de recolección, transporte y disposición final de los desechos sólidos. Por esta razón disponen de ellos en diferentes formas, entre las cuales las más comunes son, la incineración y la disposición en un basurero a cielo abierto en el municipio de Camotán.
2. Para la disposición final, el método a utilizar es el del relleno sanitario con compactación manual.
3. Al ser la municipalidad propietaria del terreno no representa ningún obstáculo, tanto económico como jurídico.
4. El análisis de los factores económicos, ambientales y técnicos indican que el sitio para el relleno sanitario propuesto en este trabajo, es apto para la construcción del mismo.
5. Existen varios municipios que no tienen el presupuesto necesario para adquirir la capa de plástico adecuada y el material mineral impermeable de cobertura que disminuirá la cantidad de la filtración de líquidos contaminantes al suelo. Esto se convierte en un problema más serio para municipios que tienen planificado un relleno manual, ya que este tipo de relleno necesita para la misma cantidad de basura una extensión más grande que un relleno compactado, por causa del crecimiento vertical

limitado. Además, el relleno manual tiene más aguas lixiviadas por causa de su más grande extensión y la mala compactación.

6. La utilización de compost como material impermeable representa una disminución de costos para la ejecución del proyecto.
7. La minimización de las aguas lixiviadas es especialmente importante para rellenos sanitarios o bien plantas de compostaje. Es por eso, que se le debe de dar tratamiento biológico por medio de una laguna de lixiviados.
8. La selección del sistema depende del presupuesto disponible, de la cantidad de las aguas lixiviadas y del área disponible. Sea cual sea el sistema seleccionado es importante llevar control sobre este proceso.
9. Conociendo las características de operación de un relleno sanitario, incluyendo pendientes, coberturas, así como los datos climatológicos de precipitaciones pluviales, es posible realizar un balance hídrico simplificado que indica el orden de magnitud del caudal de lixiviado generado. Si se conocen, asimismo datos de la concentración del lixiviado (que se estimó asumiendo las características de los residuos dispuestos) puede realizarse un cálculo preliminar de la carga orgánica a tratar, los datos revelados para los rellenos sanitarios estudiados ofrecen datos aceptables de las estimaciones realizadas.
10. La contaminación del suelo natural del sitio de esta propuesta se considera no negativa, debido a que los mantos freáticos se encuentran a niveles muy bajos.

11. El análisis tarifario indica que la municipalidad deberá hacer un estudio de cuál será el aporte mensual que deberá hacer la comunidad.
12. La municipalidad deberá aplicar una tarifa especial para locales comerciales de la comuna y otros poblados cercanos que quieran adherirse al proyecto de recolección y disposición final de desechos sólidos.
13. Del cálculo de costos obtenemos que el proyecto es factible con un costo presente de Q. 8 202 872,81 y podrá ser viable si se hacen los estudios para el aprovechamiento y recuperación por técnicas específicas de la basura.
14. No tirar la basura en el río Carcaj para no contaminar el agua, el suelo y el paisaje.
15. Basado en los principios de la ingeniería sanitaria y saneamiento ambiental el relleno sanitario es un destino seguro de los desechos sólidos.
16. El manejo integral de residuos sólidos es una corresponsabilidad social y requiere la participación conjunta y coordinada de los productores para la reducción, separación y reutilización de la basura a fin de lograr beneficios ambientales y la optimización económica.

RECOMENDACIONES

1. La municipalidad debe considerar la aplicación de las soluciones propuestas, de acuerdo con el grado de intervención que requieran cada uno de los métodos.
2. Promover una campaña en materia de educación ambiental que cuente con la participación de instituciones nacionales e internacionales, así como de las organizaciones comunitarias, para que a través de ellos se difunda a todos los pobladores y tenga como objetivo principal mejorar la calidad de vida de los habitantes.
3. Fortalecer la participación comunitaria en la ejecución de proyectos, con el objeto de crear en ellos la conciencia necesaria acerca de la importancia que tienen dichos proyectos para el desarrollo de sus comunidades.
4. Se recomienda a la población de San Juan Ermita no tirar basura al Río Carcaj por que se contamina el agua, el suelo y el paisaje.
5. Una de las alternativas más viables sería que la municipalidad implemente una planta de compost para la disminución de las aguas lixiviadas y del volumen de basura. Si se composta la basura biodegradable, se reduce considerablemente la cantidad de materiales que se van al relleno, y también se reduce la cantidad de lixiviados que escurren del resto de basura rellena.

6. Si el volumen del relleno ya está reducido a casi la mitad, puede ser más fácil para el municipio hacer un suelo impermeable según el estándar técnico. Dependiendo del lugar de relleno (profundidad de las capas freáticas, distancia de poblaciones y agricultura, calidad del suelo natural) podría ser posible también renunciar a la capa de plástico. Si el municipio en cuestión quiere colocar una capa de plástico, pero no dispone del presupuesto necesario, se puede utilizar plástico PEHD producido de material reciclado o cubiertas de invernadero desechadas.
7. Al dar por concluido el relleno sanitario se sugiere la siembra de árboles adecuados al área.
8. Usar para la base del relleno y para cubrir la basura, material mineral de baja permeabilidad como la arcilla.
9. En la cobertura final del relleno, la capa de cobertura debe de ser capaz de sostener la vegetación, y con la suficiente inclinación para impedir el ingreso de aguas pluviales al relleno sanitario.
10. Después de la jornada diaria debe cubrirse con una capa de material para evitar la propagación de enfermedades.
11. Se recomienda la construcción de canaletas para el desalojo de aguas de lluvia.

12. Toda persona que desee vivir en armonía con el medio ambiente de tener conciencia de, pensar antes de comprar, evitar la compra de materiales desechables o de un solo uso, separar los residuos reciclables en recipientes separados de los comunes, llevar su propias bolsas para hacer compras y así no usar bolsas de plástico, utilizar las hojas por ambos lados, y no mezclar pilas, baterías, lámparas fluorescentes, pinturas o residuos tóxicos con residuos domiciliarios.

