

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**



*TESIS:*

***DIAGNÓSTICO DEL FUNCIONAMIENTO, OPERABILIDAD Y MANEJO DE  
LOS RELLENOS SANITARIOS APROBADOS POR EL MINISTERIO DE  
MEDIO AMBIENTE EN LA ZONA ORIENTAL DE EL SALVADOR.***

*PRESENTA:*

***LESTER FERNANDO GONZALEZ MARTINEZ***

***OSCAR ARMANDO OLIVARES CENTENO***

***JORGE MANUEL SOTO MÁRQUEZ***

PARA OPTAR AL TITULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

**OCTUBRE DE 2009**

**SAN MIGUEL, EL SALVADOR CENTROAMERICA.**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

**RECTOR:**

*MSC. RUFINO ANTONIO QUEZADA SÁNCHEZ*

**VICE-RECTOR ACADEMICO:**

*MSC. MIGUEL ÁNGEL PÉREZ RAMOS*

**SECRETARIO GENERAL:**

*LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHAVEZ*

**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**

**DECANA INTERINA:**

*DRA. ANA JUDITH GUATEMALA DE CASTRO*

**SECRETARIO:**

*ING. JORGE ALBERTO RUGAMAS RAMÍREZ*

**JEFE DE DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA:**

*ING. UVIN EDGARDO ZUNIGA CRUZ*

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

**INGENIERO CIVIL**

Título:

***DIAGNÓSTICO DEL FUNCIONAMIENTO, OPERABILIDAD Y MANEJO DE  
LOS RELLENOS SANITARIOS APROBADOS POR EL MINISTERIO DE  
MEDIO AMBIENTE EN LA ZONA ORIENTAL DE EL SALVADOR.***

Presentado por:

***LESTER FERNANDO GONZALEZ MARTINEZ***

***OSCAR ARMANDO OLIVARES CENTENO***

***JORGE MANUEL SOTO MÁRQUEZ***

Trabajo de graduación aprobado por:

Coordinador :  
Ing. Milagro de Maria Romero Bardales

Docente Director :  
Ing. Luis Clayton Martinez

San Miguel, OCTUBRE 2009



Trabajo de Graduación Aprobado por:

Coordinador :

Ing. Milagro de Maria Romero Bardales

Docente Director :

Ing. Luis Clayton Martínez



## DEDICATORIA

Doy Gracias a **Dios todopoderoso**, que es la luz de mi vida, el guía en mi camino, mi soporte y apoyo en todo momento; Gracias por permitirme alcanzar esta meta que con dificultades de salud pude superar gracias a su poder y su sabiduría, por la vida, por la salud, por la sabiduría, por tu cuidado, por todas las bendiciones a lo largo de toda mi vida, sin ti nunca lo hubiera logrado.

A **María La Virgen Santísima**, por su cuidado, amor y auxilio; por escuchar mis suplicas, e interceder ante Dios por mi.

A mis Padres Fernando González y Rocío de González, que con mucha humildad, esfuerzos y sacrificios, me apoyaron en este arduo camino, y que en los momentos difíciles me consolaron y me alentaron a seguir adelante, gracias por enseñarme a soñar y que todo es posible si se realiza con esfuerzo y dedicación.

A mi hermano: Ronald González Martínez, por apoyarme, cuidarme y, por estar pendiente de mí.

A mis abuelos, Mamá Pimpa, Papá Nando, y Que Dios tenga en Gloria a mis abuelos Papá Moncho y mi abuela Mita , por ser ejemplos de vida para mí, y darme su apoyo cuando mas lo necesite.

A mi tía, Luz Marina Galvez por su cariño y comprensión.

A mi novia María Elena, quien en los momentos difíciles me brindo comprensión y fuerzas para seguir adelante.

A mi tío, Oscar González, por su apoyo incondicional.

A mi tío, Carlos Martínez, por sus consejos oportunos.



A mis primas, Jeny Galvez, Edlin Galvez, Dayana Galvez, por alegrar siempre mi vida.

A mis compañeros de tesis, Jorge y Oscar, por apoyarme y comprenderme siempre y regalarme entusiasmo en los momentos difíciles.

A los docentes que contribuyeron en mi formación como estudiante, Ing. Lopez, Ing. Uvin, Ing. Mendez, Ing. Rafael Chavez, Ing. David Chavez gracias.

A nuestro Asesor de tesis Ing. Luis Clayton Martínez, gracias por creer en nosotros.

