



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

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN,
OPERACIÓN Y COBERTURA FINAL DE UN RELLENO SANITARIO**

Magda Eunice Duarte Lemus

Asesorado por el Ing. Max Adolfo Sigui Villeda

Guatemala, noviembre de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN,
OPERACIÓN Y COBERTURA FINAL DE UN RELLENO SANITARIO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

MAGDA EUNICE DUARTE LEMUS

ASESORADO POR EL ING. MAX ADOLFO SIGUI VILLEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE 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. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
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. Julio Antonio Arreaga Solares
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y COBERTURA FINAL DE UN RELLENO SANITARIO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha agosto de 2012.



Magda Eunice Duarte Lemus

Guatemala, 12 de Octubre de 2012

Licenciado
Manuel María Guillen Salazar
Jefe del Departamento de Planeamiento
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Lic. Guillen:

Atentamente le informo que he revisado el trabajo de graduación de la estudiante universitaria Magda Eunice Duarte Lemus, carné 1987-12030, denominado **“MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN EL PROCESO DE CONSTRUCCION, OPERACIÓN Y COBERTURA FINAL DE UN RELLENO SANITARIO”**, habiéndose desarrollado según el protocolo aprobado.

Deseo manifestar que el estudiante Duarte Lemus ha llenado las expectativas que de este trabajo se esperaban, permitiéndole rebasar las conclusiones y recomendaciones esperadas por lo que en mi calidad de asesor le doy por aprobado y le solicito darle el trámite correspondiente.

Sin otro particular me es grato saludarle.

Deferentemente,

Max Adolfo Sigui Villeda
INGENIERO CIVIL
CCY. 9,078

Ing. Max Adolfo Sigui Villeda
Ingeniero Civil, Col. Activo No. 9,078
Asesor de Tesis



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



Guatemala,
15 de octubre 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 **MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y COBERTURA FINAL DE UN RELLENO SANITARIO**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Magda Eunice Duarte Lemus, quien contó con la asesoría del Ing. Max Adolfo Sigui Villeda.

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


Lic. Manuel María Guillén Salazar
Jefe del Departamento de Planeamiento

Manuel María Guillén Salazar
ECONOMISTA
Colegiado No. 4758



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
PLANEAMIENTO
USAC

/bbdeb.



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Max Adolfo Sigui Villeda y del Jefe del Departamento de Planeamiento, Lic. Manuel María Guillén Salazar, al trabajo de graduación de la estudiante Magda Eunice Duarte Lemus, titulado **MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y COBERTURA FINAL DE UN RELLENO SANITARIO**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, noviembre de 2012.

/bbdeb.



DTG. 584.2012

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: **MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y COBERTURA FINAL DE UN RELLENO SANITARIO**, presentado por la estudiante universitaria **Magda Eunice Duarte Lemus**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
Decano a.i.

Guatemala, 14 de noviembre de 2012

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por dotarme de vida, salud, fortaleza y ser mi cómplice en todo lo que emprendo.
Mis padres	Licenciados María Magdalena y Elfego Danilo (q.e.p.d.), porque gracias a su ejemplo y consejos puedo tener este nuevo logro en mi vida, desde el cielo han estado conmigo.
Mi esposo	Ingeniero M.Sc. Edy Pérez, por creer en mí, amarme y apoyarme incondicionalmente en cada aventura de mi vida.
Mi hijos	Génesis Eunice y Jeffrey Stefan, por ser mi fuerza, inspiración y motivación.
Mis hermanos	Doctor Danilo Duarte Doctora Karina Duarte Licenciada Zulema Duarte Yujana Duarte Porque inevitablemente los llevo grabados en el corazón.

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Porque sin su presencia en mi vida no seria posible este triunfo.
- Facultad de Ingeniería** Por abrirme las puertas nuevamente y permitirme culminar una segunda carrera.
- Lic. Manuel María Guillen** Por su confianza y apoyo en el presente trabajo.
- Ing. Max Adolfo Sigui Villeda** Por su apoyo y amistad.
- Mis amigos** Gricelda González, Claudia Menéndez, José Pineda, Mario Zea, Julio José Guzmán, Gustavo García, Axel Montenegro y Luis Corzo. Por permitirme compartir estos años de estudios y brindarme su amistad sincera.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. CONTAMINACIONES AMBIENTALES DEL RELLENO SANITARIO EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Contaminación del suelo	4
1.3. Contaminación del agua	4
1.4. Contaminación del aire	6
1.5. Contaminación visual	6
1.6. Contaminación por efectos de la construcción	7
1.7. Contaminación por ruido.....	8
1.8. Contaminación en el movimiento de tierras.....	8
1.9. Medio ambiente	9
1.10. Estudio de Impacto Ambiental (EIA).....	10
1.11. Desechos sólidos	10
2. DESCRIPCIÓN MARCO LEGAL.....	13
2.1. Constitución Política de la República de Guatemala	13
2.2. Código de Salud (Decreto número 90-97)	13
2.3. Código Municipal (Decreto 12-2002)	14
2.4. Código Civil (Decreto Ley número 106).....	15

2.5.	Código Penal (Decreto número 17-73).....	15
2.6.	Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente (Decreto número 68-86)	15
2.7.	Creación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) (Decreto 90-2000)	16
2.7.1.	Misión.....	17
2.7.2.	Visión	17
2.8.	Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental (Acuerdo Gubernativo 431-2007)	21
2.8.1.	Evaluación ambiental inicial	21
2.8.2.	Autoevaluación ambiental	22
2.9.	Ley de la Policía Nacional Civil (Decreto número 11-97)	23
2.10.	Ley del Organismo Judicial (Decreto número 114-97)	23
2.11.	Ley del Ministerio Público (Decreto número 40-94)	23
2.12.	Ley de áreas protegidas y sus reformas (Decreto número 4-89)	23
2.13.	Ley Forestal (Decreto 101-96)	24
2.14.	Ley Reguladora de las Áreas de Reserva Territoriales del Estado de Guatemala. (Decreto número 126-97)	25
2.15.	Ley del Fondo de Tierras (Decreto número 24-99)	25
3.	MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA LOS PARÁMETROS DE DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO	27
3.1.	Medidas en etapa de levantamiento de información del proyecto	27
3.2.	Medidas de mitigación para la disposición final de desechos sólidos del relleno sanitario	28
3.3.	Medidas de mitigación para los parámetros selectivos del relleno sanitario.....	29

3.3.1.	Parámetros del suelo.....	29
3.3.2.	Parámetros del aire	29
3.3.3.	Criterio de diseño.....	30
3.4.	Desechos que se aceptan en un relleno sanitario	30
3.5.	Medidas básicas de operación de un relleno sanitario	31
3.6.	Ventajas y beneficios de la aplicación de medidas de mitigación en un relleno sanitario	31
3.7.	Medidas de mitigación en etapas principales de un relleno sanitario	32
3.8.	Medidas de mitigación en etapa de construcción del relleno sanitario	38
3.9.	Medidas de mitigación del medio ambiente.....	39
3.9.1.	Medidas de accesibilidad.....	40
3.9.2.	Medidas de topografía	41
3.9.3.	Medidas del área disponible para las operaciones	41
3.9.4.	Medidas de propiedad del terreno	41
3.9.5.	Medidas de uso final.....	42
3.10.	Medidas naturales de un relleno sanitario para proteger los recursos y el entorno	42
3.11.	Medidas de mitigación específicas para componentes constructivos del relleno sanitario.....	43
3.11.1.	Construcción de celdas	43
3.11.2.	Sistemas de evacuación y captación de lixiviados	44
3.11.3.	Drenaje superficial	46
3.11.4.	Finalidad del drenaje de gases	46
3.12.	Medidas de mitigación específicas para el terreno donde se construirá el relleno sanitario.....	47

3.12.1.	Agua potable	48
3.12.2.	Sistemas de tratamiento y filtración de agua.....	48
3.12.3.	Energía eléctrica	49
3.12.4.	Sistema de drenajes.....	49
3.12.5.	Drenaje pluvial.....	50
3.12.6.	Drenaje sanitario	50
3.13.	Canal de rejillas.....	52
3.14.	Trampa de grasas	52
3.15.	Fosa séptica y pozo de absorción.....	52
3.16.	Teléfonos	53
3.17.	Medidas de mitigación en obras complementarias	53
3.18.	Medidas de mitigación etapa cierre y cobertura final del relleno sanitario	56
4.	MÉTODO DE IDENTIFICACIÓN Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	63
4.1.	Método de identificación de impactos Matriz de Leopold.....	63
4.1.1.	Beneficios que brinda la matriz de Leopold.....	64
4.2.	Medidas de mitigación.....	65
4.2.1.	Medidas de mitigación a la geomorfología	66
4.2.2.	Medidas de mitigación para la hidrología	66
4.2.3.	Medidas de mitigación para la calidad de aguas superficiales y subterráneas.....	67
4.2.4.	Medidas de mitigación de aguas servidas.....	69
4.2.5.	Medidas de Mitigación para el control de líquidos percolados (lixiviados)	69
4.2.6.	Medidas de mitigación para el control de gases.....	70
4.2.7.	Medidas de mitigación para el control de aire	71
4.2.8.	Medidas de mitigación para el control de olores ...	72

4.2.9.	Medidas de mitigación en la dispersión de basura .	72
4.2.10.	Medidas de mitigación de ruido	73
4.2.11.	Medidas de mitigación para el control de vectores sanitarios.....	74
4.2.12.	Medidas de mitigación de restauración	75
4.2.12.1.	Medidas para el suelo ..	75
4.2.12.2.	Medidas para el paisaje y estética	75
4.2.12.3.	Medidas de prevención de riesgos y control de accidentes	76
5.	PLAN DE SEGURIDAD AMBIENTAL DEL RELLENO SANITARIO.....	77
5.1.	Recomendaciones en la fase de construcción	78
5.2.	Recomendaciones para el funcionamiento.....	79
5.3.	Plan de contingencia	79
5.4.	Plan de contingencia en caso de incendio.....	80
5.4.1.	Medidas para protección de incendios.....	82
5.4.2.	Equipo para extinguir el fuego	82
5.4.3.	Extintores de incendios inspección y mantenimiento	83
5.4.4.	Chequeo de mangueras	83
5.4.5.	Práctica en caso de incendios	84
5.4.6.	Inspección.....	84
5.5.	Plan de contingencia por sismos	85
5.6.	Plan de seguridad humana en rellenos sanitario.....	86
5.6.1.	Número de teléfonos de emergencia	86
5.6.2.	Interruptores de emergencia.....	87

5.6.3.	Limpieza	87
5.6.4.	Salidas.....	88
5.6.5.	Ropa protectora de trabajo.....	88
5.6.6.	Protección de la piel	88
5.6.7.	Primeros auxilios y ayuda médica	89
5.6.8.	Extintores portátiles para combatir incendios	89
5.6.9.	Procedimiento carga y descarga de vehículos	89
5.7.	Sistema eléctrico.....	90
5.8.	Iluminación	91
CONCLUSIONES		93
RECOMENDACIONES		95
BIBLIOGRAFÍA		97

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

1.	Contaminación Visual	7
2.	Movimiento de tierras.....	33
3.	Rellenos y cortes	35
4.	Drenajes	36
5.	Diagrama Relleno Sanitario	37
6.	Sistema de sellado y captación de lixiviados	45
7.	Estructura de la cubierta típica del terreno de un relleno sanitario etapa de cobertura final	58
8.	Proceso de colocación de geomembrana en relleno sanitario.....	61
9.	Área de disposición preparada con geomembrana en relleno sanitario	61
10.	Matriz de Leopold	65

GLOSARIO

Ambiente	Sistema de elementos biotópicos, abióticos, socioeconómicos culturales estéticos que interactúan entre sí.
Biodegradación	Proceso de descomposición de un producto o una sustancia por acción de organismos vivientes con cierta rapidez.
Biogás	Es un gas que se genera en medios naturales o en dispositivos específicos por la biodegradación de la materia orgánica, mediante la acción de microorganismos y otros factores en ausencia de oxígeno en un ambiente anaeróbico.
Combustión	Reacción química en la cual generalmente se desprende una gran cantidad de calor y luz.
Corrosión	Deterioro de un material por consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno, o es una reacción en la que intervienen 3 factores, pieza manufacturada, el ambiente y el agua.

Desechos sólidos

Conjunto de materiales sólidos de origen orgánico e inorgánico, que no tienen utilidad práctica para la actividad que lo produce, siendo procedente de las actividades domésticas, comerciales industriales y de todo tipo que se produzcan en una comunidad con la sola excepción de las excretas humanas.

Evaluación ambiental

Procedimiento administrativo que sirve para identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales, que producirá un proyecto en su entorno en caso de ser ejecutado, todo ello con el fin de que la administración competente pueda aceptarlo

Geomembrana

Material de baja permeabilidad, en forma de lámina prefabricada, que cumple con el propósito de reducir y prevenir el flujo de líquidos y vapores a través del enterramiento, se usa en la construcción de fosas para vertederos controlados.

Geotextiles

Material de construcción sintético u orgánico que existe en grandes variedades y tienen una amplia gama de aplicación en obras viales, además se puede enrollar, cortar o coser.

Impacto ambiental

Es una alteración del medio o de alguno de sus componentes, sea favorable o desfavorable, temporal o permanente, directo o indirecto, reversible o irreversible. Este impacto puede ser generado por un proyecto de ingeniería, un programa, una ley o una disposición administrativa con implicaciones ambientales.

Impermeabilizantes

Son sustancias que detienen el agua, impidiendo su paso y son utilizados en el revestimiento de piezas y objetos que se deben mantener secos, funcionan eliminando o reduciendo la porosidad del material, llenando filtraciones o aislándola humedad del medio.

Lixiviados

Agua que contiene sustancias sólidas, por tanto esta contiene ciertas sustancias en solución después de percolar a través de un filtro o en el suelo.

Medio Ambiente

Sistema formado por elementos naturales y artificiales que están relacionados entre sí, y que son modificados por la acción humana.

Mitigación

Conjunto de medidas que se toman para contrarrestar o minimizar los impactos ambientales negativos.

Poliétileno

Es un Polímero formado, por la unión de moléculas de etileno, y es considerado una de los plásticos más importantes, además es un material plástico de mayor consumo y no es afectado por el agua.

RESUMEN

Lo que antes se consideraba desperdicio, ahora debe valorarse como materia prima para su aprovechamiento alimenticio o industrial. Muchos fenómenos de la vida pueden verse como divergentes y sin relación alguna entre sí, cuando se estudian por separado en un laboratorio o desde un escritorio, pero en la naturaleza estos fenómenos ocurren forzosamente. El ritmo comercial de la sociedad, la continua conquista de nuevas metas tecnológicas y la errónea creencia de que los recursos naturales son inagotables, son algunos de los factores que contribuyen a la actual producción desmedida de residuos sólidos en las sociedades de consumo.

El acelerado proceso de urbanización, el crecimiento industrial y la modificación de los distintos patrones de consumo humano, han originado un incremento acelerado en la generación de residuos sólidos, aunando a ello la insuficiente capacidad financiera y administrativa para dar tratamiento adecuado a estos problemas.

El problema de la basura debe considerarse como primordial, de responsabilidad personal y de país, ya que este desorden incide directamente en la salud de los habitantes y del ornato del país.

Como solución al tratamiento de los desechos sólidos, se han implementado los sistemas de tratamiento llamados rellenos sanitarios, pero para que estos funcionen adecuadamente sin repercusiones negativas al medio ambiente, es necesaria la aplicación de medidas de mitigación específicas, que

durante los diferentes procesos del relleno sanitario coadyuven a lograr dicho objetivo.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), la cual adoptó el medio ambiente como eje transversal en la educación superior, le corresponde formar profesionales con compromiso para la protección y mejoramiento del medio ambiente y con una ética ambiental que propicie decisiones orientadas a proteger el bienestar común.

Para que todo ello sea posible, es imprescindible que los mecanismos de regulación vigentes en el país, constituyan señales claras para que los agentes económicos tengan incentivos, e implementar prácticas ambientales sanas, adoptar estándares de medidas de mitigación compatibles con la preservación del medio ambiente y además, incentivar y consolidar la capacidad interna del país y de los sectores productivos, para prevenir el deterioro ambiental.

En este sentido, la educación ambiental en el área de la gestión ambiental, contribuirá a que la lucha contra la contaminación y el deterioro del medio ambiente, sean un objetivo prioritario del sector público y el sector privado y una estrategia para la búsqueda de crecimiento y desarrollo económico en equilibrio con la protección del medio ambiente, tal como está plasmado en la Política de Conservación, Protección y Mejoramiento del Ambiente y los Recursos Naturales, la cual está vigente desde el 2007, según el Acuerdo Gubernativo 63-2007.