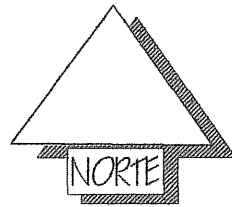
BIBLIOGRAFÍA

1. *Camión recolector de basura clasificada*. [en línea]. [ref. 20 junio de 2012]. Disponible en Web: <<http://www.buzonverde.com/blog/rutilizacion-y-reciclaje-del-plastico>>.
2. INSTITUTO NACIONAL DE FOMENTO MUNICIPAL. *Basura en Guatemala*. Colección de Manuales Técnicos. Guatemala: INFOM. 30 p.
3. DUARTE DÍAS, Felipe Andrés. *Caracterización de los desechos sólidos del municipio de San Antonio La Paz, departamento de El Progreso y propuesta para relleno sanitario*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2008. 118 p.
4. HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, Roberto Alejandro. *Tratamiento y disposición final de los desechos sólidos para el pueblo de Santiago Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004. 132 p.
5. JOACHIN MUÑOZ, José Francisco. *Propuesta del sistema de recolección, manejo y disposición final de los desechos sólidos en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2002. 106 p.

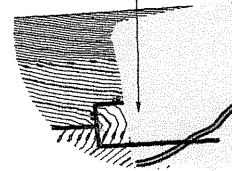
6. *Libro de texto para curso colectivo de capacitación sobre técnicas de gestión de desechos de los países centroamericanos*. Centro Internacional de Hokkaido, Sapporo Agencia de Cooperación Internacional del Japón. Revisado en 1999.VOLUME I Y VOLUME II. Japón: ACIJ. 1999.
7. *Reciclaje de papel*. [en línea]. [ref. 22 junio de 2012]. Disponible en Web: <<http://www.reciclon.net/papel-reciclaje.htm> >.
8. *Reciclaje del aluminio*. [en línea]. [ref. 22 junio de 2012]. Disponible en Web: <<http://www.gritamx.com>>.
9. *Reciclaje del vidrio*. [en línea]. [ref. 22 junio de 2012]. Disponible en Web:<[html.rincondelvago.com/reciclaje-del-vidrio.html](http://rincondelvago.com/reciclaje-del-vidrio.html) >.
10. RÖBEN, Eva. *Manual para el diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios municipales*. [en línea]. Ecuador: DED/ Ilustre Municipalidad de Loja, 2002. [ref. 20 enero 2011]. Disponible en Web: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltex/rellenos/indice.pdf>>.
11. *Serie de suelos*. [en línea]. [ref. 15 febrero de 2012]. Disponible en Web: <<http://www.infoambiental.org/siam/>>.
12. *Tipos de plásticos y su reciclaje*. [en línea]. [ref. 22 junio de 2012]. Disponible en Web: <<http://www.maquinariapro.com/tecnologia/reciclaje-de-platico.html>>.

13. VÁSQUEZ VENTURA, Giovanni Lorenzo. *Diagnóstico general de saneamiento básico con especial enfoque en el manejo de desechos sólidos para la cabecera y las comunidades de Chuacruz y Las Minas del municipio de San José Chacayá, departamento de Sololá.* Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004. 134 p.