**LESTER FERNANDO GONZÁLEZ MARTINEZ**



## DEDICATORIA

DEDICO ESTE TRIUNFO:

*A MI SEÑOR JESUCRISTO Y DIOS primeramente, por ser quien me ha prestado vida hasta el día de hoy, y que ha estado a mi lado desde el momento que emprendí esta ardua lucha, sin embargo la debilidad en algunos momentos fue grande, mas nunca se aparto de mi SU MANO; escalando así, peldaños tras peldaños, hasta alcanzar una meta trazada y culminar con esta, una etapa de mi vida.*

*A MIS PADRES: Vitelio Olivares y Santos Centeno, por darme todo su apoyo incondicional, palabras de aliento y de esperanza, por todo el esfuerzo hecho a través de todos estos años, por transmitirme buenos principios, valores y disciplina.*

*A MIS HERMANOS: Gerber, Edwin y Bladimir por el apoyo que siempre me han dado sin importar cual sea, ha sido de manera incondicional.*

*A MIS SOBRINAS(O): Ailyn Lisbeth, Siria Jasmin, Jason Mauricio, por darme momentos de alegría.*

*A MI NOVIA: Wendy, por su apoyo incondicional, comprensión y cariño.*

*A MIS COMPAÑEROS DE TESIS: Lester y Jorge, por la paciencia que me han tenido antes y durante este trabajo.*



***A MIS COMPAÑEROS(AS) Y AMIGOS(AS): a todos ellos, los que confiaron en mí, y me han aceptado con todos mis defectos y virtudes y por brindarme su amistad y afecto, en especial a: con los que pasamos mas, malos y buenos momentos.***

*A todos los docentes que transmitieron su conocimiento en mi formación, gracias.*

**OSCAR ARMANDO OLIVARES.**





## DEDICATORIA

Dedico este triunfo de haber culminado mi carrera que desde niño siempre soñe, en ser un Ingeniero Civil, primeramente a DIOS y a la Virgen de Guadalupe, que me dieron sabiduría e iluminaron mi camino para lograr esta meta tan importante en mi vida.

Amis padres, Dina Elizabeth Márquez Trejo y Jorge Antonio Soto Zelaya, que siempre me han dado su apoyo incondicional para poder lograr culminar esta carrera universitaria, sobretodo a mi madre que siempre me apoyó y confió en mí, Gracias Mami.

A mi esposa, Lesly Josefina Bonilla de Soto que tuve la oportunidad de conocerla en la universidad y que siempre estuvo dandome alientos de apoyo cuando lo necesite, te amo mucho mi amor.

A mis hermanos y sobrinito Jenny, Javier, Mary y Miguelito, que siempre han estado a mi lado no solo como hermanos, sino tambien como amigos y me han apoyado siempre que los he necesitado.

A mis abuelos: Papanel (de grata recordación) que siempre estuvo pendiente de que logrará esta meta y que desde el cielo se que ha de estar orgulloso de mí, a mama Lupa (de grata recordación), mamita Lela y Papa Beto, por ser ejemplos en mi vida.

A mis tios y primos, que siempre me han demostrado que si se lucha por una meta se puede lograr, especialmente a tia Marta (de grata recordación), que me dio su apoyo cuando lo necesite.



A mis amigos de Tesis, Lester y Oscar, que logramos terminar este trabajo y que me di cuenta de lo importante que han sido como compañeros y amigos.

A los docentes que si no fuera por la presión que nos ejercieron cuando compartían sus conocimientos en nuestra formación académica, no hubiéramos logrado esta meta.

A mis amigos y compañeros, que me han apoyado en este largo camino para la finalización de mi carrera profesional.

Jorge Manuel Soto Márquez



## **ÍNDICE DE CONTENIDO**

	<b>PAGINA</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XXVII
<b>CAPITULO I GENERALIDADES</b>	
1.1 Antecedentes	30
1.2 Planteamiento del Problema	37
1.3 Justificación	40
1.4 Objetivos	41
1.5 Alcances	42
1.6 Limitaciones	43
<b>CAPITULO II MARCO REFERENCIAL</b>	
2.1 Marco Histórico	44
2.2 Relleno Sanitario ASIGOLFO en el departamento de La Unión	45
2.3 Relleno Sanitario de Usulután	55
2.4 Relleno Sanitario de Santa Rosa de Lima	60
2.5 Relleno Sanitario de San Miguel	64
2.6 Marco Normativo (Leyes)	67
2.7 Marco Teórico	74
2.8 Impactos del mal manejo de los residuos sólidos	74
2.9 Situación del manejo de los residuos sólidos en Latino América	75
2.10 Situación del manejo de los residuos sólidos en	77