OBJETIVOS

General

Elaborar el análisis de las medidas de mitigación necesarias, en el proceso de construcción, operación y cobertura final de un relleno sanitario, que proteja el entorno de las comunidades que son beneficiadas con este tipo de sistemas de tratamiento de residuos sólidos.

Específicos

1. Sistematizar los criterios técnicos y profesionales para proponer las medidas de mitigación específicas mínimas necesarias, para evitar daño ambiental por la construcción del relleno sanitario.
2. Determinar las medidas de mitigación específicas mínimas necesarias, para evitar daño ambiental por la operación del relleno sanitario.
3. Proponer las medidas de mitigación específicas mínimas necesarias para evitar daño ambiental al finalizar la vida útil del relleno sanitario.
4. Indicar la legislación vigente nacional que establece que los proyectos antes de ser ejecutados deben someterse a un proceso de evaluación del impacto ambiental.

INTRODUCCIÓN

El acelerado proceso de urbanización, crecimiento industrial y la modificación de patrones de consumo humano, han originado un incremento acelerado en la generación de residuos sólidos, aunando la insuficiente capacidad financiera administrativa para el tratamiento adecuado del problema.

Para resolver el manejo de los desechos sólidos se utiliza el relleno sanitario, que es un lugar técnicamente seleccionado, diseñado y operado para la disposición final controlada de los residuos sólidos, que sea satisfactorio desde el punto de vista de la salud pública y en casi todo el mundo, es la solución del problema. Tienen una capacidad mínima para usarse durante 10 años considerando el crecimiento de la población y la selección de un buen equipo de trabajo.

Si el manejo no está regido o controlado desde su construcción hasta después de finalizada su vida útil, el objetivo primordial del sistema se pierde, convirtiéndose de solución al problema, ya que produce efectos negativos ambientales al entorno, causando un problema mayor. Por tal razón, se propone el punto de investigación sobre medidas de mitigación necesarias, en el proceso de construcción, operación y cobertura final de un relleno sanitario.

Contempla dentro de la construcción del relleno sanitario, las medidas de mitigación que tiene que seguir en el proceso de su vida útil y como fin primordial al finalizar la vida útil del mismo otorgar un servicio que genere, beneficios ambientales a las comunidades del área urbana o rural del país. Para

que puedan ser utilizados por ingenieros civiles y futuros profesionales en la aplicación adecuada de dicho instrumento.

El resultado de la investigación contribuirá a mejorar las condiciones ambientales de los rellenos sanitarios y por consiguiente, a mejorar la calidad ambiental del área urbana y rural de la ciudad de Guatemala y la calidad de vida de sus habitantes.

El documento se deja a disposición de profesionales ambientalistas, docentes, estudiantes y toda persona acuciosa; que les sirva como auxiliar, mejorando su contenido y generando un valor agregado al mismo.

1. CONTAMINACIONES AMBIENTALES DEL RELLENO SANITARIO EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN

1.1. Antecedentes

Desde el origen de la vida, el hombre ha utilizado los recursos naturales para asegurar su supervivencia y crear objetos que le ayudará a prosperar dentro de un medio difícil y hostil. La población era muy escasa y los problemas medioambientales, inexistentes, pero el afán del hombre por progresar, social y económicamente ha transformado la vida del planeta. La evolución de las culturas ha marcado el progreso de la humanidad.

Durante siglos y con la evolución de estas sociedades, las poblaciones consumieron alimentos de fácil descomposición, produjeron bienes duraderos basados en materiales naturales como la madera, el barro, el cuero y las fibras textiles. Los residuos que se producían eran fácilmente asimilables por el medio, el cambio que experimentaba la humanidad hace que se inicie la extracción y transformación de elementos naturales con la utilización de la energía disponible.

La revolución industrial y el progreso, con la utilización en gran escala de energía no renovable y la intensificación de la industria extractiva, causaron la explosión demográfica; y las ciudades tuvieron que abordar enormes crecimientos, con nuevo desequilibrio entre infraestructura y necesidades. La gestión de los residuos seguía siendo primaria, limitándose a la retirada de los residuos urbanos de las calles y a su transporte fuera de ella. Durante estas

épocas, los residuos no constituyeron un grave problema, ya que al alejarlos de las ciudades no presentaban especiales riesgos sanitarios.

Con el desarrollo y asentamiento social de las ideas ecológicas se logra dar una visión más completa cuando los residuos urbanos surgen como un problema medioambiental de consideración. A ellos se suma el cambio de su descomposición, pues los residuos, resultados de la alimentación, pierden importancia en favor de nuevos productos como el vidrio, papel, cartón y los plásticos muy utilizados como envases. Fundamental ha sido el aumento en peso y, sobre todo, en volumen de la producción de residuos, debido al crecimiento per cápita del consumismo.

La eliminación de residuos industriales y domésticos plantea graves problemas en numerosos países, pues el reciclaje, la transformación en abonos orgánicos o la incineración de la basura, resulta por lo general antieconómico y exige subvenciones. Por ello, en muchas zonas se utiliza la acumulación de los residuos al aire libre, método que además de sus características antiestéticas, puede plantear graves problemas de orden higiénico, debido a la alta posibilidad de contaminación de aguas superficiales y subterráneas, durante los períodos de lluvia, en particular, si se hallan situados en terrenos permeables.

La solución a los problemas de las basuras, se mitiga en parte, con la creación de los rellenos sanitarios, los cuales hasta el momento, son el método más económico y ambientalmente más aceptable para la evacuación de los RSU's en el mundo.

En Guatemala el vertedero más grande que existe como recaudador de desechos sólidos, se encuentra en la zona 3 de esta ciudad, este se ha convertido en un grave problema debido al mal manejo del mismo por la

inexistente planificación de operación, funcionamiento, diseño y la no aplicación de medidas de mitigación que permitan el menor daño al entorno de la ciudad de Guatemala.

El presente estudio se refiere a las medidas de mitigación necesarias, en el proceso de construcción, operación o funcionamiento y cobertura final de un relleno sanitario. Contempla como fin primordial otorgar un servicio para que en la etapa de cobertura final de los rellenos sanitarios, se apliquen medidas de mitigación que garanticen que no se genere impacto ambiental negativo, en la comunidad y área geográfica en donde está construido.

El problema de la basura, debe considerarse como fundamental, de responsabilidad personal y de las autoridades, ya que este desorden incide directamente en la salud de los habitantes y en el ornato del lugar, provocando impacto ambiental que puede ser negativo o positivo, dependiendo del manejo que se le dé.

La disposición de los residuos sólidos que lleguen al sitio, se efectuará por el método del relleno sanitario, que es definido por la Asociación Americana de Ingenieros Civiles como: un método para la disposición de basuras en el suelo sin detrimento al medio ambiente, sin causar molestias y sin causar peligros a la salud y seguridad pública; utilizando principios de ingeniería para confinar las basuras depositadas en una área pequeña y con una capa de tierra diariamente al final de la jornada.

Este método tiene la finalidad de modificar la topografía del terreno, brindar un servicio que es la disposición final de los desechos sólidos producidos por el núcleo urbano y rural, dar una solución al problema de los

desechos sólidos posibilitando la recuperación de áreas que eventualmente serán de utilidad.

El presente estudio se refiere a las medidas de mitigación necesarias, en el proceso de ejecución, operación y cobertura final de un relleno sanitario. Contempla dentro de la construcción del relleno sanitario, las medidas de mitigación que tiene que seguir en el proceso de su vida útil y como fin primordial otorgar un servicio de disposición final de los residuos sólidos que se generan, en el área urbana o rural de Guatemala.

El informe contiene, descripción de; los medios físicos, proyecto, medidas de mitigación y de los posibles impactos al medio ambiente, etapas de proceso de construcción, y las posibles medidas de mitigación en sus diferentes etapas como la operación final del relleno sanitario.

1.2. Contaminación del suelo

Este es un riesgo que se debe tomar en cuenta, ya que en algunas ocasiones pueden existir fugas, goteo o corrosión de lixiviados que puedan darse dentro de las instalaciones del proyecto, como también en la tubería, uniones, llaves y demás accesorios, este tipo de contaminación puede evitarse con el chequeo constante de tubería, accesorios y del buen mantenimiento preventivo y correctivo, existiendo conjuntamente una buena capacitación al personal.

1.3. Contaminación del agua

La contaminación del agua se refiere a la presencia de sustancias químicas o microorganismos que interfieren con algunos potenciales que se

deriva de este recurso. Durante siglos, el problema de la contaminación de las aguas se redujo a la existencia de bacterias patógenas causantes de enfermedades tales como la fiebre tifoidea y otras transmitidas por ésta. La contaminación natural (no química) aún subsiste y presenta graves manifestaciones en los países del tercer mundo

La contaminación del agua puede estar producida por:

- Compuestos minerales: pueden ser sustancias tóxicas como los metales pesados (plomo, mercurio, etc.), nitratos, nitritos. Otros elementos afectan a las propiedades organolépticas (olor, color y sabor) del agua que son el cobre, el hierro, etc. Otros producen el desarrollo de algas a la eutrofización (disminución de la cantidad de O₂ disuelto en el agua).
- Compuestos orgánicos (fenoles, hidrocarburos, detergentes, etc.), producen también eutrofización del agua, debido a una disminución de la concentración de oxígeno, ya que permite el desarrollo de los seres vivos y estos consumen el O₂.
- La contaminación microbiológica se produce principalmente por la presencia de fenoles, bacterias, virus, protozoos, algas unicelulares.
- La contaminación térmica provoca una disminución de la solubilidad del oxígeno en el agua.

Para determinar la calidad del agua, es necesario analizar los parámetros físicos (organolépticos), conductividad (gracias a las sales), temperatura (óptima de 8 – 15°C), turbidez, parámetros químicos (orgánicos, inorgánicos y gases).

Así mismo, como consecuencia del vertido de residuos sólidos urbanos e industriales, y desechos agrícolas, se han sobrepasado los límites que permitan la purificación a través del ciclo natural de evaporación y lluvia. Basta tener en cuenta para comprender este problema que, según estimaciones realizadas a comienzos de la década del 90, las basuras vertidas de manera directa o indirecta en las aguas de nuestro planeta superan los 20 000 millones de toneladas.

La contaminación afecta a las personas que utilizan el agua de manera directa y a las que también lo hacen de manera indirecta, consumiendo verduras, hortalizas regadas con aguas contaminadas o fauna acuática provenientes de mares o ríos contaminados.

1.4. Contaminación del aire

El riesgo ambiental es muy común en la combustión, ya que es un producto de la expansión en el aire de los contaminantes gaseosos derivados de los hidrocarburos tales como: óxidos de carbono, azufre y derivados, ozono y fluoruros de hidrógeno, los cuales suelen generarse primordialmente por la combustión de los automotores en servicio.

1.5. Contaminación visual

Tipo de contaminación que parte de todo aquello que afecte o perturbe la visualización del lugar o rompe la estética de una zona o paisaje, y que pueda incluso llegar a afectar la salud de los individuos, o zona donde se produzca el impacto ambiental, o al abuso de ciertos elementos no arquitectónicos que alteran la estética, la imagen del paisaje tanto rural como urbano, y que generan a menudo, una sobre estimulación visual agresiva, invasiva y simultánea.

Figura 1. **Contaminación Visual**



Fuente: Basurero zona 3 Guatemala.

1.6. Contaminación por efectos de la construcción

La construcción del relleno sanitario no generará impactos que afecten significativamente el ambiente, excepto los que pueda producir el proyecto, los cuales serían generados en la fase de construcción como:

Extracción de tierra, excavación e instalación del equipo propio del proyecto, presencia de trabajadores, ruido de fundición o similares, los cuales serán eliminados al terminarse de ejecutar la obra.

1.7. Contaminación por ruido

Se le llama contaminación por ruido o contaminación auditiva, al exceso de sonidos que alteran las condiciones normales del ambiente en una determinada zona. Si bien el ruido no se acumula, traslada o mantiene en el tiempo como las otras contaminaciones, también puede causar grandes daños en la calidad de vida en las personas si no se controla bien o adecuadamente.

El término contaminación acústica, hace referencia al ruido (entendido como sonido excesivo y molesto), provocado por las actividades producto de la construcción.

Las principales causas de la contaminación acústica; son aquellas relacionadas con las actividades humanas como el transporte, construcción y obras públicas, industrias, y otras.

En el desarrollo de un relleno sanitario, la contaminación por ruido es producto de la construcción en sí y de la remoción de la tierra en el área de trabajo; a pesar de eso se considera que estos efectos desaparecerán al finalizar la obra de infraestructura.

1.8. Contaminación en el movimiento de tierras

Los movimientos de tierra serán parcialmente significativos, debido a las excavaciones y al zanjeo para los ductos de instalaciones básicas de agua, drenaje y cimentación.

1.9. Medio ambiente

Sistema formado por elementos naturales y artificiales que están interrelacionados y que son modificados por la acción humana, que afecta a un ser vivo, condiciona especialmente las circunstancias de vida de las personas o de la sociedad.

Comprende el conjunto de valores naturales sociales y culturales existentes en un lugar en un momento determinado, que influyen en la vida del ser humano, en las generaciones venideras. Es decir, no se trata sólo del espacio en que se desarrolla la vida, sino que también comprende seres vivos, agua, aire, suelo y las relaciones entre ellos, así como elementos tan intangibles como la cultura.

Es además el análisis de la relación entre ecosistema y cultura. En general, es el entorno en el cual opera una organización, que incluye además la flora y fauna, y su interrelación. En este contexto, el medio ambiente se extiende desde el interior de una organización hasta el sistema global.

Componentes sociales se refiere a todo lo que rodea a los seres vivos, está conformado por elementos biofísicos (suelo, agua, clima, atmósfera, plantas animales y microorganismos), y componentes sociales que se refieren a los derivados de la relaciones que se manifiestan a través de la cultura, la ideología y la economía.

La relación que se establece entre estos elementos, es lo que, desde una visión integral, conceptualiza el medio ambiente como un sistema.

Hoy día el concepto de medio ambiente esta relacionado al desarrollo; esta relación permite entender los problemas ambientales y su vínculo con el desarrollo sustentable, el cual debe garantizar una adecuada calidad de vida para las generaciones presente y futura.

1.10. Estudio de Impacto Ambiental (EIA)

Procedimiento administrativo que sirve para identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales, que producirá un proyecto en su entorno en caso de ser ejecutado, todo ello con el fin de que la administración competente pueda aceptarlo, según los criterios establecidos por las normas vigentes.

1.11. Desechos sólidos

Conjunto de materiales sólidos de origen orgánico e inorgánico, que no tienen utilidad práctica para la actividad que lo produce, siendo procedente de las actividades domésticas, comerciales industriales y de todo tipo que se produzcan en una comunidad, con la sola excepción de las excretas humanas.

Los desechos pueden eliminarse (cuando se destinan a vertederos o se entierran) o reciclarse (obteniendo un nuevo uso).

Los desechos sólidos se clasifican como orgánicos (desechos biodegradables que son putrescibles); de restos de alimentos, desechos de jardinería, residuos agrícolas, animales muertos, huesos, otros biodegradables excepto las excretas humana y animal.

Desechos inorgánicos; se le denomina a los desechos sólidos inorgánicos, considerados genéricamente como inertes, en el sentido que su degradación no aporta elementos perjudiciales al medio ambiente, aunque su dispersión degrada el valor estético del mismo y puede ocasionar accidentes al personal.

Desechos sólidos generales como el papel, cartón, vidrio, cristal, cerámica, desechos metales y/o que contengan metales, plásticos, llantas y cueros, textiles (trapos, gasas, fibras).

Desechos sólidos pétreos: piedras, rocas, escombros de demoliciones y restos de construcciones, cenizas, desechos de tablas o planchas resultado de demoliciones.

Desechos industriales: la cantidad de residuos que genera una industria en función de la tecnología del proceso productivo, calidad de las materias primas o productos intermedios, propiedades físicas y químicas de las materias auxiliares empleadas, de combustibles utilizados y los envases y embalajes del proceso.

Desechos peligrosos, todas aquellas sustancias minerales u objetos generados por cualquier actividad que por sus características físicas, biológicas o químicas, puedan representar un peligro para el medio ambiente y la salud humana.

2. DESCRIPCIÓN MARCO LEGAL

Todo estudio de impacto ambiental, tiene por objetivo identificar e interpretar en forma global los posibles impactos ambientales, ocasionados por el proceso de construcción, operación y cobertura final de un relleno sanitario. La finalidad del ente regulador en la ciudad de Guatemala, es implementar la maximización de los posibles impactos positivos y a la vez buscar la minimización de los posibles efectos negativos que las acciones derivadas del proceso puedan causar al ambiente, su entorno y la salud humana.

Todo estudio debe cumplir con las disposiciones legales a la que está sometida cualquier empresa, para asegurar el cumplimiento de las medidas de mitigación que sean aplicables en el proceso de construcción, operación y cobertura final del relleno sanitario.