APÉNDICE: PLANOS

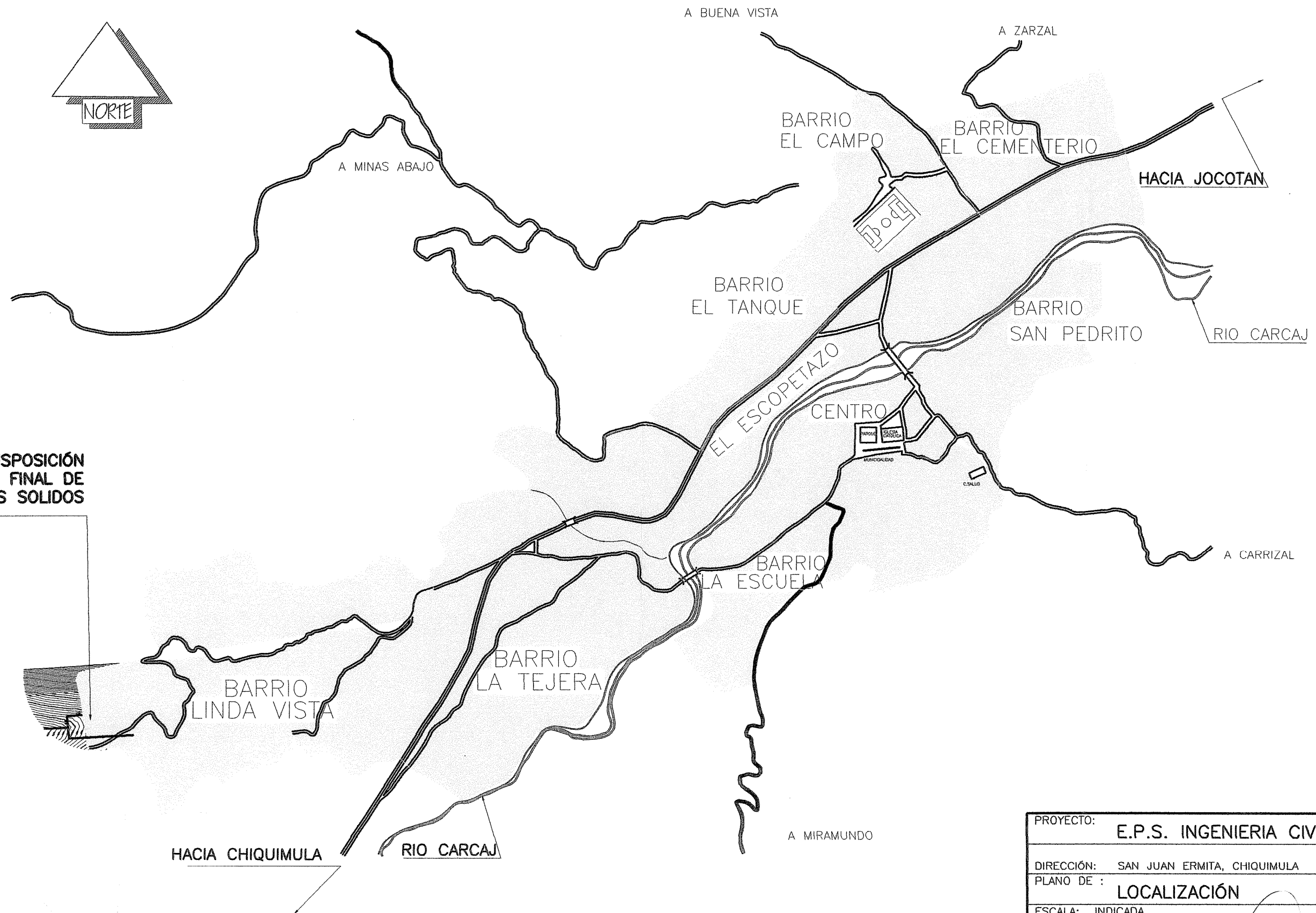


DISPOSICIÓN
FINAL DE
DESECHOS SOLIDOS

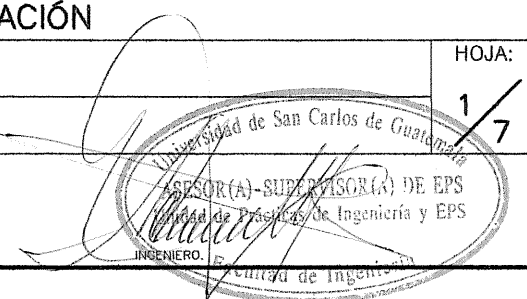


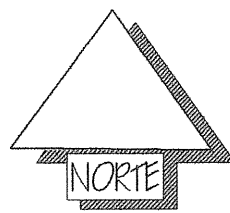
PLANO DE LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO A NIVEL DEL MUNICIPIO

ESCALA 1/7500



PROYECTO:	E.P.S. INGENIERIA CIVIL U.S.A.C.	
DIRECCIÓN:	SAN JUAN ERMITA, CHIQUIMULA	
PLANO DE :	LOCALIZACIÓN	
ESCALA:	INDICADA	HOJA:
FECHA:	JUN/11	1/7
CALCULO:	EDWIN LEMUS	
DIBUJO:	EDWIN LEMUS	
VISTO BUENO:		





DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS SOLIDOS

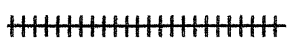


FIN DE RUTA DE RECOLECCIÓN

INICIO DE RUTA DE RECOLECCIÓN

HACIA CHIQUIMULA

PLANO DE RUTA DE RECOLECCIÓN



ESCALA 1/7500

A BUENA VISTA

A ZARZAL

BARRIO EL CAMPO

BARRIO EL CEMENTERIO

HACIA JOCOTAN

A MINAS ABAJO

BARRIO EL TANQUE

BARRIO SAN PEDRITO

RIO CARCAJ

EL ESCOPETAZO

CENTRO

A CARRIZAL

BARRIO LA ESCUELA

BARRIO LINDA VISTA

BARRIO LA TEJERA

RIO CARCAJ

A MIRAMUNDO

PROYECTO: E.P.S. INGENIERIA CIVIL U.S.A.C.