	Centroamérica	
2.11	Relleno sanitario semi-mecanizado	82
2.12	Manejo de desechos sólidos	86
2.13	Recolección de desechos sólidos	86
2.14	El servicio de aseo urbano	86
2.15	Separación de desechos en la fuente	88
2.16	Almacenamiento y presentación	89
2.17	Recolección y transporte	90
2.18	Transferencia	91
2.19	Aprovechamiento	91
2.20	La reutilización	92
2.21	El reciclaje	93
2.22	Uso energético y constructivo	93
2.23	Disposición Final	94
2.24	Compost	94
2.25	Lombricultura	97
2.26	Incineración	97
2.27	Relleno Sanitario	99
2.28	Planificación	99
2.29	Diagnostico	99
2.30	Selección del sitio de disposición final	101
2.31	Rellenos sanitarios mecanizados	105
2.32	Tratamiento de lixiviados	106
2.33	Operación de rellenos sanitarios	108
2.34	Cálculo de la celda diaria	114



## **CAPITULO III HISTORIA DE LOS RELLENOS SANITARIOS EN ESTUDIO**

<b>3.1</b>	<b>Historia del relleno sanitario de Usulután SOCINUS SEM</b>	<b>128</b>
3.1.1	Creación del proyecto	128
3.1.2	Zonificación	128
3.1.3	Accesos y drenajes	131
3.1.4	Rediseño del confinamiento de basura	133
3.1.5	Impacto Ambiental	135
3.1.6	Descripción del sitio	135
3.1.7	Aspecto físico	135
3.1.8	Impactos ambientales significativos	137
3.1.9	Diseño del relleno sanitario SOCINUS SEM	139
3.1.10	Celda diaria	139
3.1.11	Vida útil	144
3.1.12	Ingreso de desechos sólidos	152
3.1.13	Tratamiento de lixiviados	154
3.1.14	Tratamiento de gases	163
3.1.15	Método de operación del relleno sanitario utilizado	165
3.1.16	Operación en época de lluvias	166
<b>3.2</b>	<b>Historia del relleno sanitario ASINORLU, La Unión</b>	<b>169</b>
3.2.1	Creación del proyecto	169
3.2.2	Zonificación	171
3.2.3	Calles de acceso internas	173
3.2.4	Drenajes de aguas superficiales	174



3.2.5	Impacto Ambiental	175
3.2.6	Descripción del sitio	175
3.2.7	Aspecto físico	175
3.2.8	Impactos ambientales significativos	177
3.2.9	Diseño original del relleno sanitario	179
3.2.10	Celda diaria	179
3.2.11	Vida útil	182
3.2.12	Ingreso de desechos sólidos	185
3.2.13	Tratamiento de lixiviados	188
3.2.14	Tratamiento de gases	194
3.2.15	Método de operación del relleno sanitario utilizado	196
3.2.16	Operación en época de lluvias	198
3.3	<b>Historia del relleno sanitario ASIGOLFO, La Unión</b>	199
3.3.1	Creación del proyecto	199
3.3.2	Zonificación	200
3.3.3	Accesos y drenajes	202
3.3.4	Diseño del confinamiento de la basura	204
3.3.5	Impacto Ambiental	207
3.3.6	Descripción del sitio	207
3.3.7	Medio físico	207
3.3.8	Impactos ambientales significativos	210
3.3.9	Diseño del relleno sanitario ASIGOLFO	213
3.3.10	Celda diaria	213
3.3.11	Vida útil	218
3.3.12	Ingreso de desechos sólidos	231



3.3.13	Tratamiento de lixiviados	234
3.3.14	Tratamiento de gases	243
3.3.15	Método de operación del relleno sanitario utilizado	244
3.3.16	Operación en época de lluvias	245
3.4	<b>Historia del relleno sanitario de SAN MIGUEL</b>	248
3.4.1	Creación del proyecto	248
3.4.2	Impacto Ambiental	252
3.4.3	Clima	252
3.4.4	Tipo de suelo	253
3.4.5	Impactos ambientales significativos	254
3.4.6	Diseño original del relleno sanitario	256
3.4.7	Celda diaria	256
3.4.8	Vida útil	261
3.4.9	Ingreso de desechos sólidos	265
3.4.10	Tratamiento de lixiviados	268
3.4.11	Tratamiento de gases	271
3.4.12	Método de operación del relleno sanitario utilizado	273
3.4.13	Operación en época de lluvias	274