2.1. Constitución Política de la República de Guatemala

Regula los derechos y garantías constitucionales, conservación de los recursos naturales, garantiza la existencia de parques nacionales y reservas naturales, Artículos específicos: 1, 64, 97, 119, 122, 125, 126, 127 y 128.

2.2. Código de Salud (Decreto número 90-97)

Regula la prevención, promoción, recuperación y rehabilitación de la salud de todos los habitantes del país, instituye al Ministerio de Salud Pública a coordinar con el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y las

municipalidades para promover un ambiente saludable. Su institución ejecutiva, es el Ministerio de Salud Pública.

Decreto Ley 90-97 del Congreso Nacional de la República de Guatemala, que corresponde al Código de Salud, el cual se refiere a diferentes aspectos relacionados con; el saneamiento del medio ambiente, abastecimiento de agua potable, eliminación y disposición de excretas y aguas servidas, disposición de basuras, afluentes residuales, molestias públicas, riesgos colectivos y de higiene laboral.

2.3. Código Municipal (Decreto 12-2002)

Regula la administración municipal, creación de comisiones del medio ambiente, planes de ordenamiento territorial, áreas verdes en zonas urbanas y actividades de construcción. Las instituciones ejecutivas son las municipalidades. El capítulo V, Oficinas Técnicas Municipales, establece la creación de oficinas técnicas en las municipalidades de la República de Guatemala y en su Artículo 95, textualmente dice: “El Consejo Municipal tendrá una Oficina Municipal de Planificación, que coordinará y consolidará los diagnósticos, planes, programas y proyectos de desarrollo del municipio. Esta oficina podrá contar con el apoyo sectorial de los ministerios y secretarías del estado que integran el Organismo Ejecutivo. La Oficina Municipal de Planificación es responsable de producir la información precisa y de calidad requerida para la formulación y gestión de las políticas públicas municipales”.

Actualmente, la Oficina Municipal de Planificación de la municipalidad de Guatemala, trabaja en el diagnóstico del municipio, con el cual se darán a conocer áreas de riesgo, delimitar zonas para la industria, comercio y sectores residenciales, entre otros.

2.4. Código Civil (Decreto ley número 106)

Regula el accionar del ciudadano civil, relaciona todas aquellas actividades civiles que pueden afectar el medio ambiente

2.5. Código Penal (Decreto número 17-73)

Considera la normativa para la acción legal, responsabilidad penal de propagar epidemias y enfermedades que afecten la salud humana, que perjudiquen a las plantas y los animales, responsabilidad de contaminar.

2.6. Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente (Decreto número 68-86)

Norma que tiene como tema central la contaminación y estudios de impacto ambiental, regula la administración y manejo del agua. La institución normativa rectora, es el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). Este decreto fue emitido por el Congreso de la República el 28 de noviembre de 1986 y ordenada su publicación por el Señor Presidente Constitucional de la República de Guatemala, el 5 de diciembre del mismo año. El Artículo 1 de dicho decreto, textualmente expresa “El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional, propiciarán el desarrollo social, económico, científico y tecnológico que prevenga la contaminación del medio ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Por lo tanto, la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, suelo, subsuelo y el agua, deberán realizarse racionalmente”

El decreto en mención, rige la debida explotación de los recursos y la protección de los mismos.

Los proyectos de infraestructura pública y privada, están regidos por éste decreto, por lo cual se piden estudios de impacto ambiental antes de otorgar las respectivas licencias de construcción. El fin es mantener un crecimiento de infraestructura ordenado y ecológicamente viable.

El estado tiene la responsabilidad de destinar recursos y velar porque la planificación del desarrollo nacional sea compatible, con la necesidad de proteger, conservar y mejorar el medio ambiente.

Para efectos del Decreto 68-86, el medio ambiente comprende: los sistemas atmosféricos (aire); hídrico (agua); lítico (rocas y minerales); edáfico (suelos); biótico (animales y plantas); elementos audiovisuales y recursos naturales y culturales.

El incumplimiento de las normas, reglamentos y leyes, conlleva a sanciones económicas, anulación de licencias y cárcel, según el daño. La entidad fiscalizadora y responsable para verificar el cumplimiento, es el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

2.7. Creación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) (Decreto 90-2000)

Capítulo I, Reformas a la ley del Organismo Ejecutivo, Decreto número 114-97 del Congreso de la República. Artículo 1. Se adiciona el numeral 13 al Artículo 19, el cual queda así: “13. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales”. El decreto en mención y que motivó la creación del ministerio aludido, fue modificado mediante el Decreto 91-2000, dándole fortaleza ya que se le trasladan las funciones que competían a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y a la Comisión Natural de Medio Ambiente (CONAMA).

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) se establece como autoridad máxima en materia de ambiente en el país.

El Artículo 29 bis, del Decreto 91-2000, establece que compete al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) , “formular y ejecutar las políticas relativas a su ramo: cumplir y hacer que se cumpla el régimen concerniente a la conservación, protección, sostenibilidad y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales en el país y el derecho humano a un ambiente saludable y ecológicamente equilibrado, debiendo prevenir la contaminación del ambiente, disminuir el deterioro ambiental y la pérdida del patrimonio natural.” Este ministerio tiene bien definida su misión y visión conforme se detalla a continuación.

2.7.1. Misión

“Formular y ejecutar políticas públicas orientadas a gestar un desarrollo intergeneracional que tenga como fin esencial proteger y mantener saludable al ser humano, permitiendo mejorar la calidad de vida de todos los ciudadanos guatemaltecos a través de la conservación, protección y mejoramiento creciente del ambiente y de los recursos naturales, procurando que también sea saludable y disminuya el deterioro y la pérdida del patrimonio natural y promueva la disminución de riesgos y vulnerabilidad ambientales, en un clima de justicia ambiental.”

2.7.2. Visión

La visión se plantea tanto en el plano de la nación que se pretende a futuro como en el de la situación o posicionamiento institucional que se persigue. Para un futuro inmediato mediante largo plazo, el MARN visualiza

haber contribuido de manera significativa en el logro de una situación nacional, en la cual las personas disfrutan de los bienes y servicios naturales de la mejor calidad y estos son abundantes; se dispone de energía limpia y suficiente para asegurar la satisfacción de sus derechos naturales vitales, esenciales e intergeneracionales, dentro de un marco de ecoeficiencia e independencia energética, y se vive en un clima de auténtica justicia ambiental.

Así mismo, el MARN se visualiza a futuro como la entidad que, en el marco del aparato gubernamental, es reconocida porque brinda el apoyo necesario para que todas sus entidades orienten sus políticas y acciones hacia el establecimiento de un modelo de desarrollo a la adopción de prácticas ambientalmente compatibles que lo hacen más competitivo en los mercados; ante la población en general, es reconocida como una institución confiable que vela de manera eficaz protegiendo su derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado; y ante los gobiernos locales, es reconocida porque sabe brindar el apoyo necesario para que cumplan de la mejor manera con sus propias funciones y obligaciones en materia ambiental y se fortalezcan como autoridades eficientes y preocupadas por el efectivo bienestar de sus habitantes, por el desarrollo ordenado y seguro de sus poblados, zonas de producción y por la salubridad de sus municipios.

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), es la entidad del sector público especializada en materia ambiental y le corresponde proteger los sistemas naturales que desarrollen, fomentando una cultura de respeto y armonía con la naturaleza.

Para ello tiene a su cargo las siguientes funciones:

- Formular y ejecutar en forma participativa, la política de desarrollo agropecuario, de los recursos hidrobiológicos, estos últimos en lo que le atañe, y en coordinación con el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), diseñar la política para el manejo del recurso pesquero del país, de conformidad con la ley.
- En conjunto con el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), proponer y velar por la aplicación de normas claras y estables en materia de actividades agrícolas, pecuarias y fitozoosanitarias, y de los recursos hidrobiológicos, estos últimos en lo que le corresponda, buscando la eficiencia y competitividad en los mercados, y teniendo en cuenta la conservación y protección del medio ambiente.
- Definir en conjunto con el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), la política de ordenamiento territorial y de utilización de tierras nacionales y promover la administración descentralizada en la ejecución de esta política; deberá velar por la instauración y aplicación de un sistema de normas jurídicas que, definan con claridad los derechos y responsabilidades vinculados a la posesión, uso, usufructo y, en general, la utilización de dichos bienes, mientras permanezcan bajo el dominio del estado.
- Formular la política de servicios públicos, agrícolas, pecuarios, fitozoosanitarios y de los recursos hidrobiológicos, estos últimos en lo que le atañe, y administrar descentralizadamente su ejecución.
- Impulsar, el desarrollo empresarial de las organizaciones agropecuarias, pecuarias e hidrobiológicas, estas últimas en lo que le concierna, para fomentar el desarrollo productivo y competitivo del país.

- Diseñar, en coordinación con el Ministerio de Economía, las políticas de comercio exterior de productos agropecuarios, y de los recursos hidrobiológicos, estos últimos en lo que le afecte.
- En coordinación con el Ministerio de Educación, formular la política de educación ambiental y hábitos de higiene, educación sanitaria, promoviendo la participación comunitaria.
- Desarrollar mecanismos y procedimientos que contribuyan a la seguridad alimentaria de la población, velando por la calidad de los productos.
- Ampliar y fortalecer los procedimientos de disponibilidad y acceso a la información estratégica a productores, comercializadores y consumidores.
- Ejercer control, supervisión y vigilancia en la calidad y seguridad de la producción, importación, exportación, transporte, registro, disposición y uso de productos plaguicidas y fertilizantes, rigiéndose por estándares internacionalmente aceptados.

Un año después de la creación del decreto en mención y por Acuerdo Gubernativo 186-2001, se norma y crea el reglamento orgánico del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), y se establece su estructura organizativa; estableciendo 1 ministerio y 2 vice ministerios, que tienen como soporte técnico 6 direcciones generales, así:

- Dirección General de Políticas y Estrategias Ambientales.
- Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales.
- Dirección General de Coordinación Nacional.

- Dirección General de Formación, Organización y Participación Social.
- Dirección General de Cumplimiento Legal.

2.8. Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental (Acuerdo Gubernativo 431-2007)

El Acuerdo Gubernativo 431-2007 del 17 de septiembre de 2007, “Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental”, fue reformado por el Acuerdo Gubernativo 33-2008, con fecha 11 de enero de 2008 y contiene los lineamientos, estructura y procedimientos necesarios, para propiciar el desarrollo sostenible del país en el tema ambiental, mediante el uso de instrumentos que facilitan la evaluación, control y seguimiento ambiental de las actividades, obras, industrias o proyectos que se desarrollan y los que se pretenden desarrollar en el país; lo que facilitará la determinación de las características y los posibles impactos ambientales, para orientar su desarrollo en armonía con la protección del ambiente y los recursos naturales. Estos instrumentos para evaluación ambiental son:

2.8.1. Evaluación ambiental inicial

Es un instrumento que se utiliza para determinar si un proyecto, obra, industria o actividad, conforme lo indicado en el listado taxativo, el procedimiento establecido y en virtud de su condición de significancia de impacto ambiental, requiere o no de un análisis profundo por medio de otro instrumento de evaluación ambiental. La evaluación ambiental inicial considerará la localización del área del proyecto, con respecto a áreas ambientalmente frágiles y áreas con planificación territorial, así como la existencia o no de un marco jurídico, con el objetivo de que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), determine la necesidad de presentar

otro instrumento de evaluación ambiental o emita la resolución que corresponda al caso concreto.

Las áreas de localización de los proyectos, obras, industrias o actividades, se agruparán en 3 categorías básicas:

- Áreas ambientalmente frágiles.
- Áreas con planificación territorial, es decir, aquellos espacios geográficos, comúnmente urbanos, para los cuales se han elaborado planes de desarrollo en función de criterios de planificación territorial (planes maestros, reguladores, etc.).
- Áreas sin planificación territorial.

La información básica necesaria para que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), por medio de sus direcciones pueda revisar y analizar cada caso, deberá ser recabada y proporcionada por el proponente.

2.8.2. Autoevaluación ambiental

Esta forma parte del proceso de evaluación ambiental. Deberá integrar los mismos elementos de análisis citados en el artículo anterior. La misma se realizará según los instrumentos y procedimientos metodológicos que defina el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) en su manual técnico. No será aplicable a los proyectos, obras, industrias o actividades de categoría A y megaproyectos, como instrumento técnico de simplificación del proceso de evaluación de impacto ambiental de los mismos, no obstante si podría ser

utilizado para la definición de los términos de referencia para la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

2.9. Ley de la Policía Nacional Civil (Decreto número 11-97)

Contiene el establecimiento del orden público, creación para la Seguridad y Protección de la Naturaleza (SEPRONA). Tiene como institución ejecutiva la Policía Nacional Civil.

2.10. Ley del Organismo Judicial (Decreto número 114-97)

Norma el accionar del Organismo Judicial, establece ciertas consideraciones esenciales para la aplicación de las leyes, entre las más importantes la jerarquía normativa, la interpretación de la ley, el uso oficial del sistema métrico decimal, el idioma oficial para la interpretación de la ley y primacía de interés social, creación del Juzgado de Narcoactividad de Delitos Contra el Ambiente. Institución ejecutiva del Organismo Judicial.

2.11. Ley del Ministerio Público (Decreto número 40-94)

Regula la investigación y persecución penal, creación de la Fiscalía del Medio Ambiente, su institución ejecutiva es el Ministerio Público.

2.12. Ley de áreas protegidas y sus reformas (Decreto número 4-89)

Puntualiza lo concerniente a la conservación de áreas protegidas y regula las actividades permitidas en áreas protegidas, manejo y aprovechamiento de la biodiversidad. Institución ejecutiva es el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP).

2.13. Ley Forestal (Decreto 101-96)

Establece la producción forestal sostenible, manejo de bosques y plantaciones forestales, administración de tierra con bosque y de vocación forestal, la institución ejecutiva es el Instituto Nacional de Bosques (INAB).

La ley en su Artículo 1, objeto de la ley, declara de urgencia nacional y de interés social la reforestación y la conservación de los bosques, para lo cual se propiciará el desarrollo forestal y su manejo sostenible, mediante el cumplimiento de los siguientes objetivos:

- a) Reducir la deforestación de tierras de vocación forestal y el avance de la frontera agrícola, a través del incremento del uso de la tierra, de acuerdo con su vocación y sin omitir las propias características de suelo, topografía y clima.
- Promover la reforestación de áreas forestales actualmente sin bosque, para proveer al país de los productos forestales que requiera.
- Incrementar la productividad de los bosques existentes, sometiéndolos a manejo racional y sostenido, de acuerdo a su potencial biológico y económico, fomentando el uso de sistemas y equipos industriales que logren el mayor valor agregado a los productos forestales.
- Apoyar, promover e incentivar la inversión pública y privada en actividades forestales para que se incremente la producción, comercialización, diversificación, industrialización y conservación de los recursos forestales.

- Conservar los ecosistemas forestales del país, a través del desarrollo de programas y estrategias que promuevan el cumplimiento de la legislación respectiva.
- Propiciar el mejoramiento del nivel de vida de las comunidades, al aumentar la provisión de bienes y servicios provenientes del bosque, para satisfacer las necesidades de leña, vivienda, infraestructura rural y alimentos.

2.14. Ley Reguladora de las Áreas de Reserva Territoriales del Estado de Guatemala. (Decreto número 126-97)

Su tema central se refiere a reservas territoriales, mares, lagos, ríos y sus márgenes, regula toda actividad en las áreas de reserva del estado, condiciona el otorgamiento de predios en el área de reserva, en función del cumplimiento de la ley forestal o la ley de áreas protegidas, tiene como institución ejecutiva la Oficina de Control de Áreas de Reserva del Estado.

2.15. Ley del Fondo de Tierras (Decreto número 24-99)

Regula la creación de un fondo para el acceso a la tierra y regularización de tierras, administración y adjudicación. La institución ejecutiva, es el Fondo de Tierras.

3. MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA LOS PARÁMETROS DE DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO

3.1. Medidas en etapa de levantamiento de información del proyecto

Es importante contar con la suficiente información para un manejo mejor del relleno sanitario, para ello se utilizaron varios métodos que aportaron dicha información.

- Levantamiento topográfico del terreno y preparación de planos.
- El terreno debe ser poligonal orientada con la dirección norte-sur.
- Referencia bancos de nivel.
- Hacer uso de calicatas para conocer la textura del terreno y el nivel freático.
- Consultar información hidrológica para conocer la situación de las aguas superficiales y aguas subterráneas.
- Consultar Información meteorológica, cantidad de precipitación anual dependiendo del mes, grado de evaporación, dirección y fuerza intermedia del viento dominante en el área de construcción.