DIRECCIÓN: SAN JUAN ERMITA, CHIQUIMULA

PLANO DE : RUTA DE RECOLECCIÓN

ESCALA: INDICADA

FECHA: JUN/11

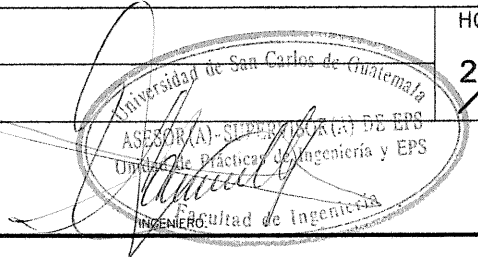
CALCULO: EDWIN LEMUS

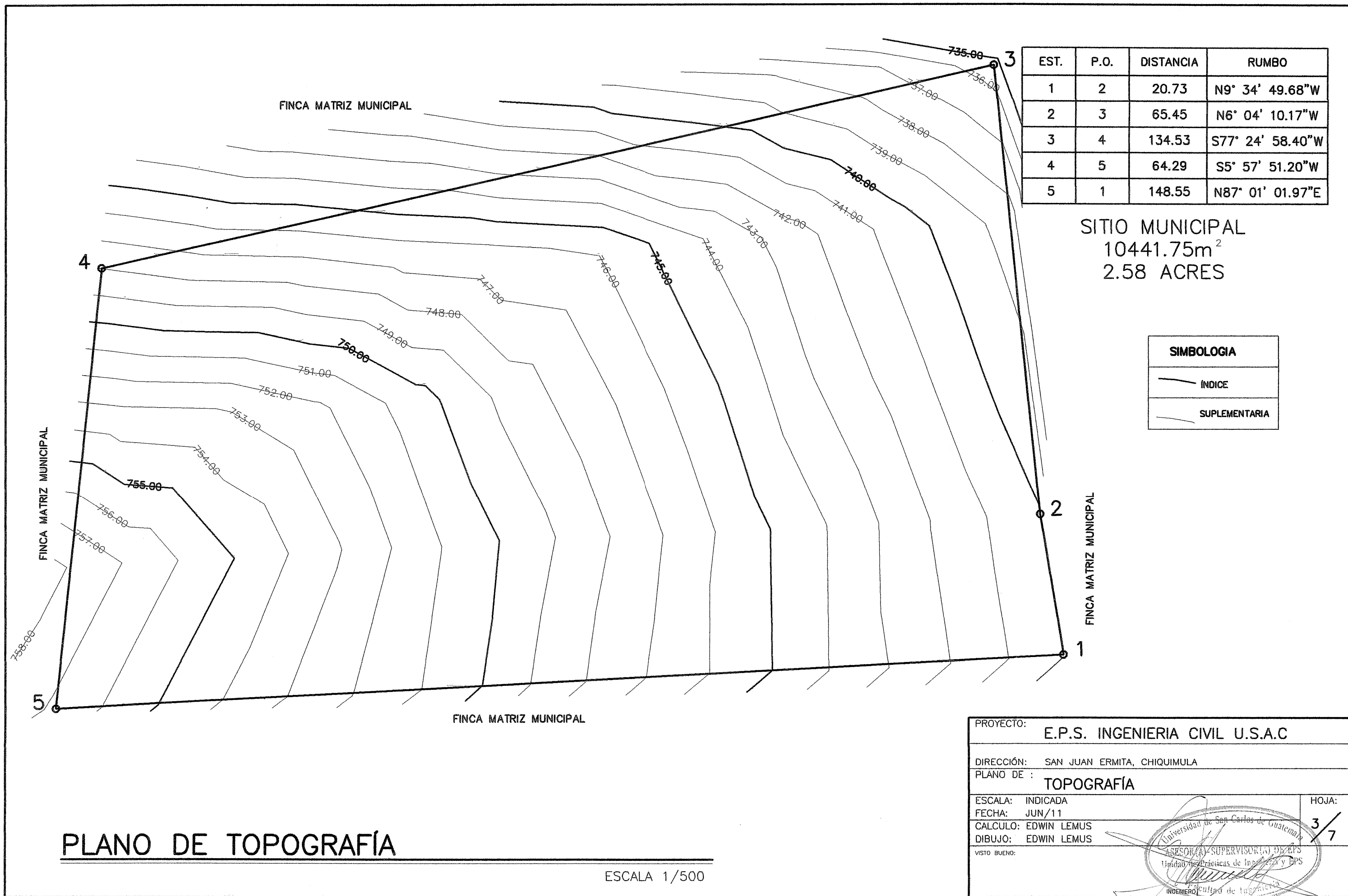
DIBUJO: EDWIN LEMUS

VISTO BUENO:

HOJA:

2/7





EST.	P.O.	DISTANCIA	RUMBO
1	2	20.73	N9° 34' 49.68"W
2	3	65.45	N6° 04' 10.17"W
3	4	134.53	S77° 24' 58.40"W
4	5	64.29	S5° 57' 51.20"W
5	1	148.55	N87° 01' 01.97"E

SITIO MUNICIPAL
 10441.75m²
 2.58 ACRES

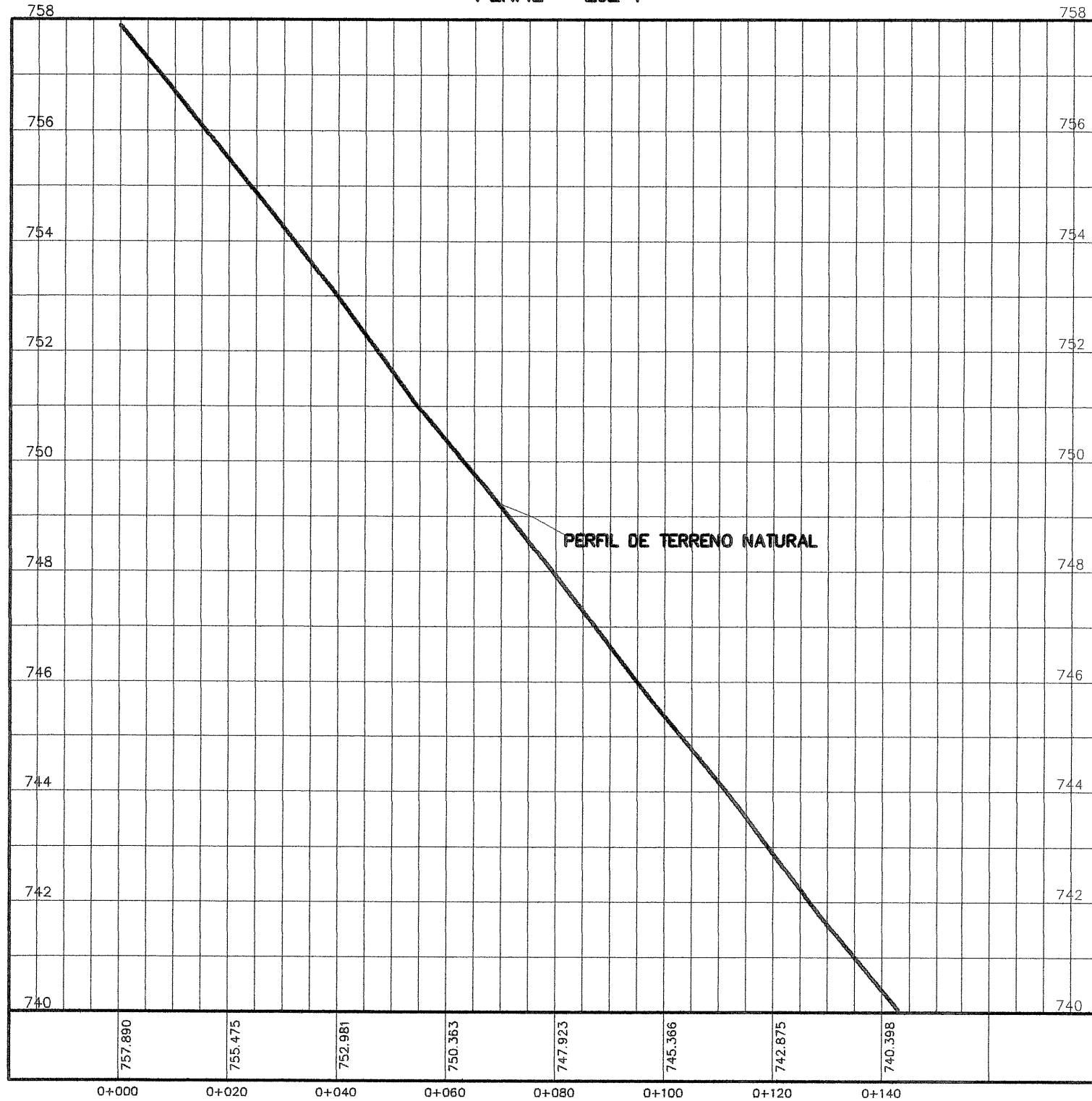
SIMBOLOGIA	
	INDICE
	SUPLEMENTARIA

PROYECTO:	E.P.S. INGENIERIA CIVIL U.S.A.C	
DIRECCIÓN:	SAN JUAN ERMITA, CHIQUIMULA	
PLANO DE :	TOPOGRAFÍA	
ESCALA:	INDICADA	HOJA:
FECHA:	JUN/11	3/7
CALCULO:	EDWIN LEMUS	
DIBUJO:	EDWIN LEMUS	
VISTO BUENO:		