## **CAPITULO IV SITUACIÓN ACTUAL DE LOS RELLENOS SANITARIOS EN ESTUDIO**

4.1	<b>Operabilidad del relleno sanitario SOCINUS SEM</b>	277
4.1.1	Calles de acceso	277
4.1.2	La bascula	279
4.1.3	Caseta de control	281



4.1.4	Cerca perimetral	282
4.1.5	Canaletas para aguas lluvias	282
4.1.6	Maquinaria	283
4.1.7	Ingreso de los desechos sólidos	284
4.1.8	Tratamiento de lixiviados	289
4.1.9	Tratamiento de gases	291
4.1.10	Operación en época de lluvias	292
4.1.11	Impacto Social	293
4.2	<b>Operabilidad del relleno sanitario ASINORLU</b>	294
4.2.1	Calles de acceso	294
4.2.2	La bascula	296
4.2.3	Caseta de control	296
4.2.4	Cerca perimetral	297
4.2.5	Canaletas para aguas lluvias	299
4.2.6	Maquinaria	300
4.2.7	Ingreso de los desechos sólidos	303
4.2.8	Tratamiento de lixiviados	304
4.2.9	Tratamiento de gases	306
4.2.10	Operación en época de lluvias	307
4.2.11	Impacto Social	308
4.3	<b>Operabilidad del relleno sanitario ASIGOLFO</b>	309
4.3.1	Calles de acceso	310
4.3.2	La bascula	310
4.3.3	Caseta de control	311
4.3.4	Cerca perimetral	311





4.3.5	Señalización	312
4.3.6	Ingreso de los desechos sólidos	313
4.3.7	Tratamiento de lixiviados	314
4.3.8	Tratamiento de gases	316
4.3.9	Operación en época de lluvias	317
4.3.10	Impacto Social	318
4.4	<b>Operabilidad del relleno sanitario de SAN MIGUEL</b>	319
4.4.1	Calles de acceso	319
4.4.2	La bascula	320
4.4.3	Caseta de control	321
4.4.4	Cerca perimetral	322
4.4.5	Canaletas para aguas lluvias	323
4.4.6	Maquinaria	324
4.4.7	Ingreso de los desechos sólidos	325
4.4.8	Tratamiento de lixiviados	327
4.4.9	Tratamiento de gases	329
4.4.10	Operación en época de lluvias	330
4.4.11	Impacto Social	332

## **CAPITULO V DIAGNOSTICO DE LOS RELLENOS SANITARIOS EN ESTUDIO**

5.1	<b>Análisis del diseño original vrs situación actual del relleno sanitario SOCINUS SEM</b>	333
5.1.1	Ingreso de desechos sólidos	333
5.1.2	Vida Útil	335



5.1.3	Tratamiento de lixiviados	337
5.1.4	Tratamiento de gases	342
5.1.5	Operación en época de lluvia	344
5.2	<b>Análisis del diseño original vrs situación actual del relleno sanitario ASINORLU</b>	346
5.2.1	Ingreso de desechos sólidos	346
5.2.2	Vida Útil	348
5.2.3	Tratamiento de lixiviados	350
5.2.4	Tratamiento de gases	352
5.2.5	Operación en época de lluvia	355
5.3	<b>Análisis del diseño original vrs situación actual del relleno sanitario ASIGOLFO</b>	358
5.3.1	Ingreso de desechos sólidos	358
5.3.2	Tratamiento de lixiviados	360
5.3.3	Tratamiento de gases	363
5.3.4	Operación en época de lluvia	366
5.4	<b>Análisis del diseño original vrs situación actual del relleno sanitario ASINORLU</b>	369
5.4.1	Ingreso de desechos sólidos	369
5.4.2	Vida Útil	372
5.4.3	Tratamiento de lixiviados	375
5.4.4	Tratamiento de gases	378
5.4.5	Operación en época de lluvia	381



## **CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Conclusiones	384
Recomendaciones	387
ANEXOS	389
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	441