3.2. Medidas de mitigación para la disposición final de desechos sólidos del relleno sanitario

El seguimiento de las obras de un relleno sanitario mediante actividades de inspección y fiscalización ejercida por el municipio es muy importante para el correcto diseño, construcción, operación, cierre y reinserción de la instalación de disposición final.

- El acceso deberá ser fácil para el ingreso y egreso de cualquier tipo de vehículos de recolección, que se utilice en cualquier época del año.
- Tener una cantidad adecuada del suelo y que el material de cubierta sea trabajable.
- Que se pueda compactar.
- Que sea de una granulación específica.
- Que no contenga materia orgánica y que no permita el desarrollo de insectos, roedores o aves trasmisoras de enfermedades.
- Estar de acuerdo con la población y hacer un buen uso de la tierra donde esté localizado.

3.3. Medidas de mitigación para los parámetros selectivos del relleno sanitario.

Permiten identificar los impactos ambientales no previstos inicialmente en caso que estos existan y tomar las medidas iniciales de acción destinadas a mitigar el problema encontrado.

3.3.1. Parámetros del suelo

Al habilitar la zona de relleno y las obras perimetrales es necesario en la mayoría de los casos intervenir el suelo superficial con fines de nivelación, estiaje y otros

- Determinar la capacidad de filtrado del suelo.
- Determinar la capacidad de absorción.

3.3.2. Parámetros del aire

En la mayoría de los casos los residuos se asocian a problemas de olores, los cuales se ven significativamente reducidos si se opera el relleno en forma correcta.

- Tomar en cuenta la dirección del viento.
- Demarcar la cantidad de habitantes que rodea al relleno sanitario.

3.3.3. Criterio de diseño

Las diferentes tecnologías permiten aprovechar al máximo el predio del relleno, para el buen funcionamiento se deben tomar en consideración los criterios siguientes para el diseño técnico del relleno sanitario:

- La elevación del nivel del fondo del relleno sanitario, será superior a la elevación del nivel freático del agua subterránea.
- Los caminos dentro del área del relleno sanitario, deben de ser permanentes y de terracería.

3.4. Desechos que se aceptan en un relleno sanitario

Todavía no es muy frecuente en Guatemala la clasificación domiciliar de la basura. En muchas ciudades viven recicladores separando los materiales reciclables del resto de la basura, tanto antes de la recolección en el área urbana como sobre los rellenos o botaderos. Esto permite recibir algunos desechos tales como:

- Desechos sólidos domésticos
- Comerciales
- Oficina
- Instalaciones recreativas y vías públicas
- Escorias y cenizas
- Lodo de plantas de tratamiento de aguas negras y desechos sólidos de procesos industriales
- Lodos secos de plantas de tratamiento de aguas negras

3.5. Medidas básicas de operación de un relleno sanitario

Con un plan de operación, se puede hacer más eficiente el manejo diario del relleno sanitario y se establece con claridad los papeles y responsabilidades de los involucrados. El plan de operación es especialmente importante para municipios que se comparten un relleno sanitario.

- Supervisión permanentemente del relleno sanitario en su operación.
- Compactación de las basuras en capas de 15 a 30 centímetros de grosor.
- La profundidad no debe pasar de 2,5 metros.
- La basura recibida diariamente, debe quedar cubierta con una capa de tierra de 10 a 15 centímetros.
- Tener un recubrimiento final de por lo menos 60 centímetros de espesor.
- Al existir animales muertos se tendrá un espesor de 60 centímetros.
- Adoptar medidas para evitar incendios, desarrollo de vectores y de insectos.

3.6. Ventajas y beneficios de la aplicación de medidas de mitigación en un relleno sanitario

Dentro de las ventajas se pueden mencionar; la inversión inicial de capital es inferior a la que se necesita para instaurar el tratamiento de residuos mediante plantas de incineración o de compost.

- Eliminación de moscas, mosquitos, ratas y otros agentes epidémicos que provienen de lugares cercanos.
- Anular el desprendimiento de malos olores, gases y humus que caracterizan a otros métodos de disposición final.

- Controlar las variaciones diarias en la calidad y cantidad de basuras, para no afectar las operaciones.
- Su ubicación no representa molestias a poblados cercanos.
- Se puede disponer de todo tipo de basura.
- Es de fácil organización y control.
- Rehabilita terrenos para su uso posterior.
- El valor de la propiedad aumenta en las zonas vecinas.

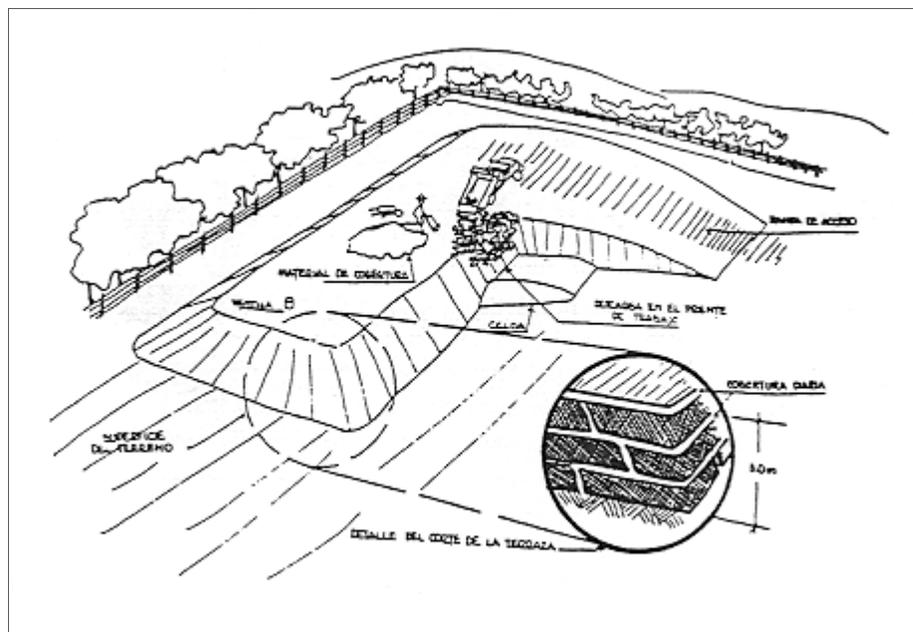
3.7. Medidas de mitigación en etapas principales de un relleno sanitario

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. A continuación se menciona las medidas de mitigación.

- Limpieza del terreno: debe presentar trabajos referentes a su preparación, maniobras de limpieza primaria y que se realicen en el lugar. Debido a la ubicación y al uso constructivo futuro que presente el área, se debe estimar que el proyecto no ejecute corte de árboles, que no presente capa vegetal o arbórea establecida, determinar que no exista en el lugar rastro de ocupación por construcciones rústicas o presencia de estructuras constructivas anteriores, en esta etapa se eliminará la vegetación y todo tipo de arbustos que existen en el área.
- Movimiento de tierras: el área donde se construye el relleno sanitario, debe presentar variación de cotas, es decir, plana y con pendientes para la excavación, donde se ubicará la basura, las alturas correspondientes a los taludes serán variables. Los trabajos de excavación previamente

autorizados por el ente regulador, deben ser bastante profundos por ser destinados a un relleno sanitario, los cortes son necesarios para dejar el terreno al nivel en que encuentre el diseño previo a su uso, como se observa en la imagen.

Figura 2. **Movimiento de tierras**



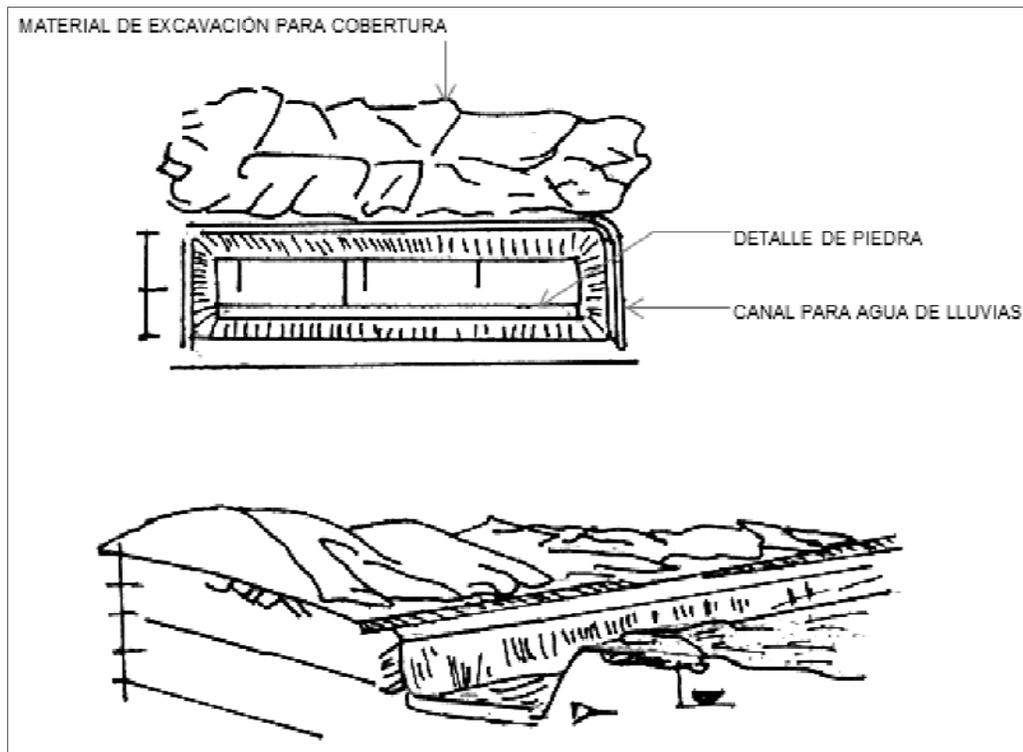
Fuente: www.ecoforest.com. Consulta 15 de julio de 2012.

- Nivelación: adecuar las pendientes, tal como lo proporciona la topografía del terreno y se deberá compactarlo, además la nivelación que se hace en el terreno, debe de quedar terminada antes de empezar a funcionar.
- Impermeabilización: se habrá de colocar geomenbranas de polietileno de alta densidad que son materiales sintéticos de 2,0 milímetros de espesor y liso en ambas caras, este proceso, asegura la hermeticidad de juntas

evitando la filtración al subsuelo, inmediatamente se debe colocar una capa de selecto compactado como base, evitando de esta forma la contaminación del subsuelo.

- La fijación de las membranas se deben hacer por medio de trincheras perimetrales de anclaje con medidas de 0,60 x 52,0 metros de ancho y 37,0 metros de largo. La geomembrana será instalada y además termo soldada con soldaduras de cuña caliente (*hot Wedge Welding*) con extrusora (*Extrusión Welding*) y terminadas, se realizarán pruebas de impermeabilidad pertinentes.
- Maquinaria: se utiliza maquinaria pesada, tractores que estén diseñados para trabajos múltiples, especialmente para empujar o jalar equipos de uso necesario en el área, cuando la potencia requerida es alta y las distancias de acarreo son cortas o las condiciones del suelo hacen la operación difícil o inconveniente, se debe usar un tractor de carriles, los tractores de llantas resbalan en la basura y las llantas comunes sufren pinchaduras, esta maquinaria debe estar equipada con empujadores automáticos para cortar, voltear, empujar y extender el material que se va a utilizar.
- Debe usarse equipo adecuado de protección personal para la higiene y seguridad de los operadores.
- Rellenos y cortes: material no clasificado, se excava dentro del proyecto y que se encuentra dentro de los límites de construcción, este se utilizará en el proceso de ejecución de terraplenes, como puede observar en la fotografía.

Figura 3. Rellenos y cortes

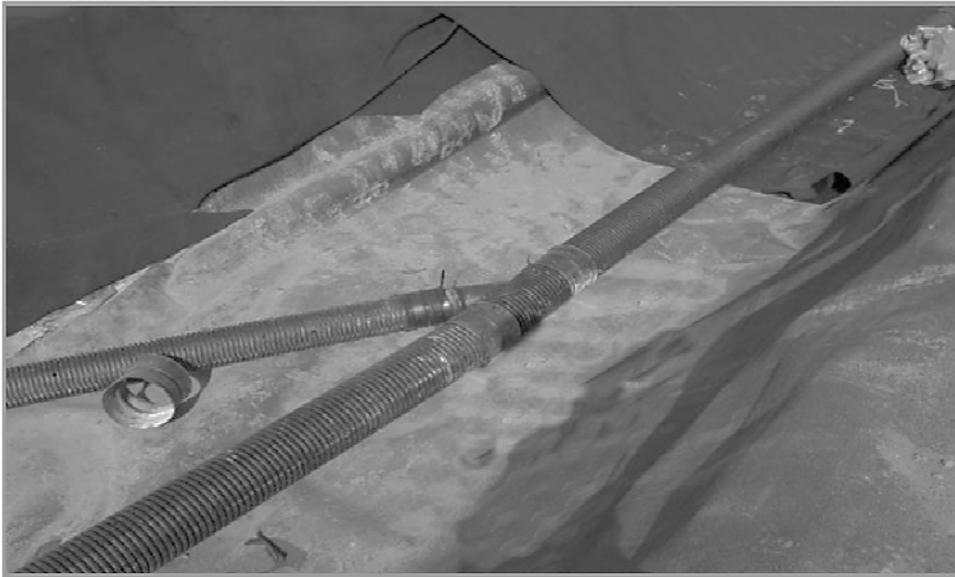


Fuente: www.ecoforest.com. Consulta 15 de julio de 2012.

- Balasto del camino: se debe efectuar para facilitar la entrada al relleno sanitario, como también el camino principal, habrá de hacerse con material selecto, para poder evitar el deterioro de acceso y de manera periódica.
- Señalización: consistirá en señalar por medio de rótulos y señales de tránsito para ordenar el tráfico continuo que entra y sale del relleno sanitario, además deben colocarse rótulos y señales para la enseñanza en educación ambiental.

- Tubería y drenaje: debe colocarse tubería resistente al ataque de los lixiviados, con la finalidad de conducirlo a la caja de captación, luego debe extraerse por medio de una bomba sumergible de acero inoxidable.
- Drenajes: debe construirse 2, uno para el sistema de aguas pluviales que servirá para evitar aguas superficiales. ver figura 4.

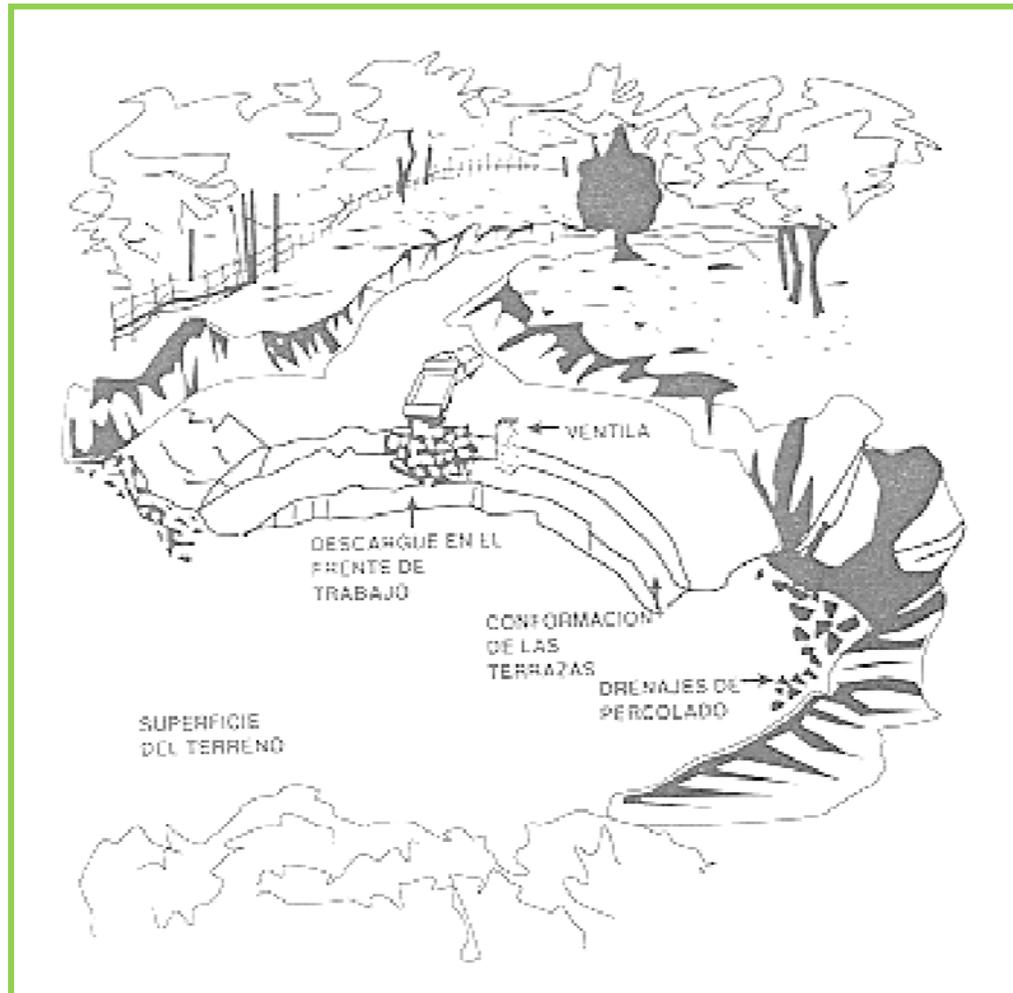
Figura 4. **Drenajes**



Fuente: www.ecoforest.com. Consulta 15 de julio de 2012.