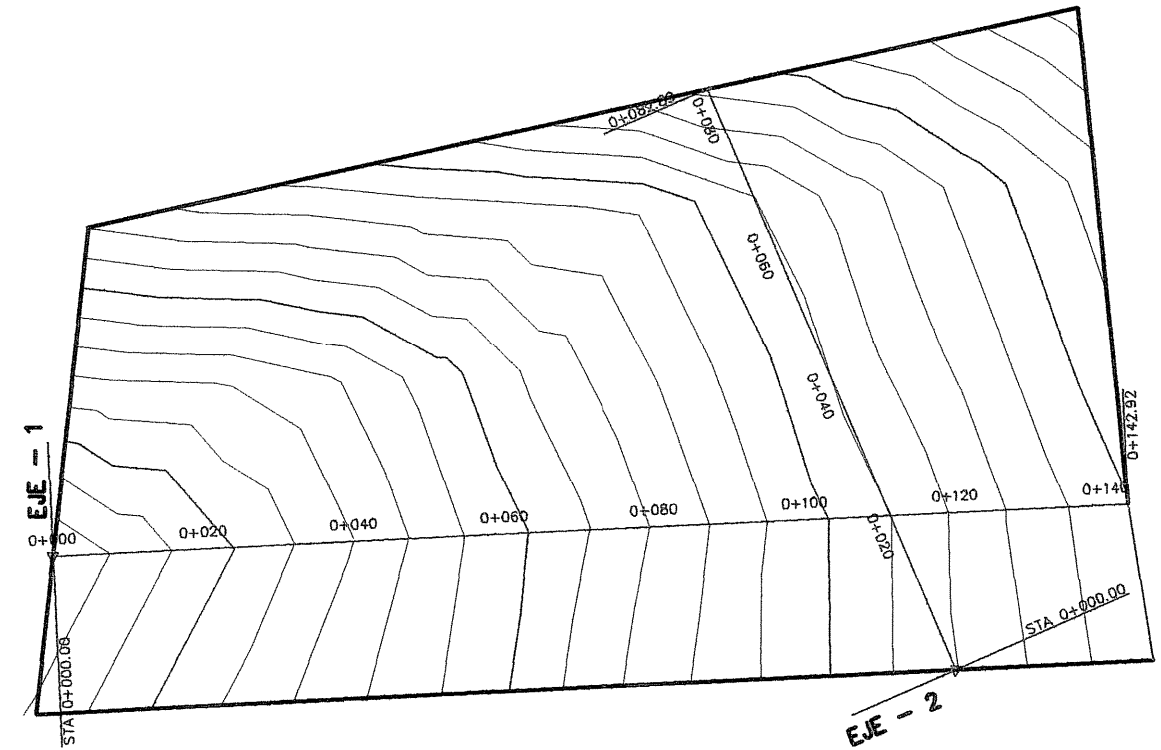
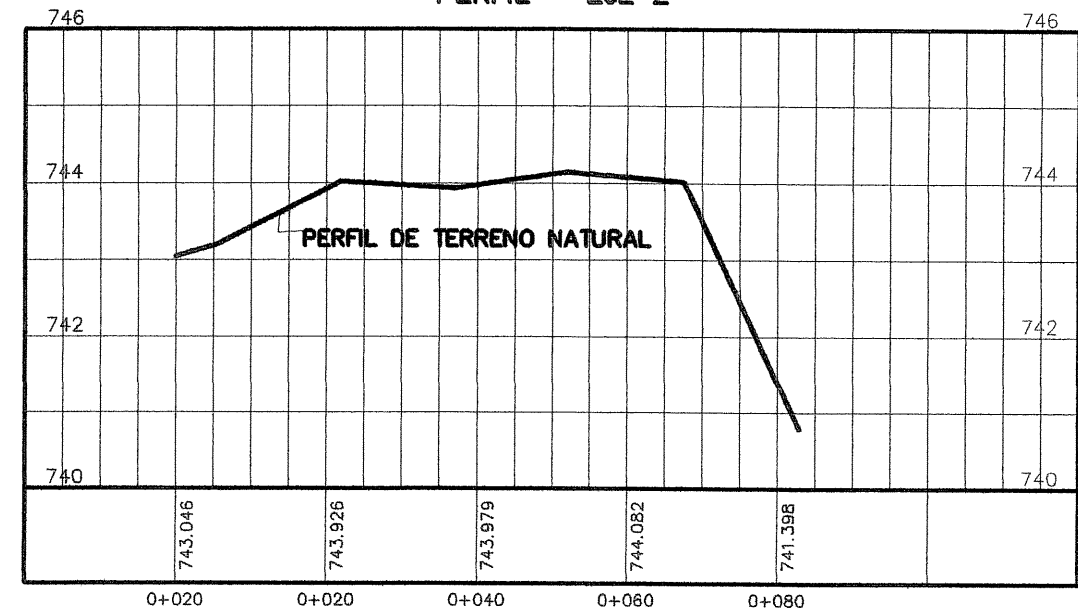
PLANO DE TOPOGRAFÍA