## **ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS**

		<b>PAGINA</b>
Fotografía 2.1	Fotografía: 2.1 Área. Al menos unas 32 toneladas métricas diarias de desechos sólidos recibirá el nuevo relleno sanitario de La Unión.	47
Fotografía 2.2	Pobladores pidiendo el cierre del relleno sanitario ASIGOLFO	47
Fotografía 2.3	Inauguración de obras complementarias de SOCINUS	57
Fotografía 2.4	Relleno sanitario ASINORLU	60
Fotografía 2.5	Relleno sanitario de San Miguel	64
Fotografía 2.6	Construcción del relleno sanitario de Usulután	106
Fotografía 2.7	Trinchera con drenaje y chimenea para biogas	121
Fotografía 3.1	Área original habilitada que muestra el esquema de avance futuro	134
Fotografía 4.1	Calle interna del relleno sanitario SOCINUS SEM	278
Fotografía 4.2	Bascula con la cuenta el relleno sanitario SOCINUS SEM	279
Fotografía 4.3	Cálculo de la tara del camión	280
Fotografía 4.4	Caseta de control SOCINUS SEM	281
Fotografía 4.5	Cerca perimetral de SOCINUS SEM	282
Fotografía 4.6	Maquinaria D5N propiedad de SOCINUS SEM	283
Fotografía 4.7	Pilas de lixiviados de SOCINUS SEM	289
Fotografía 4.8	Detalle de bajado de lixiviados de terraza a terraza	290
Fotografía 4.9	Chimenea para biogás en SOCINUS SEM	291
Fotografía 4.10	Camión cisterna de SOCINUS SEM	292
Fotografía 4.11	Calle interna del relleno sanitario ASINORLU	295



Fotografía 4.12	Bascula tipo puente de ASINORLU	296
Fotografía 4.13	Caseta de control ASINORLU	297
Fotografía 4.14	Mampara ubicada al costado ESTE del relleno sanitario de ASINORLU	298
Fotografía 4.15	Canaletas para drenar las aguas lluvias en ASINORLU	299
Fotografía 4.16	Canaletas para drenar las aguas lluvias en ASINORLU	300
Fotografía 4.17	Tractor con cadena usado en ASINORLU	300
Fotografía 4.18	Retroexcavadora usada en ASINORLU	301
Fotografía 4.19	Camión de volteo propiedad de ASINORLU	302
Fotografía 4.20	Laguna de lixiviados de ASINORLU	305
Fotografía 4.21	Vista de chimenea finalizada	306
Fotografía 4.22	Sistema para recirculación de lixiviados	307
Fotografía 4.23	Manifestantes bloqueando entrada a relleno sanitario ASIGOLFO	309
Fotografía 4.24	Calle interna del relleno sanitario ASIGOLFO	310
Fotografía 4.25	Entrada al relleno sanitario ASIGOLFO	311
Fotografía 4.26	Señalización dentro del relleno sanitario ASIGOLFO	312
Fotografía 4.27	Desechos a la intemperie en el relleno sanitario ASIGOLFO	313
Fotografía 4.28	Desechos a la intemperie en el relleno sanitario ASIGOLFO	314
Fotografía 4.29	Pilas de lixiviados en época de invierno de ASIGOLFO	315
Fotografía 4.30	Pilas de lixiviados en época de invierno de ASIGOLFO	315
Fotografía 4.31	Chimenea de biogás en ASIGOLFO	316
Fotografía 4.32	Situación actual del relleno sanitario ASIGOLFO	317
Fotografía 4.33	Situación actual del relleno sanitario ASIGOLFO	317