- Material existente en el relleno: en el lugar debe existir material de arcilla y selecto limpio para poder disiparlo, es importante formar una capa de arcilla y luego compactarlo con la finalidad de evitar malos olores, vectores de enfermedades, (moscas, cucarachas, ratas, entre otros), se colocan capas de basura de más o menos 2 metros de espesor y se repetirá el proceso anteriormente descrito.

Figura 5. **Diagrama Relleno Sanitario**



Fuente: www.ecoforest.com. Consulta 15 de julio de 2012.

- Capacitación: se tendrá que capacitar frecuentemente al personal del relleno sanitario, para evitar accidentes y actividades de emergencia, dando un buen uso al equipo y maquinaria que se utiliza.

3.8. Medidas de mitigación en etapa de construcción del relleno sanitario

Lugar técnicamente seleccionado, diseñado, y operado para la disposición final controlado de los residuos sólidos, que sea satisfactorio desde el punto de vista de salud pública y en casi todo el mundo, siendo la solución del problema, y con una capacidad mínima para usarse durante 10 años, considerando el crecimiento de la población y la selección de un buen equipo de trabajo.

En esencia, consiste en vaciar en un lugar conveniente seleccionado los desechos sólidos recolectados en una determinada área de trabajo, durante el día y recubrirlos apropiadamente previa a su compactación con tierra, ceniza, arena o ripio.

Debe entenderse como una obra de ingeniería, planeada y ejecutada técnicamente por un profesional experto en el tema de desechos sólidos, previendo los efectos adversos al medio ambiente y asegurando los beneficios considerados.

Este procedimiento, para la disposición final de los desechos sólidos en el suelo, consiste en esparcir y compactar los residuos a su tamaño mínimo y cubrirlo con tierra, para que la biodegradación de la basura se lleve a cabo anaeróbicamente, se debe prever la extracción del biogás metano que se produce y su forma de eliminación o aprovechamiento siguiendo principios elementales de ingeniería para depositar la basura y reducirla al mismo volumen.

3.9. Medidas de mitigación del medio ambiente

Implementación o aplicación de cualquier política, estrategia, obra o acción tendiente a eliminar o minimizar los impactos adversos, que pueden presentarse durante las diversas etapas de ejecución de un proyecto.

La mitigación constituye una de las actividades más importantes, ya que permite llevar a cabo las acciones anticipadas, con el propósito de reducir significativamente las consecuencias esperadas por un evento. Esta etapa es la más eficiente y económica en términos de inversión de recursos y del costo social, y se utiliza para disminuir la exposición de los elementos vulnerables, tales como las personas, infraestructura y el medio ambiente.

Las acciones de mitigación deben ser incorporadas en los programas de planificación y desarrollo del área afectada, por lo que es necesario llevar a cabo estudios de amenazas y de vulnerabilidad, los que permiten definir las zonas más adecuadas para la ubicación de asentamientos humanos, actividades productivas, reforzamiento de edificios y desarrollo de obras ingenieriles.

Generalmente todo tipo de proyecto contempla, desde la etapa de diseño, criterios de ingeniería enfocados principalmente a minimizar los impactos ocasionados en el ambiente. La finalidad de todo proyecto, es tomar medidas de mitigación y de prevención que se adopten en cada fase y que se pueden reducir, minimizar y muchas veces evitar impactos ambientales asociados al tipo de obra que se está construyendo, hasta un nivel que no provoque impactos relevantes de mayor magnitud.

Las actividades de mitigación principales, se pueden desarrollar son:

- Estudios de vulnerabilidad, física, social, económica, cultural y ecológica.
- Planes de ordenamiento territorial con el fin de delimitar áreas de influencia de las amenazas.
- Programas de ubicación y reubicación de asentamientos humanos hacia zonas de menor peligro.
- Reforzamiento de edificaciones e infraestructura vulnerable.
- Vigilancia y control en la aplicación de normas de salud pública, seguridad industrial y su manejo de desperdicios contaminantes.
- Construcción de diques y represas en áreas expuestas a inundaciones o desbordamientos de ríos.
- Obras de conservación de suelos, tales como estabilización de taludes, barreras naturales.

3.9.1. Medidas de accesibilidad

Que el lugar sea de fácil y rápido acceso para que sea transitable durante todo el año, además que las distancias oscilen entre 0,5 y 5,0 kilómetros, con la finalidad de reducir los costos de transporte y generar mínimos en la operación de recolección.

3.9.2. Medidas de topografía

La topografía tiene que ser ondulada donde se diseñará el futuro proyecto y que sus pendientes no sean muy prolongadas, el área que se utiliza tiene que ser nivelada, lo cual asegura un mayor volumen de aprovechamiento por hectárea.

3.9.3. Medidas del área disponible para las operaciones

Debe de adquirirse un terreno grande con la finalidad de no tener inversiones a corto plazo y que la disposición final tenga una vida útil mayor de 10 años, sin tener que recurrir a identificar nuevos sitios para el futuro.

3.9.4. Medidas de propiedad del terreno

Para construir un relleno sanitario, es importante seleccionar el terreno que reúna condiciones técnicas adecuadas como son: topografía, nivel a que se encuentran las aguas subterráneas y disponibilidad de material para cubrir la basura.

Tiene que estar completamente disponible para el relleno sanitario. Contar con el derecho de propiedad a través de escritura pública.

Se permite utilizar terrenos considerados improductivos, convirtiéndolos luego en parque o campos de juego.

Pueden ubicarse cerca del área urbana, reduciendo los costos de transporte y facilitando la supervisión por parte de la comunidad.

13 factores a tomar en cuenta a la hora de llevar a cabo la valoración para seleccionar el terreno para el relleno sanitario: nivel freático, permeabilidad, drenaje superficial, tipo suelo, topografía, vocación y uso del suelo, material de cobertura, aceptación social, facilidad de acceso, distancia de recorrido, incidencia de vientos, cercanía a zonas urbanas y el costo del terreno.

3.9.5. Medidas de uso final

Al finalizar la vida útil del terreno como relleno sanitario, es decir en su etapa de cobertura final, debe poder ser utilizado como área verde con fines recreativos, sociales para beneficio de la comunidad.

3.10. Medidas naturales de un relleno sanitario para proteger los recursos y el entorno

- Que no esté ubicado cerca de algún nacimiento de agua.
- Que tenga drenaje superficial capaz de drenar las aguas de lluvia hacia canales naturales y artificiales para desalojar las escorrentías.
- La ubicación del terreno debe de estar alejada de la población y fuera del perímetro urbano.
- Disponibilidad de material de cobertura y estará determinada por la tierra sobrante de las excavaciones existentes y posiblemente a la explotación de un banco de préstamo cercano al lugar.
- Los lixiviados deben ser tratados adecuadamente, por medio de un sistema de depuración y vertidos posteriormente en un cuerpo de agua.

3.11. Medidas de mitigación específicas para componentes constructivos 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.

3.11.1. Construcción de celdas

La celda diaria, es la unidad básica de construcción del relleno sanitario, y en ella queda completamente confinada la cantidad de basura o residuos sólidos que llegan al lugar, en un día de trabajo y por la cantidad de tierra que se necesita para cubrir la capa.

Las dimensiones de la celda diaria, varían en cada caso y se define como un paralelepípedo, su ancho equivaldrá al frente de trabajo necesario para que los vehículos recolectores puedan descargar la basura sin causar atrasos, este ancho se define de acuerdo a la hora pico de llegada de los vehículos.

El largo o avance está, definido por la cantidad de basura que llega en un día y la altura se limita a 1,5 metros, si la operación es manual, y de 2,5 metros si la operación del relleno es con equipo mecánico.

Sobre el terreno que habrá sido impermeabilizado y dotado del sistema de drenaje de lixiviados, se iniciará la construcción de las celdas que forman las terrazas que están unidas entre sí, formando franjas y que al irse juntando forman una capa, que es el conjunto de celdas que ocupan un mismo nivel en el relleno.

3.11.2. Sistemas de evacuación y captación de lixiviados

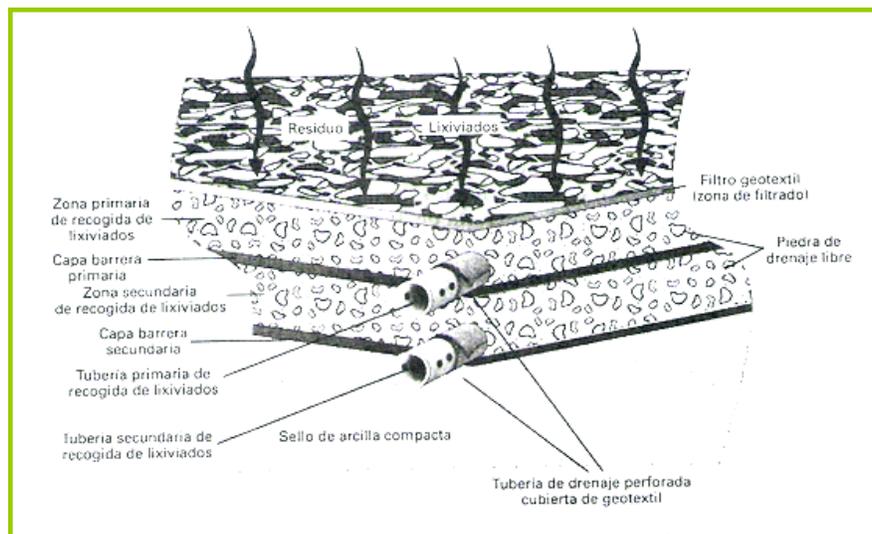
Debe evitarse el contacto de las aguas subterráneas con los lixiviados, el uso de arcilla como medio impermeabilizante, es una opción de bajo costo que permite utilizar material existente en el área.

Al utilizar un sistema de impermeabilización con geotextiles y una geomembrana sobre la superficie de base del relleno sanitario, se pueden tomar en cuenta las siguientes consideraciones.

- El talud del frente de trabajo, se prepara con una pendiente del 10 por ciento.
- La base y relleno del talud deben ser compactados con un rodillo pata de cabra o similar, con humedad óptima del suelo y una compactación del 95 por ciento, para alcanza una densidad seca máxima.
- La base del terreno debe de tener una pendiente necesaria para encausar los lixiviados al sistema de drenaje.
- El geotextil debe ser colocado directamente sobre la superficie del terreno que previamente ha sido conformada y compactada.
- Sobre el geotextil se coloca la geomembrana.
- Sobre la geomembrana se coloca una tubería perforada que sirve de drenaje para los lixiviados y una capa de material permeable de 1 centímetros de espesor.

- Sobre la estructura mencionada, se coloca una capa de tierra de 50 centímetros de espesor para su protección y que sirva de rodadura al equipo de construcción del relleno.
- Se debe colocar una pila o fosa séptica que recibe los lixiviados y que son encausados a un pozo de absorción
- Deberá existir una laguna de oxidación donde llegarán los lixiviados, que posteriormente serán descargados y recirculados en el relleno.
- Debe colocarse una pila de captación de lixiviados o almacenaje, donde se les dará un tratamiento bacteriológico con un producto químico.

Figura 6. **Sistema de sellado y captación de lixiviados**



Fuente: www.ecoforest.com. Consulta 15 de julio de 2012.

3.11.3. Drenaje superficial

El drenaje superficial del relleno estará compuesto por las pendientes de los taludes y la superficie terminada del relleno, los canales del drenaje natural existentes y de los que se construirán. Estos sistemas de drenaje son formados por cunetas construidas en la parte superior del relleno, son necesarios para evitar que llegue a la masa de los residuos más agua que la proveniente de la precipitación pluvial y escurrimiento, y darle salida lo más rápido posible a la que escurra en las áreas de trabajo y en las terminadas.

Las cunetas serán construidas con recubrimiento de piedra o concreto, y asimismo se construirá un sistema de drenaje francés para controlar el agua que escurre.

3.11.4. Finalidad del drenaje de gases

Las emisiones gaseosas de un relleno sanitario, potencialmente pueden alterar el medio ambiente en el cuál se encuentra la obra. Por tal motivo, estas instalaciones cuentan con dispositivos que permiten disminuir las emisiones

El drenaje de gases tiene como fin primordial lo siguiente:

- Expandir las zonas aeróbicas y promover la descomposición de los residuos sólidos.
- Al incrementarse la zona aeróbica, los componentes del gas inflamable y los del gas con mal olor disminuyen, y ayudan a mejorar la calidad del lixiviado.

- Al disminuir el agua dentro de las capas del relleno, ésta estabiliza las capas del relleno.
- Son de fácil manejo en el lugar donde se encuentra el relleno.
- Las chimeneas deben colocarse a distancias de 20 o 30 metros entre sí.
- Al instalarse chimeneas para la remoción del gas, deben colocarse a medida que el relleno sanitario avanza en altura y en área.
- Las chimeneas para la remoción del gas serán cuadradas, con un espesor de 80 centímetros.
- Al alcanzar la altura de diseño del relleno, se debe colocar un tubo de concreto perforado de 6 pulgadas de diámetro, en la última capa de relleno sobre esta debidamente sellada su conexión, y otro tubo de aproximadamente 60 centímetros. que queda enterrado en la última capa de cobertura del relleno y la capa de tierra para siembra.

3.12. Medidas de mitigación específicas para el terreno donde se construirá el relleno sanitario

El terreno donde se construirá el relleno sanitario, debe ser de forma irregular con una pendiente, media o moderada, equivalente al 10 por ciento y con áreas grandes, medido en metros cuadrados y será objeto de transformación, su función estará sometida a cambios en su aspecto formal y constructivo, está diseñado de acuerdo a las regulaciones, exigencias urbanísticas del lugar, con el propósito de satisfacer la demanda del proyecto y su funcionalidad.

En la etapa de construcción y operación del proyecto, debe de existir un juego de planos del diseño, plano de ubicación del terreno en donde se realizará la construcción, una copia del estudio de impacto ambiental, reglamentos y documentos que sean necesarios para su funcionamiento y que en el momento de necesitarse puedan consultarse.

3.12.1. Agua potable

La red de distribución debe ser en un circuito cerrado, constituida por una red de tuberías de pvc para distribución en todas las áreas del relleno sanitario, de acuerdo a la necesidad. El caudal de consumo depende de la cantidad de personas que laboran en el lugar, y pueden dividirse en servicios sanitarios, baños, duchas, áreas de oficina, lavado de camiones que descargan basura.

Si en el lugar no hay agua potable que abastece los servicios sanitarios, duchas, actividades de oficinas y otras, esta será comprada a empresas que distribuyen agua por pipa, y está a la vez será vaciada a un tanque de almacenamiento o depósito dentro del proyecto, la cual será distribuida por una red general según diseño.

- Cantidad de población a servir en el proyecto.
- Factor de consumo día máximo para el cálculo de la línea de conducción.
- Dotación consumo doméstico, 150 litros por habitante.
- Fugas en el sistema determinar un 5 por ciento del total en cada nudo.

3.12.2. Sistemas de tratamiento y filtración de agua

Todo proyecto debe de contar con un suministro de agua potable propio y que sea apta para el consumo humano, se puede proponer un método, el cual

consiste en utilizar un dosificador de pastillas de cloro, el cual es colocado antes de la entrada al tanque de distribución y que tiene como finalidad clorar el agua que se va a utilizar, este sistema de purificación tiene que estar aprobado por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) o por otra institución que regule la calidad de agua. puede ser también un filtro manual estructural, o cualquier otro sistema de cloración que se adapte al sistema diseñado.

3.12.3. Energía eléctrica

La proporcionará una de las empresas que existen en la ciudad de Guatemala, esta debe estar requerida de acuerdo al diseño que impone la Empresa Eléctrica del lugar, debe contar con acometida y distribución de 110 /220 voltios, para la conexión a la acometida se debe utilizar tubo galvanizado de 4 pulgadas, del poste de la calle hasta la subestación del sector, mediante instalación subterránea, esta misma energía se utilizará para los equipos del relleno sanitario.