ESCALA 1/500

PERFIL - EJE 1



PERFIL - EJE 2

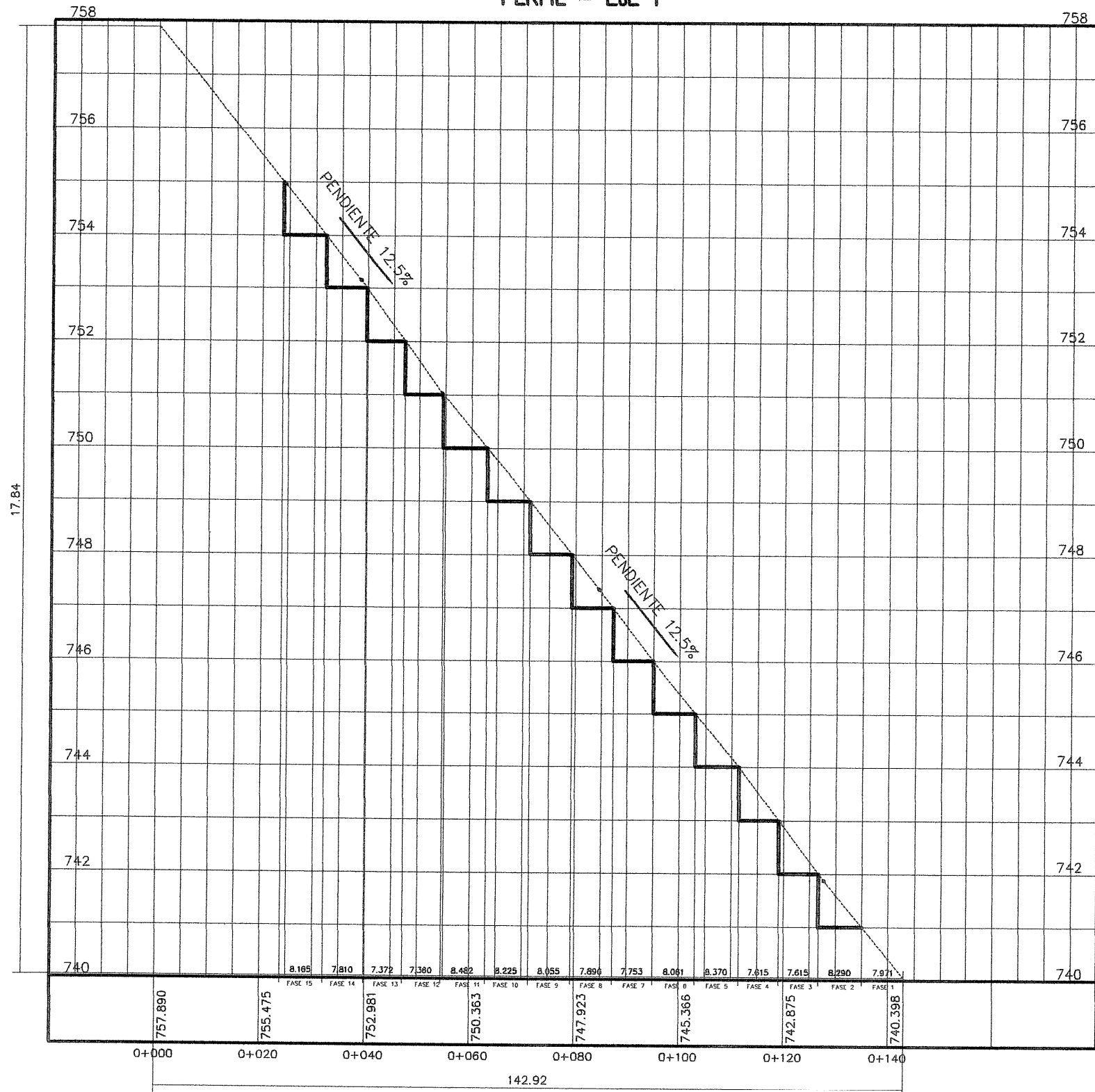


PLANO DE PERFILES DEL TERRENO NATURAL

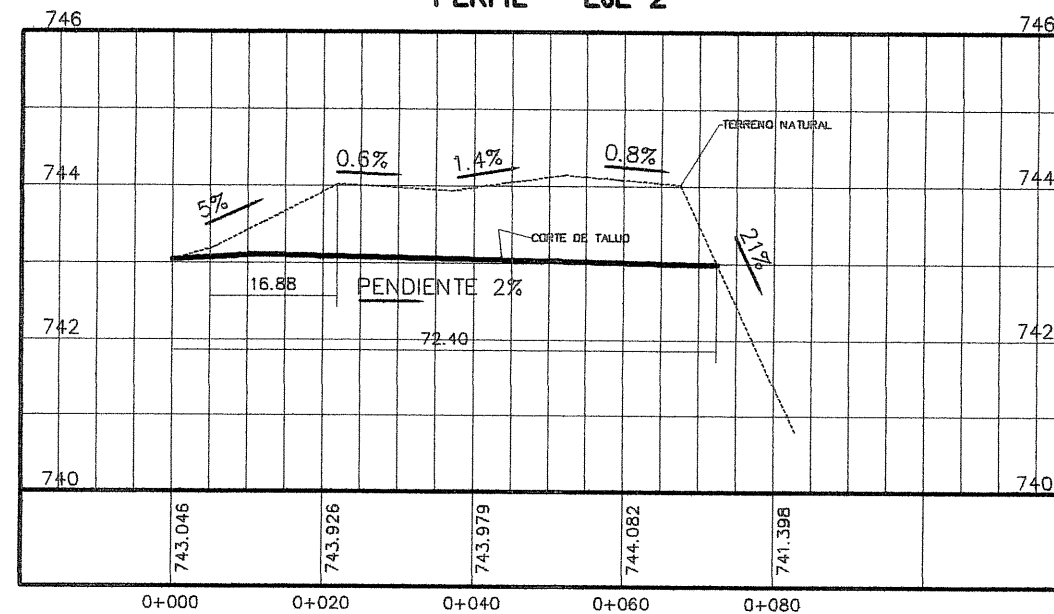
ESCALA HORIZONTAL 1/1000
 ESCALA VERTICAL 1/100

PROYECTO:	E.P.S. INGENIERIA CIVIL U.S.A.C	
DIRECCIÓN:	SAN JUAN ERMITA, CHIQUIMULA	
PLANO DE :	PERFILES	
ESCALA:	INDICADA	HOJA:
FECHA:	JUN/11	
CALCULO:	EDWIN LEMUS	4/7
DIBUJO:	EDWIN LEMUS	
VISTO BUENO:		

PERFIL - EJE 1



PERFIL - EJE 2



VOLUMENS DE CORTE	
Fase	Volumen (m³)
1	215.63
2	216.66
3	190.26
4	182.23
5	191.46
6	175.04
7	159.67
8	154.13
9	148.41
10	142.33
11	137.16
12	110.29
13	102.95
14	101.10
15	96.84