Fotografía 4.34	Calle de acceso interna del relleno sanitario San Miguel	320
Fotografía 4.35	Bascula tipo puente del relleno sanitario de San Miguel	321
Fotografía 4.36	Caseta de control de San Miguel	322
Fotografía 4.37	Cerca perimetral del relleno sanitario de San Miguel	323
Fotografía 4.38	Tractor de cadena D6TL XL usado en San Miguel	324
Fotografía 4.39	Laguna de lixiviados del relleno sanitario de San Miguel	328
Fotografía 4.40	Vista de chimenea al inicio de una celda	329
Fotografía 4.41	Bomba para la recirculación de lixiviados usada en el relleno sanitario de San Miguel	330
Fotografía 4.42	Auxiliar laborando en la recirculación de lixiviados	331
Fotografía 4.43	Canaleta perimetral de la laguna de lixiviados	331
Fotografía 5.1	Lagunas de lixiviados de SOCINUS SEM	340
Fotografía 5.2	Detalle de bajado de lixiviados de terraza a terraza	340
Fotografía 5.3	Chimenea de biogás en SOCINUS SEM	343
Fotografía 5.4	Lagunas de lixiviados de ASINORLU	351
Fotografía 5.5	Vista de chimenea finalizada en ASINORLU	354
Fotografía 5.6	Sistema de recirculación de lixiviados en ASINORLU	357
Fotografía 5.7	Desechos a la intemperie en el relleno sanitario ASIGOLFO	359
Fotografía 5.8	Desechos a la intemperie en el relleno sanitario ASIGOLFO	359
Fotografía 5.9	Pilas de lixiviados en época de invierno de ASIGOLFO	362
Fotografía 5.10	Pilas de lixiviados en época de invierno de ASIGOLFO	362
Fotografía 5.11	Chimenea de biogás en ASIGOLFO	365
Fotografía 5.12	Situación actual del relleno sanitario ASIGOLFO	368
Fotografía 5.13	Situación actual del relleno sanitario ASIGOLFO	368



Fotografía 5.14	Lagunas de lixiviados de San Miguel	377
Fotografía 5.15	Vista de chimenea al inicio de una celda	380
Fotografía 5.16	Auxiliar laborando en la recirculación de lixiviados	382



## **ÍNDICE DE CUADROS**

		<b>PAGINA</b>
Cuadro 1.1	Producción estimada de desechos sólidos generados en el área urbana por departamento	30
Cuadro 1.2	Número de botaderos por departamentos y su ubicación en la zona oriental	31
Cuadro 1.3	Cantidad de municipios por departamentos de la zona oriental según Censo 2007	38
Cuadro 1.4	Población aproximada por departamentos de la zona oriental según Censo 2007	39
Cuadro 2.1	Normas de Centro América	80
Cuadro 2.2	Clasificación de la disposición final	81
Cuadro 2.3	Criterios para la localización de sitios para relleno sanitario	104
Cuadro 2.4	Rendimientos en rellenos manuales	118
Cuadro 2.5	Selección de equipo basado en población y tonelaje diario	118
Cuadro 2.6	Área superior, área de frente y área superficial total para varias profundidades y anchos de celdas diarias	125
Cuadro 2.7	Horas requeridas de varias excavadoras y retroexcavadoras para excavar trincheras mensuales	127
Cuadro 3.1	Resumen de capacidad del relleno sanitario de San Miguel	263
Cuadro 3.2	Altura proyectada de desechos sólidos para aumentar la vida útil	264





## **ÍNDICE DE FIGURAS**

		<b>PAGINA</b>
Figura 2.1	Vista del relleno sanitario ASIGOLFO	46
Figura 2.2	Gestión integral de los desechos sólidos	87
Figura 2.3	Recipientes para la separación y almacenamiento de los desechos sólidos domésticos	88
Figura 2.4	Procesamiento manual de la materia orgánica en pilas para la producción de compostaje	95
Figura 3.1	Zonificación del proyecto SOCINUS SEM	130
Figura 3.2	Trazo de la calle perimetral que facilitará el acceso y el drenaje del área de trabajo en SOCINUS SEM	132
Figura 3.3	Dimensiones de la celda diaria de SOCINUS SEM	140
Figura 3.4	Bajado especial de lixiviados de terraza a terraza	157
Figura 3.5	Detalle de chimenea en SOCINUS SEM	164
Figura 3.6	Sistema semi-aeróbico	170
Figura 3.7	Zonificación del uso del suelo en el sitio del relleno ASINORLU	172
Figura 3.8	Forma de celda diaria en ASINORLU	179
Figura 3.9	Método de celda de ASINORLU	181
Figura 3.10	Esparcimiento y compactación de desechos en ASINORLU	187
Figura 3.11	Laguna de lixiviados de ASINORLU	189
Figura 3.12	Detalle de perforación de ranuras en colector de 15”	191
Figura 3.13	Sistema de recolección de lixiviados de ASINORLU	192
Figura 3.14	Detalle de chimenea en ASINORLU	195
Figura 3.15	Zonificación del uso del suelo en el sitio del relleno ASIGOLFO	201
Figura 3.16	Trazo de calle que facilitará el acceso y el drenaje del área de trabajo en ASIGOLFO	203