3.12.4. Sistema de drenajes

Existen 2 tipos de drenaje, el drenaje sanitario que tiene como finalidad la generación y unificación de aguas negras, que produce la red interna del diseño y el drenaje pluvial, que consiste en el sistema de drenaje para la recolección de aguas pluviales no contaminadas.

Este sistema consiste en alcantarillas, cunetas, subdrenajes laterales y torrenteras, que servirán para evacuar aguas superficiales, drenaje de taludes o captar el agua sobre la corona o taludes (contracunetas alrededor del área del relleno sanitario).

3.12.5. Drenaje pluvial

La tubería y accesorios recomendados para el diseño, son de pvc, las aguas serán conducidas y reunidas, se contará con una trampa de grasas, la que retendrá sólidos, grasas y otros productos que sean arrastrados por la tubería. Para el diseño de este tipo de drenaje se utilizan los siguientes parámetros.

- Precipitación pluvial, milímetros por hora máximo.
- Tipo de tubería a usar pvc clase 160 psi.
- Accesorios pvc clase 250 psi.
- Diámetro de tuberías depende de la necesidad del proyecto.

El criterio de diseño debe ser basado con características de calidad y márgenes accesibles, con el propósito de brindar seguridad y mayor vida útil al proyecto.

3.12.6. Drenaje sanitario

Para la construcción del sistema, se debe de utilizar tubería y accesorios de pvc, cuyas dimensiones dependen de las necesidades del proyecto. Todos los servicios que generen aguas negras, deben ser conectados por medio de redes, y estas a tuberías verticales que conducen a los caudales.

El cálculo hidráulico y el diámetro de tubería se realiza utilizando el método de Hunter, el cual representa resultados conservadores para proyectos pequeños, las instalaciones tendrán un factor de seguridad fundamentado en las mismas premisas descritas para el sistema de aguas pluviales, cada artefacto sanitario tiene una cantidad de unidades de descarga, las cuales

tienen que ser cuantificadas y pueden relacionarse con un caudal máximo probable. El cuadro básico para la determinación de las unidades de descarga, es el siguiente y se calcula según la necesidad.

Cuantificación de artefactos

ARTEFACTO	UNIDAD DE DESCARGA
Lavamanos	XX
Inodoros	XX
Duchas	XX
Lavatrastos	XX
Pila	XX
Reposadera	XX

Fuente: elaboración propia.

En cada tramo de tubería, debe cuantificarse las unidades de descarga que pasan, permitiendo determinar el diámetro de la tubería a utilizar.

La capacidad de las tuberías se cuantifica por la cantidad de unidades de descarga que pasa en cada tramo de tubería. Todas las bajadas de aguas negras se ventilan directamente en la conexión a las redes generales, punto intermedio de su altura total y en el extremo superior. En los puntos donde la tubería vertical se conecta a las redes horizontales, se proveerá la suficiente fijación para que no se presenten problemas de impacto que pueda dañarlas.

La descarga final del drenaje sanitario, se conduce a una línea principal en donde se descargará a una fosa séptica, y esta a su vez por rebalse a una batería de pozos de absorción.

3.13. Canal de rejillas

La reja principal debe estar formada por barras de metal de diferente diámetro, de acuerdo al diseño, debe de tener una pendiente del 10 por ciento respecto a la vertical, las barras han de estar espaciadas a cada 2,5 centímetros, este canal será de tipo manual y servirá exclusivamente para el lavado de los camiones recolectores de basura.

3.14. Trampa de grasas

El proyecto debe contar con una trampa de grasas, su función está orientada a la retención de líquidos, sólidos, grasas u otros productos que se generen dentro del área, todos estos líquidos se descargan directamente a la fosa séptica.

3.15. Fosa séptica y pozo de absorción

Todo proyecto debe contar con una fosa séptica, ubicada dentro del área, en un lugar alejado de las oficinas del relleno sanitario. La descarga de agua de la planta vendrá desde la trampa de grasas, los residuos sólidos se quedan en el fondo de la fosa séptica y los líquidos que son recolectados por gravedad pasan a la batería de pozos de absorción por medio de rebalse.

La fosa debe construirse de la forma más simple, con todas sus partes accesibles y susceptibles de ser aseadas, evitando el empleo de mecanismos o piezas móviles, pero asegurando la perfecta automaticidad del funcionamiento.

Las dimensiones de la fosa séptica varían según el número de personas servidas, tiempo de retención, velocidad de escurrimiento y espacio adicional, dejado para la acumulación de lodos.

3.16. Teléfonos

El proyecto debe tener un diseño propio, el cual consiste en la colocación de una tubería especial tipo pvc y una canalización interna específica, para que las líneas de comunicación funcionen exitosamente y estén a la vista para su chequeo.

3.17. Medidas de mitigación en obras complementarias

Se presenta una reseña de las operaciones de mitigación típicas separadas por diferentes etapas de operación, que dependen de una serie de factores entre los que destacan, las características del proyecto, tecnología usada, localización y condiciones de operación.

- En la fase de construcción se tendrán que construir diversas obras para asegurar el progreso ininterrumpido del relleno sanitario.
- Obras y trabajos deberán ser hechos durante la preparación del área y durante la operación del mismo (como parte integral de la operación) e inclusive se tendrán que hacer preparativos para los mismos días, semanas o meses antes de su construcción o uso. Las obras o trabajos preliminares de la fase de construcción son:

- Oficina administrativa, servicio sanitario vestidores para hombres y mujeres, área de uso múltiple, depósito de útiles, áreas de aseo, oficina, caseta de control y recepción administrativa.
- Estacionamiento con un área de 50 metros cuadrados, con una capa de 15 centímetros de material selecto nivelado y compactado, ubicado al frente a las oficinas.
- Calle de acceso que conectará con la carretera existente que conduce al centro de la ciudad. A esta calle se le proporcionará un tratamiento superficial de material selecto. Su ancho deberá ser de 7 metros con cunetas a ambos lados.
- Calles internas de circulación, se construirán para dar acceso a los vehículos hasta el área de las terrazas. Estas calles se irán habilitando a medida que avancen los trabajos de relleno de las excavaciones. Su superficie de rodadura será de material granular, selecto compactado que permita la circulación en todo tiempo y su ancho será de 10 metros para permitir las maniobras de los vehículos.
- El cerco perimetral será construido con 2 tipos de materiales, alambre de malla, postes de concreto y 2 hiladas de alambre de púas en la parte superior. La cimentación consistirá en bloques de 6 pulgadas de diámetro de cemento rellenos de concreto. Todo el perímetro del terreno deberá cercarse con alambre de púas y postes de concreto. El perímetro del terreno tendrá una zona de amortiguamiento donde se sembrarán arbustos para reducir el impacto visual.

- Portón en el acceso al relleno construido de tubo galvanizado de 4 pulgadas y alambre de malla según diseño de construcción.
- Instalaciones de agua potable para suplir el servicio al edificio con un tanque elevado.
- Instalación eléctrica a todo el complejo administrativo. Instalaciones externas que consistirán en el tendido eléctrico e instalación de postes con su lámpara respectiva.
- Drenaje pluvial, consistente de cunetas revestidas de piedra o cunetas tipo francés; el empedrado será construido con piedra de bola y mortero.
- Drenaje de lixiviados que se instalará a todo lo largo del fondo de las terrazas por etapas a medida que avance el relleno.
- Construcción del sistema de depuración del lixiviado.
- Construcción de una fosa séptica para el tratamiento de las aguas negras producidas por el área administrativa y de servicios.
- Rótulo para identificar el proyecto en el cruce de la carretera y la entrada del relleno sanitario.
- Limpieza y desmonte previo a la construcción donde sea necesaria.
- Limpieza del área después de la construcción.

- Jardinería, incluyendo la siembra de plantas propias del lugar, fertilización, aplicación de pesticidas y asistencia técnica.

3.18. Medidas de mitigación etapa cierre y cobertura final del relleno sanitario

Es importante la especial atención en el diseño de la cobertura final del relleno sanitario. Pueden mencionarse: higiene, seguridad, estética y utilización del emplazamiento tras la clausura final, que van de la mano con los requisitos de ingeniería de permeabilidad, compresibilidad y resistencia.

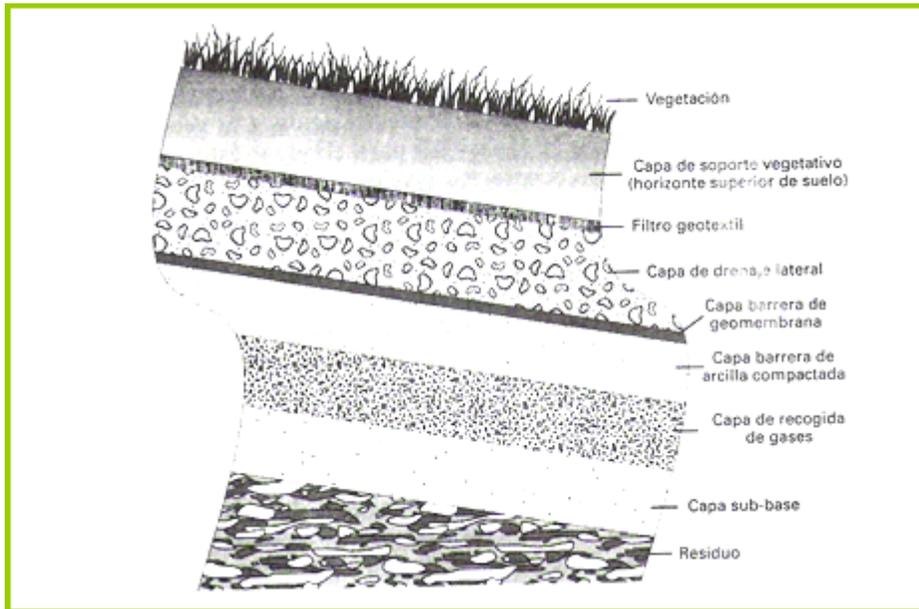
Es de esperar que la cobertura final o cierre permanezca en servicio tanto como dure el residuo, en un buen diseño se evalúan los mecanismos potenciales de fracaso inmediatamente después de la construcción y durante la vida operativa (10 años o más), y se consideran los siguientes puntos.

- Cantidad de agua existente en el relleno para poder minimizar la generación de lixiviados.
- Estadísticas de animales y vectores que puedan transmitir enfermedades en el ecosistema.
- El contacto directo con los residuos que la población pueda tener.
- Control del movimiento de gases para evitar más contaminación en el aire.
- Minimizar los productos inflamables para evitar emisiones a la atmósfera y daños en los componentes del relleno sanitario.

- Inspeccionar y asegurar la estabilidad de las pendientes laterales, la inestabilidad en estas puede producir movimientos de masas y contaminar al medio ambiente.
- Control de la escorrentía de agua superficial.
- Resistencia a la erosión de los suelos.
- Control de los desechos que son transportados por el viento.
- Minimización de olores desagradables.
- Readaptar el paisaje al entorno.

La utilización proyectada del emplazamiento tras la clausura del relleno, puede dar lugar a consideraciones adicionales en el diseño. La cobertura final debe proporcionar un soporte estructural a la cubierta vegetal y soportar las cargas impuestas por el tráfico del lugar como son los vehículos de mantenimiento.

Figura 7. **Estructura de la cubierta típica del terreno de un relleno sanitario etapa de cobertura final**



Fuente: www.ecoforest.com. Consulta 15 de julio de 2012.

La figura 7, muestra una cubierta típica de los desechos durante el cierre. La capa superior, o capa de soporte vegetal, consiste en un material margoso limoso orgánico (horizonte del suelo orgánico) utilizado como soporte de la vegetación la que realiza importantes funciones en la cobertura del relleno como reducir la erosión y la infiltración de la precipitación. Favorece además la evaporación, devolviendo la humedad absorbida del horizonte de suelo a la atmósfera, reduciendo la infiltración.

La capa de drenaje lateral se sitúa bajo la capa de soporte vegetativo, y puede emplearse grava con una granulometría gruesa, el objetivo de la capa favorece el drenaje lateral de cualquier precipitación que se infiltre a través de la zona vegetativa.

Al realizar una adecuada nivelación en la capa de drenaje lateral, la infiltración puede recogerse y proteger las capas subyacentes de las tensiones medioambientales de humectación y desecación.

Puede contar también con tuberías y sistemas de recolección de agua. Se puede situar un filtro geotextil bajo el horizonte de suelo orgánico y sobre la capa de drenaje lateral subyacente.

El geotextil sirve para mantener la separación entre las capas y actúa como un filtro minimizando la migración de materiales.

Si los finos del horizonte de suelo migran hacia la grava, la capa de horizonte de suelo reduce su capacidad para mantener la vegetación y la grava reduce su capacidad de drenaje lateral. La presencia del geotextil entre estas capas, reduce el riesgo de colmatación de la capa de drenaje con los finos del horizonte de suelo.

Debajo de la capa de drenaje lateral hay una o más capas. Las capas barreras se componen de cualquiera de las barreras vistas como geomembranas, arcillas naturales o materiales mezclados. Estas capas barreras, representan el impedimento final para la infiltración de la precipitación. Una consideración importante en el diseño, es el mantenimiento de la integridad de la capa barrera durante y después del asentamiento del relleno.

La velocidad de infiltración de la precipitación y la generación de lixiviados, no debe ser superior a la capacidad para eliminar estos del sistema de recolección de lixiviados. Si esto ocurre, los niveles de lixiviados aumentan en el relleno de manera similar como el agua llena una bañera. Bajo estas

condiciones la mayor carga hidráulica induce una mayor migración de contaminantes fuera del relleno.

Por ello, el relleno sanitario se cubre generalmente con sistemas de cobertura de geomembranas. La capacidad del sistema de recolección de lixiviados, se diseña normalmente considerando las peores condiciones una celda abierta sin residuo y elevada precipitación.

Por debajo de la capa de barrera, puede situarse una capa de recolección de gases generados que migran del relleno para, posteriormente emitirlos a la atmósfera. Esta capa se compone de arena gruesa, grava y puede contar con tuberías especiales para gases.

El relleno sanitario de residuos sólidos urbanos y de cualquier otro material biodegradable siempre cuenta con una capa de recolección de gases en su sistema de cobertura. Los gases que pueden generarse son dióxido de carbono y metano, procedentes de la digestión anaerobia de la materia orgánica, así como compuestos orgánicos volátiles. Cuando se utilizan sistemas activos de gases con depósitos, laterales, cabezales y bombas.

La capa inferior en el sistema de cobertura de un relleno, es la capa sub base que adapta las superficies irregulares e inestables. Esta capa también ayuda a la construcción de una cubierta con las curvas de nivel necesarias para favorecer el drenaje lateral y minimizar la carga hidráulica.

El sistema de cobertura puede llevar una capa de georejilla que aumenta la capacidad a tracción del sistema de cobertura, para redistribuir las tensiones y minimizar los asentamientos diferenciales. Así resulta mejor protegida la integridad de las capas de cobertura.

Figura 8. **Proceso de colocación de geomembrana en relleno sanitario**



Fuente: www.ecoforest.com. Consulta 15 de julio de 2012.

Figura 9. **Área de disposición preparada con geomembrana en relleno sanitario**



Fuente: www.ecoforest.com. Consulta 15 de julio de 2012.

4. MÉTODO DE IDENTIFICACIÓN Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

4.1. Método de identificación de impactos Matriz de Leopold

La matriz fue diseñada para la evaluación de impactos asociados con casi cualquier tipo de proyecto. Su utilidad principal, es como lista de chequeo que incorpora información cualitativa sobre relaciones causa y efecto, pero también es de gran utilidad para la presentación ordenada de los resultados de la evaluación. Previo a la realización de esta evaluación, se debe hacer un Análisis del Ciclo de Vida (ACV) del proyecto o actividad.

El método de Leopold, está basado por una matriz con las actividades que puedan causar impacto al ambiente del proyecto, ordenado en columnas y los posibles aspectos e impactos ordenados por filas según la categoría (ambiente físico biológico, socioeconómico).

En cada celda habrá 2 números con rango del 1 al 10, el 1ro es la magnitud del impacto y el 2do será la importancia. La valoración es principalmente cualitativa, basada en criterios de expertos y en investigaciones previas sobre el tema.

Una vez determinadas la magnitud y la importancia de cada celda, se deberá calcular cuantas acciones son positivas, cuanta son negativas y cuantos factores ambientales son afectados de manera positiva y cuantos de manera negativa. Para realizar la óptima asociación entre impactos enlistados en la

matriz y a sus aspectos ambientales, se debe consultar el análisis de ciclo de vida.

4.1.1. Beneficios que brinda la matriz de Leopold

La matriz de Leopold es un método cuantitativo de evaluación de impacto ambiental. Se utiliza para identificar el impacto inicial de un proyecto en un entorno natural. El sistema consiste en una matriz con columnas representando varias actividades que ejerce un proyecto.