PLANO DE CORTE DE TALUDES Y CUERPO DE LA BASURA

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
 ESCALA VERTICAL 1/100

PROYECTO: E.P.S. INGENIERIA CIVIL U.S.A.C

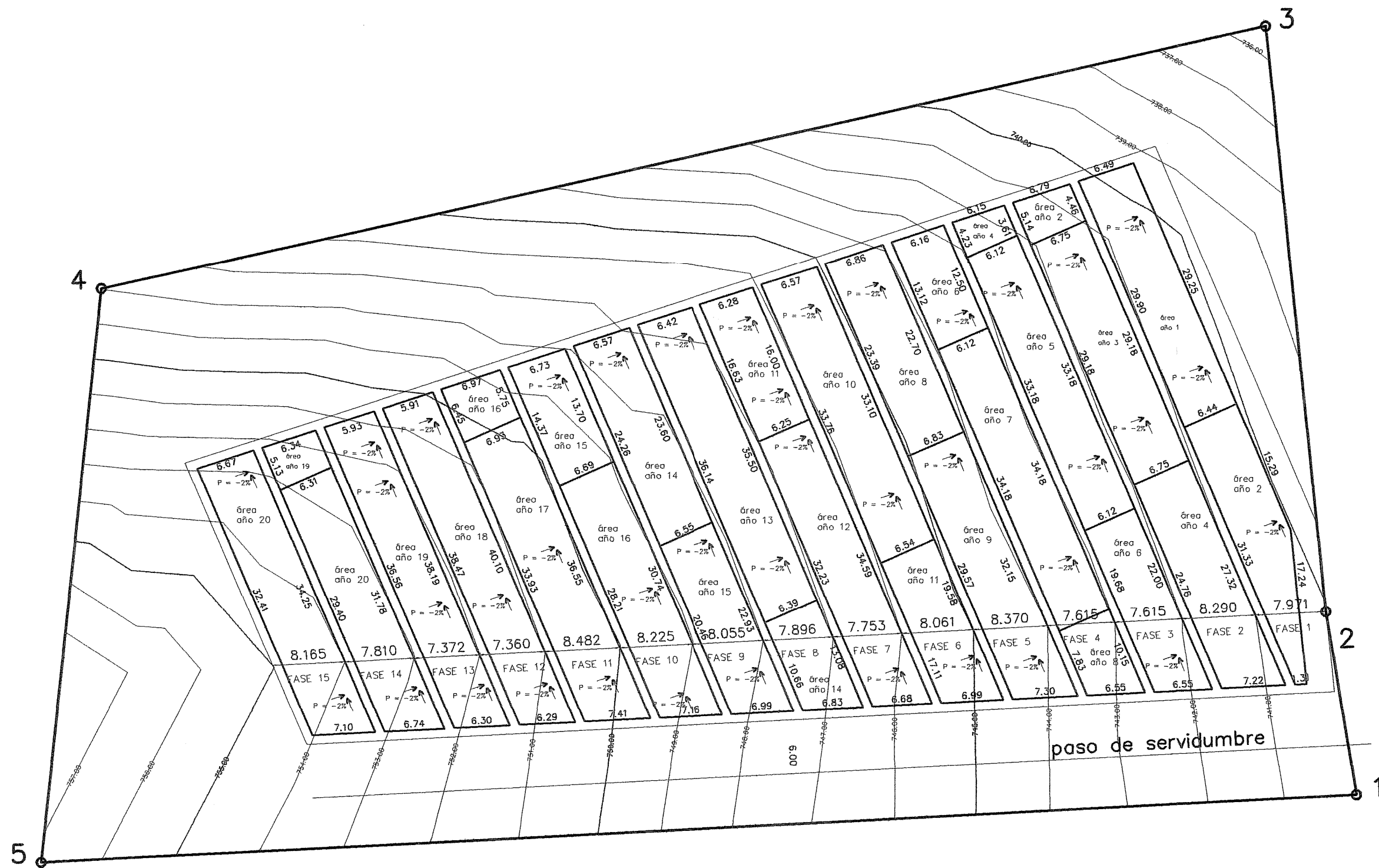
DIRECCIÓN: SAN JUAN ERMITA, CHIQUIMULA

PLANO DE : TALUDES

ESCALA: INDICADA
 FECHA: JUN/11
 CALCULO: EDWIN LEMUS
 DIBUJO: EDWIN LEMUS

VISTO BUENO:

HOJA: 5/7



**PLANO DE: PLANTA DE FASES DE CORTE
DIRECCIÓN DE LOS LIXIVIADOS**

ESCALA 1/500

PROYECTO: E.P.S. INGENIERIA CIVIL U.S.A.C		HOJA:
DIRECCIÓN: SAN JUAN ERMITA, CHIQUIMULA		6/7
PLANO DE : FASES CORTE		
ESCALA: INDICADA		
FECHA: JUN/11		
CALCULO: EDWIN LEMUS		
DIBUJO: EDWIN LEMUS		
VISTO BUENO:		

[Handwritten Signature]
INGENIERO

RELLENO SANITARIO CUMPLIENDO CON ESTÁNDAR TÉCNICO

Criterios Mínimos Para la Base del Relleno
 Como es bastante costosa la construcción de la base ideal de un relleno sanitario, y no se encuentra en todas partes una barrera geológica suficiente, hay que establecer unos criterios mínimos para la base de un relleno sanitario.
 Cuáles son los objetivos mayores que se quiere lograr con la construcción de la base del relleno sanitario?
 - Protección de los acuíferos
 - Evacuación controlada de las aguas lixiviadas con el fin de tratarlas en una laguna de tratamiento biológico u otra planta equivalente
 - Evacuación de las aguas lixiviadas con el fin de asegurar la estabilidad del cuerpo de basura
 Si no es posible lograr esos objetivos de manera óptima, hay que intentar hacer lo mejor con las posibilidades existentes. Aquí es importante hacer una distinción entre sitios con alta o mediana nivel de precipitación y sitios con muy baja precipitación. En regiones donde la precipitación anual no exceda los 300 mm y se cuente con un canal apropiado para interceptar y desviar las aguas lluvias, se espera que no se presenten problemas significativos con las aguas lixiviadas. En consecuencia, en un sitio que se encuentra en una región sumamente seca, se puede renunciar a algunos elementos que constituyen la capa de base óptima. En otros sitios donde llueve bastante, o en sitios que se encuentran en una región ecológicamente importante o sensible, no se debería descuidar la base del relleno sanitario, pero se puede optar por soluciones menos costosas y más fáciles.