Figura 3.17	Planta general de conjunto del relleno sanitario ASIGOLFO	205
Figura 3.18	Perspectiva de conformación de las terrazas en ASIGOLFO	206
Figura 3.19	Diseño de drenaje de lixiviados de San Miguel	269
Figura 3.20	Detalle de chimenea en San Miguel	272
Figura 5.1	Detalle especial de bajada de lixiviados en SOCINUS SEM	338
Figura 5.2	Detalle de chimenea en SOCINUS SEM	342
Figura 5.3	Detalle de chimenea en ASINORLU	353
Figura 5.4	Diseño del drenaje de lixiviados de San Miguel	376
Figura 5.5	Detalle de chimenea en relleno de San Miguel	379



## INTRODUCCIÓN

Una de las preocupaciones más sentidas por la población salvadoreña y para la cual reclama y exige atención y soluciones urgentes, es la del deterioro acelerado del medio ambiente y, dentro de este espectro, la más crítica es la recolección y disposición de los desechos sólidos.

De acuerdo al Decreto Legislativo N° 237, aprobado el ocho de febrero de 2007 y publicado en el Diario Oficial con fecha 09 de marzo de 2007 se aprobó una prórroga de seis meses para que las municipalidades presentaran el Cierre Técnico de los Botaderos a Cielo Abierto, siendo la fecha límite el 09 de septiembre del mismo año.

Luego de que el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales MARN; clausurara todos los botaderos a cielo abierto existentes en los municipios de nuestro país y les impusiera multas a los que siguieran ejecutando este método de disponer los desechos sólidos al aire libre; la mejor opción que tomaron los municipios es la de depositar los desechos sólidos en los lugares conocidos como rellenos sanitarios y estos están avalados por dicho ministerio para realizar el tratamiento adecuado a estos desechos sólidos.



La zona oriental de El Salvador, cuenta con 7 rellenos sanitarios, de los cuales nos enfocaremos solamente en 4 rellenos sanitarios, que son los que tienen la mayor capacidad de disposición final de los desechos sólidos, los cuales están ubicados en: El Carmen, Santa Rosa de Lima en el departamento de La Unión, en Usulután y en San Miguel, los cuales están aprobados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), para dar abasto a un aproximado de 87 municipios que comprenden la zona.

Es por ello, que en la presente investigación se trata de Diagnosticar el funcionamiento, operabilidad y manejo de los rellenos sanitarios de la zona oriental de nuestro país, la cual se desarrollará en cinco capítulos.

En el capítulo II, **Marco Referencial** se estudia individualmente cada relleno sanitario en estudio, lo cual comprenderá primero de un marco histórico, este capítulo se desarrollará estudiando las actividades que los rellenos sanitarios han venido ejecutando después de que han sido aprobados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, tales como las normas que a dichos rellenos sanitarios los rigen para que su funcionamiento sea el más adecuado para proteger el medio ambiente, además de analizar en una forma general los componentes que conforman un relleno sanitario.

En el capítulo III, **Historia de los Rellenos Sanitarios en Estudio**, se estudian los cuatro rellenos sanitarios que comprenden nuestra investigación, en donde se realizará el estudio individualmente para tener un mejor panorama del diseño original de estos, los aspectos que se tomarán en cuenta son: la creación del proyecto, en esta parte



se contendrá una breve descripción del proyecto de los que es la zonificación, accesos y drenajes con los que cuentan los rellenos sanitarios, entre otros.

En el subtema **IMPACTO AMBIENTAL**, se estudia los impactos ambientales que generaran los proyectos de rellenos sanitarios en el sitio de su construcción.

Además, en el diseño del relleno sanitario, se analizará la celda diaria trabajada, vida útil del relleno, ingreso de desechos sólidos, entre otros.

En el capítulo IV, **Situación Actual de los Rellenos Sanitarios en Estudio**, se estudia la situación actual en la que operan los rellenos sanitarios de la zona oriental del país, por medio de las visitas de campo que hemos realizado, se hará un diagnóstico de como están desarrollando y/o trabajando en sus diferentes etapas, como lo son: *el control de ingreso de los desechos sólidos al relleno sanitario, el sistema de drenaje superficial, el tratamiento de los lixiviados, el tratamiento del biogas, entre otras situaciones que por medio de las visitas de campo se han observado.*

En el capítulo V, **Diagnóstico de los Rellenos Sanitarios en Estudio**, se estudian los rellenos sanitarios, comparando su diseño original, con el que actualmente están en funcionamiento, esto nos dará un mejor panorama de cómo están funcionando los rellenos sanitarios en la zona oriental, además de ayudar a analizar la vida útil de cada relleno sanitario, de como esta se ha ido reduciendo o se ha mantenido en base a lo proyectado en el diseño original, también analizaremos el sistema de tratamiento que le dan a los lixiviados que producen los desechos sólidos depositados en el relleno sanitario, como también el sistema de drenaje para el biogas que se produce por los desechos sólidos.