- Brindar resultados cualitativos y cuantitativos.
- Prioriza medidas de mitigación y plan de manejo ambiental.
- Complemento de la metodología ACV para la solución de los problemas encontrados.

Los problemas que se podrían presentar en las etapas de habilitación, operación y abandono del proyecto relleno sanitario son:

Figura 10. **Matriz de Leopold**

Impacto / Acciones y usos	Medios Físico								Medio Biótico		Económico sociales										
	Geofísicos		Aguas		Aire		Otros		Flora	Fauna											
	Geomorfología	Suelo	Estabilidad de taludes	Asentamientos	Superficiales	Subterráneas	particulares	Gases	Ruido	paisajes	Natural	Cultivada	Natural	Modificada	Empleo	Actividad Económica	Salud	percepción Social	Reciclaje	Sitios Arqueológicos	Trafico
Etapa Habilitación																					
Movimiento de tierras							0	0	0	0		0		0							
Intercepción de aguas				0											0						
Obras de protección															0						
Construcción vías internas															0	0					
Construcción de oficinas y obras de servicio															0	0					
Cierres													0		0	0					
Etapa de Operación																					
Transporte de residuos									0	0								0			
Operación Maquinas								0													
Movimiento de tierra	0	0					0		0												
Esparcimiento y compactación de residuos								0													
Recubrimiento							0														
Manejo de biogás								0													
Manejo de percolados				0																	
Etapa de abandono																					
Cobertura final	0																				
Recuperación del área		0	0						0	0		0					0				
Construcciones																					

Fuente: PÉREZ, Edy. Estudio de impacto ambiental relleno sanitario Carcha, Alta Verapaz. p. 65.

4.2. Medidas de mitigación

Con las medidas de mitigación, prevención que se adopten en cada una de las fases del proyecto, se pueden reducir, minimizar y muchas veces evitar los impactos ambientales asociados al tipo de obra que se está ejecutando.

Generalmente todo proyecto contempla, desde la etapa de diseño, criterios de ingeniería, y medidas de mitigación que han sido contempladas en el diseño de ingeniería del proyecto del relleno sanitario, están enfocadas precisamente a reducir los posibles impactos actuales y futuros dentro de un criterio general de protección ambiental.

4.2.1. Medidas de mitigación a la geomorfología

Entre las medidas de mitigación que se adopte para reducir el impacto sobre la geomorfología del lugar, se puede mencionar las siguientes:

- Con el objeto de que no se perciba una alteración de carácter significativo en el entorno y el paisaje, se tendrá cuidado en la elección del lugar, de modo que pase lo más inadvertido desde la principal vía de acceso, teniendo baja visibilidad desde el exterior.
- Diseño adecuado de las pendientes de las superficies finales del relleno.
- Limitación de la altura máxima del relleno.

4.2.2. Medidas de mitigación para la hidrología

Existen diferentes tecnologías para tratar las aguas lixiviadas de un relleno sanitario. La selección del sistema depende del presupuesto disponible, de la cantidad de las aguas lixiviadas y del área disponible

- Con respecto al drenaje superficial, se pondrá particular énfasis en el manejo de las aguas de precipitación, con el objeto de minimizar la

infiltración, debido principalmente al tipo de método constructivo utilizado en el relleno.

- Con un buen manejo de las aguas de lluvia, se reduce la acumulación en aquellos sectores donde se están disponiendo los residuos, reduciéndose por consiguiente la producción de líquidos percolados y minimizando la infiltración. Además, se mantiene controlada, la formación de lagunas de aguas de lluvia en la superficie de trabajo.
- Se deben construir zanjas interceptoras de lluvia, estas serán conducidas hacia las correderas de invierno ubicadas en el área.
- La finalidad de minimizar, revertir, prevenir o compensar los impactos negativos generados en el proyecto del relleno sanitario, se deben implementar medidas de mitigación, en los trabajos de construcción y operación.

4.2.3. Medidas de mitigación para la calidad de aguas superficiales y subterráneas

La legislación guatemalteca no determina límites de concentración de contaminantes si se realiza una descarga a un medio receptor que no sea el alcantarillado. Hay que tomar en cuenta que en la mayoría de los casos los rellenos sanitarios no son conectados a cualquier sistema de alcantarillado.

- Para evitar la eventual contaminación del trayecto de los cursos de aguas superficiales y de aguas subterráneas intermitentes que se presentan sólo en épocas de alta pluviosidad, se toman medidas orientadas básicamente a encauzar las aguas de lluvia, mediante zanjas

perimetrales de intercepción, con el propósito de desviarlas fuera del relleno e impedir eventualmente cualquier contaminación con los subproductos líquidos generados en el relleno, se pueden aflorar al inicio de los taludes en las celdas, principalmente en la etapa de construcción mediante el método de área.

- Se deben construir pretiles de contención de líquidos percolados al inicio de los taludes, manteniéndolos en buen estado durante todo el año
- Investigar altura, condiciones climáticas de la zona y características de los residuos, para determinar si habrá aporte importante en el afloramiento de líquidos.
- Si las aguas de lluvia se llegan a contaminar debido al contacto que hayan tenido con los líquidos percolados, se depositan en el interior del relleno, junto con los residuos, y estos serán evacuados por el sistema de drenaje de lixiviados que serán descargados en el sistema de tratamiento.
- Con la construcción de las zanjas perimetrales interceptoras de aguas de lluvia, se realiza un desvío de ellas hacia los lugares laterales adyacentes al relleno.
- Es necesario precisar que las aguas de lluvia no entren en contacto con residuos o líquidos percolados que puedan generarse, para evitar producir efectos nocivos en la calidad de las aguas.

- En el drenaje de los lixiviados o percolados, se deben realizar monitoreos de las aguas subterráneas en un lugar que la autoridad sanitaria y ambiental lo determine, siempre y cuando sea posible.

4.2.4. Medidas de mitigación de aguas servidas

Las aguas que atraviesan las capas de basura aumentan su volumen en una proporción mucho mayor que la que produce la misma humedad de los rellenos sanitarios, de ahí que sea importante interceptarlas y desviarlas para evitar el incremento de lixiviado:

- A las aguas servidas, provenientes de los servicios higiénicos tratadas mediante el sistema de drenaje que descargará en el sistema del tratamiento del relleno.

4.2.5. Medidas de Mitigación para el control de líquidos percolados (lixiviados)

La descomposición o putrefacción natural de la basura produce un líquido maloliente de color negro, conocido como lixiviado o percolado, parecido a las aguas residuales domésticas, pero mucho más concentrado.

- Construcción de zanjas de intercepción de aguas de lluvia, de manera que no tengan acceso a las áreas del relleno.
- Cobertura diaria de los residuos con espesores adecuados.

- Construcción de las celdas de residuos con pendientes adecuadas para permitir el escurrimiento superficial de las aguas lluvia y evitar la formación de depósitos en la superficie del relleno.
- Construcción de un sistema de drenaje específico para los líquidos generados en el relleno.
- Reforestación de los sectores ya rellenos, con lo que se consigue un aumento de la evapotranspiración y desvío de las aguas de precipitación.
- Manejo de las aguas superficiales.

4.2.6. Medidas de mitigación para el control de gases

Casi todos los residuos sólidos sufren cierto grado de descomposición, pero es la fracción orgánica la que presenta los mayores cambios. Los subproductos de la descomposición están integrados por líquidos, gases y sólidos.

- Construcción continua de drenes verticales (chimeneas) desde el fondo del relleno para permitir la evacuación del biogás.
- Quema del biogás cuando los volúmenes y características sean los adecuados, acción que se realizará con sumo cuidado para evitar accidentes.
- Inspección diaria de las chimeneas, con el objeto de verificar la necesidad de la quema del biogás.

- Control de la calidad del material de cobertura de las celdas, con el fin de que no ingrese oxígeno al interior de la masa de residuos ni que se produzcan emanaciones desagradables hacia la atmósfera.

4.2.7. Medidas de mitigación para el control de aire

Cuando las vías de acceso al frente de trabajo del relleno están construidas con estabilizadores naturales, y los caminos interiores del relleno son de tierra, se han de prevenir las siguientes medidas:

- Riego de los caminos en períodos secos.
- Restricción del límite de velocidad, debidamente señalado, tanto para la circulación de los vehículos recolectores, como para los vehículos particulares que ingresen al relleno.
- Plantación de una cortina vegetal en el perímetro del relleno, con el objeto de disminuir la incidencia del viento sobre el relleno y sus consecuencias, levantamiento de polvo, arrastre de elementos livianos contenidos en la basura y propagación de olores.
- Instalación progresiva de una cobertura vegetal que permitirá la reforestación, disminuyendo las emisiones de polvo fugitivas.
- Sellado de los drenajes de biogás que no se encuentren aptos para su incineración.
- Quema del gas cuando sus características físico químicas lo permitan.

4.2.8. Medidas de mitigación para el control de olores

Para realizar un adecuado control de olores, se consideran medidas pertinentes que se señalan a continuación:

- Cobertura diaria de la totalidad de los residuos con espesores adecuados.
- Implementación de un programa de mantención de las celdas de basura, incluye el sellado de grietas y reposición de material en aquellos lugares que resulten erosionados por los agentes ambientales.
- Construcción y cobertura de los pretilos al inicio de las celdas de basura, con el fin de interceptar los líquidos percolados que eventualmente puedan aflorar, y evitar que éstos se acumulen o escurran por ellos o que queden expuestos al aire libre.
- Reposición del material de cobertura de los taludes de las celdas que resulten contaminados a causa del afloramiento del líquido.
- Sellado del drenaje de gas en tanto no se proceda a la quema.
- Limpieza diaria de la totalidad del área en uso.

4.2.9. Medidas de mitigación en la dispersión de basura

Control de fracciones livianas contenidas en la basura durante la construcción de las celdas y la descarga de los camiones recolectores, se

puede producir la dispersión de algunas fracciones livianas contenidas en la basura, razón por la cual se han contemplado las siguientes medidas:

- Programa permanente de limpieza del frente de trabajo y de sectores aledaños.
- Cobertura diaria de la totalidad de los residuos.
- Limpieza constante de la maquinaria que opera en el frente de trabajo, con el fin de que los elementos que se han depositado en el equipo de rodado no salgan del área de relleno.
- Sí es necesario, se instalan mallas con una armazón portátil, las que atraparán los elementos livianos.
- Plantación de cortina vegetal para retener los elementos que eventualmente no hayan sido atrapados en las mallas.

4.2.10. Medidas de mitigación de ruido

El control del ruido está formado por aquel conjunto de medidas que tienen como objetivo general asegurar unos niveles de ruido aceptables según la legislación vigente en cualquiera de los ámbitos de la sociedad.

- Se mantendrán limitadas las velocidades de los camiones recolectores de basura a 35 (km/h) y de los vehículos particulares a 50 (km/h), se hace para disminuir el ruido ocasionado por la maquinaria que trabajará al interior del relleno.

- Se considera la plantación de la cortina vegetal, que atenuará los ruidos que se puedan percibir desde el exterior del relleno

4.2.11. Medidas de mitigación para el control de vectores sanitarios

Con el objeto de disminuir la proliferación de vectores sanitarios (aves silvestres, moscas y roedores, y otros) se consideran las siguientes medidas:

- Cobertura diaria del total de residuos.
- Implementación y control de programa de mantenimiento de la cobertura (sello de grietas, nivelación de pendientes y recuperación de espesores, entre otros).
- Construcción de pretil de contención de líquidos percolados.
- Limpieza diaria de los caminos interiores del relleno, del frente de trabajo y de las zonas aledañas.
- Limpieza diaria y de todas las dependencias, especialmente las relacionadas con el saneamiento básico.
- Construcción y mantenimiento de un cordón sanitario perimetral, teniendo especial cuidado en proteger las especies silvestres. La construcción y mantenimiento de este cordón sanitario, debe ser realizado por una empresa aplicadora de pesticidas debidamente autorizada.

4.2.12. Medidas de mitigación de restauración

A continuación se describen las medidas de restauración que han sido contempladas en el diseño de ingeniería del proyecto, y que tienen por finalidad restablecer las propiedades básicas de los elementos del medio ambiente.

4.2.13. Medidas para el suelo

Con el fin de minimizar la pérdida de la cobertura vegetal existente en el área, y en lugares donde sea absolutamente necesario, se retirará de la cubierta del suelo vegetal, en los primeros 30 a 50 centímetros. Esta se acoplará en sectores aledaños a áreas de operación, y se protegerá para evitar pérdidas ocasionadas por la erosión eólica o pluvial, con el propósito de utilizarlos y reincorporarla al medio, cuando se proceda a realizar la reforestación de cada etapa del relleno, a fin de incorporarlo finalmente al entorno natural.

4.2.14. Medidas para el paisaje y estética

Los cambios ocasionados en el paisaje se minimizarán a través de la integración del relleno al entorno natural. Esto se logrará por medio de un adecuado diseño, es decir principalmente por el establecimiento de nuevas pendientes y de las alturas, unido a la reforestación progresiva de los sectores que se vayan rellorando.

4.2.15. Medidas de prevención de riesgos y control de accidentes

Debido a las características propias de las fechas que se desarrollan en el interior de un relleno sanitario, es necesario establecer medidas preventivas de riesgos y de control por accidentes.

- El profesional experto en prevención, realizará capacitaciones al personal con respecto a los riesgos involucrados en el manejo de residuos.
- El Contratista en el caso de concesionar la operación, proporcionará los elementos de protección personal de acuerdo a los riesgos que presente cada operación o trabajo.
- Se establecerá un programa específico de saneamiento básico e higiene personal.

Todo el personal estará uniformado y será entrenado en programas de emergencia ante situaciones como incendios, inundaciones, migraciones de gases y movimientos sísmicos, entre otros.

5. PLAN DE SEGURIDAD AMBIENTAL DEL RELLENO SANITARIO

Para la construcción del relleno sanitario, se debe de cumplir con los siguientes requisitos establecidos para el efecto de no contaminar el ambiente y la salud de la población, cumpliendo estrictamente el diseño y características de la obra.

En el plan de seguridad ambiental se considera lo siguiente:

- Políticas de seguridad en salud y ambiente.
- Planes de emergencia en caso de incendio, terremoto y accidentes.
- Investigación de accidentes dentro del área de trabajo.
- Entrenamiento para el uso del equipo de protección personal.
- Control del transporte de ingreso de vehículos.
- Auditorias e inspecciones constantes de las instalaciones y reportes inmediatos de anomalías observadas.
- Chequeo constante en instalaciones sanitarias.
- Áreas específicas designadas para ingerir alimentos.
- Plan para primeros auxilios.
- Control severo al consumo de alcohol y drogas.
- Control de la disposición de desechos.

Es necesario que el plan sea elaborado por la empresa o el contratista que construya el proyecto, por la importancia del mismo.

5.1. Recomendaciones en la fase de construcción

Es necesario cumplir con el siguiente plan de seguridad en salud y ambiente, observando las buenas prácticas de trabajo en los aspectos siguientes:

- Excavaciones
- Rellenos
- Llenado de baches
- Estructuras de concreto
- Estructuras de acero
- Levantado de muros
- Repellos y cernidos
- Colocación de ventanas
- Colocación de puertas
- Colocación de piso
- Colocación del techo
- Acabados y enlucidos
- Instalación de tubería agua potable y drenaje
- Instalación de aire acondicionado
- Instalaciones eléctricas
- Instalación de equipo
- Proceso de pintura

5.2. Recomendaciones para el funcionamiento

Al personal que labora en el relleno sanitario y atención al público, se le capacitará constantemente por personal especializado con conocimiento en áreas específicas, como:

- Atención al cliente.
- Uso adecuado del equipo.
- Procedimientos de limpieza y desinfección.
- Chequeo frecuente en la ejecución de cada procedimiento.
- Toma de acciones correctivas cuando los procedimientos no logran prevenir la contaminación.
- Condición y limpieza de las superficies de contacto.
- Protección de adulterantes al proceso.
- Adecuado control de aireación para evitar malos olores.
- Procesamiento de los productos.
- No al consumo de alcohol y drogas.
- Conocimientos de las características de los productos.
- Conocimiento de primeros auxilios.
- Procedimiento de trasiego de combustibles.

Se debe realizar un plan de mantenimiento para todo el sistema de las instalaciones sanitarias, hidráulicas, eléctricas y especiales, con el objeto de garantizar un buen funcionamiento.

5.3. Plan de contingencia

Dentro de los objetivos de la empresa, se establecen medidas que deben realizarse antes, durante y después de un desastre, la capacitación debe ser

muy importante en la implementación de cursos y capacitaciones constantes, a los encargados, jefes de proyecto, trabajadores y técnicos. Se debe pedir ayuda al gobierno, bomberos y otras entidades que puedan apoyar y capacitar al personal del relleno sanitario en simulacros.