GAVIONES EN TODO EL PERIMETRO DEL RELLENO SANITARIO CON TRIPLE PROPÓSITO
 1) RETENCIÓN DEL CUERPO DE LA BASURA
 2) DRENAJE DE LIXIVIADOS
 3) DRENAJE DE GASES

CHIMENEA A CADA 25 m DE LONGITUD

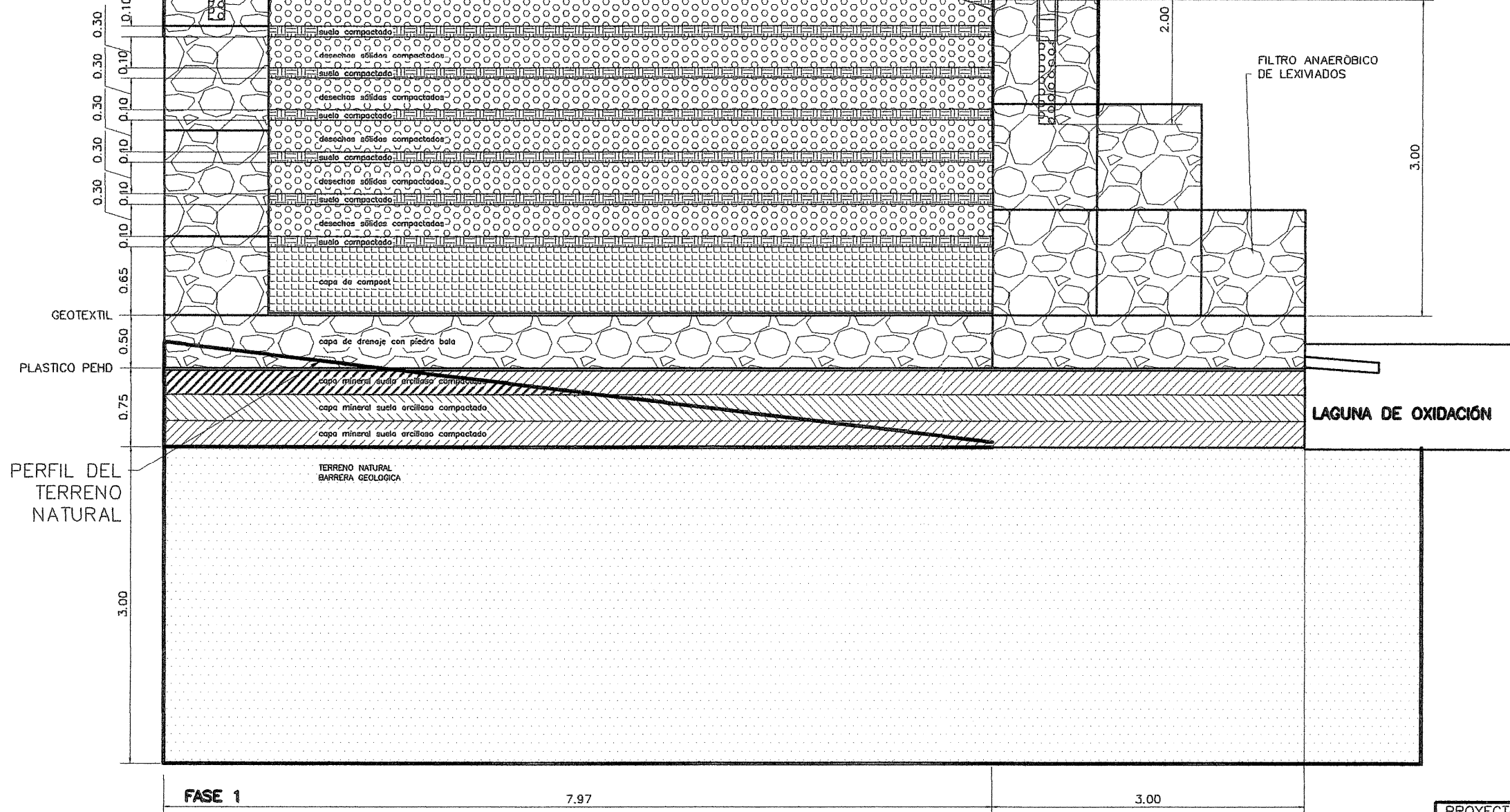
FILTRO HELECHO SAQUILLO

TUBO DE PERFORADO PARA EXTRACCIÓN DE GASES

TUBO DE CONCRETO DE 6"

FILTRO ANAERÓBICO DE LIXIVIADOS

LAGUNA DE OXIDACIÓN



CALCULO DE MURO DE GAVIONES		
Peso específico de la roca γ_r =		2800 kg/m ³
Peso específico del suelo γ_s =		1800 kg/m ³
Peso específico de la basura γ_b =		600 kg/m ³
Angulo de fricción interna ϕ =		30 grados
Coefficiente activo K_a =		0.33
Altura H =		3 metros
Peso total de los bloques = W_b =	$\gamma_r Vol * 0.8 =$	13440 kg
Empuje activo = E_a =	$\gamma_s * H^2 * K_a / 0.5 =$	2673 kg
Momento de volcamiento = M_v	$E_a * H / 3 =$	2673 kgf-m
Momento estabilizante M_e =	$M_e = W * d$	7846 kgf-m
FACTOR DE SEGURIDAD AL VOLCAMIENTO		
$FS_v = M_e / M_v$		2.935278713 > 2 OK
FACTOR DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO		
$FS_d = u * N / E_a =$		2.902949495 > 1.5 OK

SECCIÓN DE RELLENO SANITARIO

ESCALA HORIZONTAL 1/50

PROYECTO:	E.P.S. INGENIERIA CIVIL U.S.A.C	
DIRECCIÓN:	SAN JUAN ERMITA, CHIQUIMULA	
PLANO DE :	RELLENO SANITARIO	
ESCALA:	INDICADA	HOJA: 7/7
FECHA:	JUN/11	
CALCULO:	EDWIN LEMUS	
DIBUJO:	EDWIN LEMUS	
VISTO BUENO:		