El personal debe estar capacitado para enfrentar este tipo de problemas desde el inicio de la construcción, complementándose conforme los trabajos se vayan realizando, es decir, en el momento en que el proyecto empieza a funcionar, la empresa tiene la obligación de equipar al personal con botas de hule, overoles, cascos, mascarillas, guantes, y equipo de primeros auxilios.

5.4. Plan de contingencia en caso de incendio

Los incendios son causados por el uso inadecuado de combustibles o instalaciones alámbricas defectuosas y el inadecuado almacenamiento y traslado de sustancias inflamables.

- Guías para prevenir incendios
 - Colocar rótulos visibles con las indicaciones: peligro alta tensión, no fumar, no estacionarse, inflamable y otros, deben colocarse en áreas donde se depositen líquidos inflamables o donde se expelen vapores; cerca de tanques de combustible, separadores u otros que contengan o hallan contenido aceite o líquidos inflamables; cerca de bombas de tubería, maquinaria, equipo que transporte o que contenga hidrocarburos.
 - No usar fósforos o encendedores en las áreas que contengan material inflamable.

- No cargar en la cabina de los automóviles materiales inflamables.
- Establecer áreas para almacenar líquidos inflamables.
- Prohibido mantener en lugares destinados para los servicios personales, trapos, basuras, combustibles, lubricantes, botes, etc.
- No usar líquidos inflamables como agentes de limpieza.
- No usar atomizadores inflamables.
- Los recipientes para guardar líquidos inflamables deben estar bien ventilados.
- El sistema de tubería de aire, líquido o gas inflamable se debe mantener como sistemas separados con ajuste que no pueden ser intercambiados.
- No se debe usar el gas inflamable a presión como un propulsor de equipos para rociar cualquier tipo de herramientas manejadas con aire.
- La gasolina y otros productos inflamables deben ser transportados o guardados en recipientes aprobados.
- En caso de incendio, no desesperarse y mantener la calma, si el fuego es pequeño apagarlo o avisarle inmediatamente al jefe superior, alejarse tranquilamente del lugar, cubriéndose la nariz, boca y buscar un lugar seguro.

5.4.1. Medidas para protección de incendios

Los equipos a prueba de incendios deben ser examinados periódicamente, para mantenerlos en buen estado.

Debe mantenerse personal fijo en el lugar las 24 horas del día, que puedan accionar y manejar equipo contra incendios; en caso necesario sobre el control y propagación de incendios. Esto se hace con el propósito de evitar que los gases inflamables producidos por la descomposición de la basura etapa de putrefacción, provoquen un incendio.

Es importante que las medidas aplicadas por parte de la empresa y del personal que trabaja en el relleno sanitario, sean tomadas en cuenta como medidas de responsabilidad y que en el momento de necesitarlas sean respetadas y ejecutadas al pie de la letra.

5.4.2. Equipo para extinguir el fuego

El fuego también denominado combustión, es una reacción química. En este tipo de reacciones tiene lugar un cambio de sustancias por otras, más simples o más estables, originándose absorción o emanación de calor en algunos casos.

- El equipo para extinguir fuego debe estar ubicado en lugares visibles y accesibles con indicaciones para su uso.
- Los empleados deben estar capacitados para extinguir incendios, y entrenados apropiadamente para usar el equipo disponible.

- Los equipos y sistemas de lluvia artificial, regadores, Halon, CO₂, polvos químicos secos y espumas deben ser examinados periódicamente.
- Los extintores deben ser colocados en las paredes y adaptados a un gancho o colgadores a modo de mantenerlos visibles y en lugares adecuados para prevenirlos de la corrosión.
- Los extintores siempre deben tener la placa del nombre de la manufactura pegada.

5.4.3. Extintores de incendios inspección y mantenimiento

Un extintor, extintor de fuego, o matafuego es un artefacto que sirve para apagar fuegos. Consiste en un recipiente metálico que contiene un agente extintor de incendios a presión, de modo que al abrir una válvula el agente sale por una boquilla que se debe dirigir a la base del fuego.

- Examinar periódicamente para garantizar su uso en cualquier momento.
- Llevar un registro de cada unidad indicando la fecha de su inspección.
- Todo extintor que presente señales de desperfectos, debe ser remplazado inmediatamente.

5.4.4. Chequeo de mangueras

El término manguera contra incendios identifica un tipo de tubo flexible que utilizan los bomberos para transportar agua a presión desde el abastecimiento de agua hasta el lugar donde debe descargarse. Para que una

manguera contra incendios sea segura, debe haber sido fabricada con los mejores materiales y únicamente debe utilizarse en actuaciones contra incendios.

- Chequear periódicamente las mangueras del equipo de incendio
- Boquillas de las mangueras
- Conexiones y accesorios de las mangueras
- Daños a las mangueras como, cortadas, raspaduras etc.
- Tapas de protección

5.4.5. Práctica en caso de incendios

El calor radiante muy fuerte puede hacer que caiga una persona y muera abrasada, además de generar humos, gases, etc. Hay que practicar varias veces con los extintores para conocer su alcance efectivo. No se trata de darle un mordisco a la base de las llamas. Desde lejos y siempre con las espaldas cubiertas y a salvo.

- El personal de la empresa debe ser capacitado para tomar las acciones primarias en caso de, incendio de máquina, bodega, oficina, carro, etc.
- Capacitar al personal en simulacros contra incendios y realizar esta práctica como mínimo cada dos meses

5.4.6. Inspección

Los sistemas de protección contra incendios deben estar siempre disponibles, en servicio y en condiciones adecuadas de respuesta, soluciones en ingeniería de riesgos, basado en estándares internacionales.

- De sistemas de alarmas contra incendios.
- De aparatos eléctricos para evitar el sobrecalentamiento.
- Uso de adaptadores y no permitir conexiones de más de un aparato eléctrico.
- Instalaciones eléctricas generales.
- Existencia de conexiones extras, como aumento de tomacorrientes.

5.5. Plan de contingencia por sismos

Tenga preparados botiquín de primeros auxilios, linternas, radio a pilas, pilas, entre otros y algunas provisiones en sitios designados. Sepa cómo desconectar los servicios. Prevea un plan de actuación en caso de emergencia y asegure el reagrupamiento en un lugar seguro.

- Seguir instrucciones
- Mantener la calma
- Ubicarse en zonas de seguridad previamente señalizadas
- Colocarse a la par de una columna o debajo de un escritorio
- Desconectar el equipo que está trabajando, si le es posible
- Dirigirse a la salida más cercana en forma ordenada
- Prestar atención si algún compañero necesita ayuda
- Salir inmediatamente del lugar en forma tranquila
- Informar a los superiores del lugar en donde estaba trabajando
- Hacer recuento de los compañeros de trabajo
- Alejarse del edificio

- Alejarse de los postes del alumbrado público
- Alejarse de los anuncios
- Permanecer fuera del edificio hasta que las autoridades o jefes de cuadrillas avisen que puedan ingresar nuevamente al edificio.

Se deben realizar capacitaciones y entrenamientos constantes, contra la prevención de emergencias y simulacros.

5.6. Plan de seguridad humana en rellenos sanitario

La prevención de accidentes en el lugar de trabajo, es responsabilidad directa o indirecta de cada individuo, lo que eventualmente podría darse por el uso inadecuado de herramientas como:

- Escaleras
- El uso de posiciones incorrectas del equipo de trabajo
- Uso inadecuado del equipo de protección personal
- No seguir los procedimientos de trabajo adecuados
- Mala operación de la maquinaria
- Escuchar música con gran volumen
- Platicar demasiado con el compañero de trabajo

5.6.1. Número de teléfonos de emergencia

Es responsabilidad de la empresa tener a la vista y en lugares visibles los números de teléfono de los bomberos, policía, servicio de ambulancia.

5.6.2. Interruptores de emergencia

El personal del relleno sanitario debe conocer el propósito y la localización de la caja de interruptores de emergencia, para ponerlos a funcionar en el momento oportuno.

5.6.3. Limpieza

En cualquier actividad laboral, para conseguir un grado de seguridad aceptable, tiene especial importancia el asegurar y mantener el orden y la limpieza. Son numerosos los accidentes que se producen por golpes y caídas como consecuencia de un ambiente desordenado o sucio, suelos resbaladizos, materiales colocados fuera de su lugar y acumulación de material sobrante o de desperdicio.

- Todo desecho sólido que se maneje en el relleno sanitario, debe ser operado adecuadamente depositándolo en lugares específicos como, latas, envases de vidrio, plásticos, trapos sucios y grasosos, otros.
- Limpiar frecuentemente el lugar de trabajo para que no se impregne de grasa, aceite o mugre, evitando resbalones y caídas.
- No usar gasolina o kerosén como agentes de limpieza.
- No usar cera de piso en las instalaciones.
- Usar desinfectantes especiales para oficinas.
- Usar desinfectantes especiales para baños y duchas.
- Lavar constantemente baños, duchas y lavamanos.
- Lavar el equipo utilizado.

5.6.4. Salidas

Todas las puertas de salida deben abrir hacia afuera, para evitar aglomeraciones en el momento de un percance, todo esto se hace con la finalidad de evitar más accidentes.

5.6.5. Ropa protectora de trabajo

El personal debe usar equipo adecuado para realizar su trabajo, como: mallas, zapatos, overoles, lentes de seguridad, guantes, cascos y otros.

5.6.6. Protección de la piel

Para evitar que sustancias tóxicas o irritantes entren en contacto con la piel, se deberá usar una protección adecuada para las manos. La selección de guantes deberá hacerse de acuerdo a la compatibilidad química de las sustancias a ser manipuladas.

- La ropa impregnada con gasolina, aceite o algún reactivo químico, se debe apartar inmediatamente, colocarla en un tendedor, airearla y luego lavarla.
- La piel que estuvo en contacto con gasolina, aceite se debe lavar inmediatamente con bastante agua y jabón.
- La piel que estuvo en contacto con reactivo químico, deberá leerse las instrucciones en caso de accidente en la etiqueta y contactar de inmediato a un médico.

5.6.7. Primeros auxilios y ayuda médica

Los empleados del relleno sanitario, deben tener conocimientos básicos sobre aplicación de primeros auxilios y de respiración artificial en caso de accidentes llamar inmediatamente al médico de la empresa.

5.6.8. Extinguidores portátiles para combatir incendios

Los extintores portátiles son aparatos de accionamiento manual que permiten proyectar y dirigir un agente extintor sobre un fuego. Se diferencian unos de otros en atención de una serie de características como agente extintor contenido, sistemas de funcionamiento, eficacia, tiempo de descarga y alcance.

- Mantenerlos en buen estado de funcionamiento
- Estar ubicados en lugares fácilmente accesibles

5.6.9. Procedimiento carga y descarga de vehículos

Todo vehículo que desee ingresar al relleno sanitario debe contar con la debida autorización por parte del jefe del área operativa. Los vehículos que ingresen al relleno sanitario con residuos sólidos son registrados en el formato de control, verificando placas, procedencia y tipo de residuos sólidos a disponer. Los vehículos de aseo antes de entrar al relleno sanitario son inspeccionados visualmente en forma aleatoria para verificar que la basura a disponer no son residuos peligrosos.

- Usar señales de tránsito para dirigir a los vehículos fuera del área de descarga.

- Asegurarse que el producto se deposite en los lugares adecuados.
- Verificar el material que esté descargando o cargando adecuadamente.
- El conductor debe de estar pendiente del vehículo en la carga y descarga mientras se realiza la operación.
- Al concluir la carga o descarga verificar que la cantidad del respectivo producto recibido coincida con el documento.
- El encargado de la planta debe dirigir la salida del camión del área de descarga.

5.7. Sistema eléctrico

Debe cumplir con los estándares internacionales porque una falla puede provocar un incendio de enormes proporciones, y accidentes como electrocuciones con consecuencias mortales.

- El interruptor automático, fusible, chuchos y cuchilla deben estar marcados indicando cuál es su propósito
- La toma de la pared y cables de extensión deben tener un sistema de conexión a tierra de tres cables
- Chequeo periódico sobre el estado y funcionamiento de los cables eléctricos

5.8. Iluminación

Aunque no se trabaje de noche es importante que las bombillas, reflectores y tubos fluorescentes deben de mantenerse limpios y en buen estado de funcionamiento.

CONCLUSIONES

1. Se desarrollan planes de clausura cuando se inicia un relleno sanitario, y se modifican durante el tiempo de explotación, es necesario reubicar a diario el plan de clausura.
2. El plan de clausura cubre diseño de la cobertura final, sistemas de control de aguas superficiales, drenaje, control de los gases producido por el relleno, control, tratamiento de los lixiviados, y sistemas de supervisión ambiental.
3. Los procesos biológicos naturales que se producen en el relleno, causarán finalmente la estabilización y llegará a ser utilizable para otros fines de la comunidad.
4. Todo consultor ambiental autorizado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), tiene la obligación de formular medidas de mitigación antes y después de la vida útil de un relleno sanitario, cuando se realiza un Estudio de Impacto Ambiental (EIA).
5. En el plan de clausura del relleno sanitario, el material de cubierta es uno de los aspectos más importantes. Se colocará bajo una estricta supervisión de la construcción, y mantenimiento, además se debe prevenir la pérdida de suelos y la erosión de la superficie.

6. La selección del uso final de un relleno clausurado, depende de las necesidades de la comunidad y de los fondos disponibles para el proyecto de recuperación.

RECOMENDACIONES

1. El relleno sanitario debe ser un lugar técnicamente seleccionado, diseñado, y operado para la disposición final controlado de los residuos sólidos, que sea satisfactorio desde el punto de vista de la salud pública, con una capacidad mínima para usarse durante 10 años, considerando el crecimiento de la población y la selección de un buen equipo de trabajo.
2. Cuando el relleno sanitario este lleno, debe seguir funcionando eficazmente como una unidad para el control ambiental de los desechos durante un largo período de tiempo en el futuro. Las normativas sobre rellenos son estrictas y obligatorias, incluyendo un plan de clausura como parte del proceso del proyecto.
3. El plan de clausura que se desarrolla al inicio del funcionamiento del relleno sanitario, debe ser modificado durante el tiempo de explotación, ya que se hace necesario reubicar a diario el plan de clausura.
4. Los cambios ocasionados en el paisaje se minimizarán a través de la integración del relleno al entorno natural. Esto se logrará por medio del establecimiento de nuevas pendientes y alturas, unido a la reforestación progresiva de los sectores que se vayan rellenoando.
5. Con el fin de minimizar la pérdida de la cobertura vegetal existente en el área, y en lugares donde sea absolutamente necesario, se recomienda retirar la cubierta del suelo vegetal, en los primeros 30 a 50 centímetros. Esta se acoplará en sectores aledaños a áreas de operación, y se

protegerá para evitar pérdidas ocasionadas por la erosión eólica o pluvial, con el propósito de utilizarlos y reincorporarla al medio cuando se proceda a realizar la reforestación de cada etapa del relleno, a fin de incorporarlo finalmente al entorno natural.

BIBLIOGRAFÍA

1. DUCCI, María Elena. *Introducción al urbanismo: conceptos básicos*. México: Trillas, 1989. 94 p.
2. EDWARDS, Brian; HYETT, Paul. *Guía básica de la sostenibilidad*. Barcelona: Gustavo Gili, 2004. 121 p.
3. Guatemala. *Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente*: 28 de noviembre de 1986. *Diario Oficial de Centro América*. 24 de octubre de 1996. 14 p.
4. _____. *Ley del Organismo Judicial*: 10 de enero de 1989. *Diario Oficial de Centro América*. 31 de diciembre de 1990. 51 p.
5. _____. *Ley Reguladora de las Áreas de Reserva Territoriales del Estado de Guatemala*: 30 de diciembre de 1997. *Diario Oficial de Centro América*, 10 de enero de 1998. 8 p.
6. _____. *Código de Salud*: 7 de noviembre de 1997. *Diario Oficial de Centro América*. 7 de febrero de 1998. 50 p.
7. _____. *Código Municipal*: 15 de marzo de 2002. *Diario Oficial de Centro América*. 1 de julio de 2002. núm.74, 43 p.
8. _____. *Código Penal*: 30 de agosto de 1973. *Diario Oficial de Centro América*. 15 de septiembre de 1973. 118 p.

9. _____. *Constitución Política de la República de Guatemala*: 31 de mayo de 1985. *Diario Oficial de Centro América*. 14 de enero de 1986. 105 p.
10. _____. *Creación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales*: 11 de diciembre de 2000. *Diario Oficial de Centro América*. 19 de diciembre de 2000. 22 p.
11. _____. *Ley de Áreas Protegidas y sus Reformas*: 02 de mayo de 1989. *Diario Oficial de Centro América*. 5 de mayo de 1989. núm. 18, 24 p.