# **CAPITULO I**

# **GENERALIDADES.**

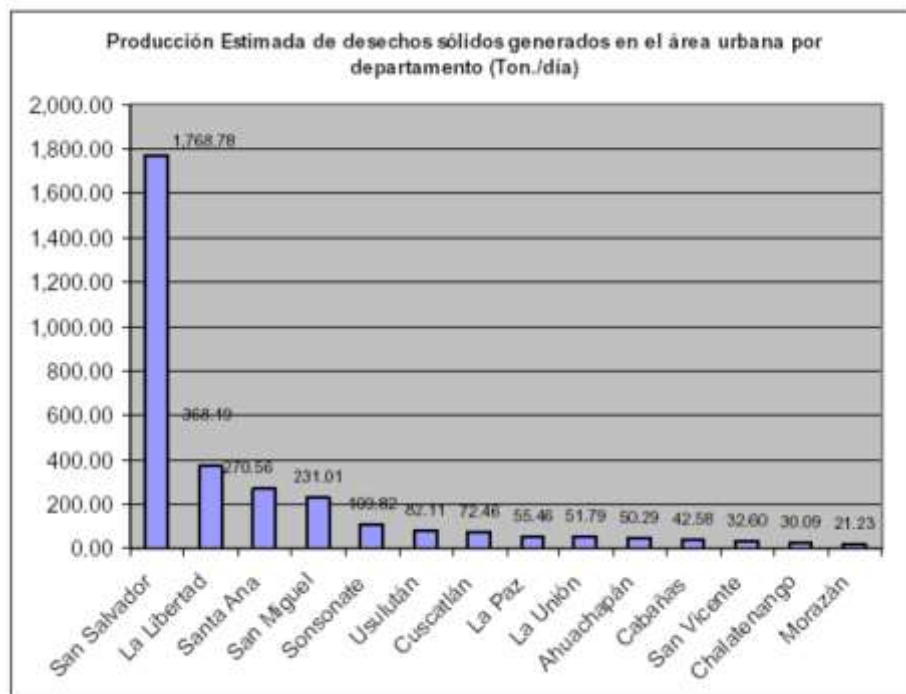


## 1.1 ANTECEDENTES

Como para toda la población es conocido, el mayor problema que enfrenta nuestro país hoy en día es el problema de los desechos sólidos que generamos diariamente y la contaminación que esta representa al Medio Ambiente.

La mayoría de los municipios de nuestro país recolectaban los desechos sólidos y los llevaban a los botaderos a cielo abierto, donde estos generaban un gran foco de contaminación y por que no decirlo hasta fuentes de enfermedades a las personas que vivían cerca de estos botaderos. Se estima que en total la cantidad de desechos sólidos producida en el área urbana de las municipalidades, asciende a la cantidad de 3,186.97 toneladas diarias.

### CUADRO # 1.1



FUENTE: MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES 2007



Enfocando en los botaderos a cielo abierto existentes en la zona oriental de El Salvador, existían un aproximado de 34 botaderos, según lo establecido por el FISDL en las “Carpetas Técnicas para Cierre de Botaderos en la Zona Oriental de El Salvador”, detallando el numero de botaderos por departamentos y su ubicación, tal como se enlistan a continuación:

**CUADRO # 1.2 Número de botaderos por departamentos de la zonaoriental según censo 2007**

Departamento	Código	Municipio	Sub-Total
USULUTÁN	USU-1	Alegría	9
	USU-2	Berlín	
	USU-3	California	
	USU-4	El Triunfo	
	USU-5	Jucuapa	
	USU-6	Mercedes Umaña	
	USU-7	Ozatlán	
	USU-8	Santa Elena	
	USU-9	Santiago de María	
SAN MIGUEL	SAM-1	Sesori	16
	SAM-2	Carolina	
	SAM-3	Chapeltique	
	SAM-4	Chinameca	
	SAM-5	Chirilagua	
	SAM-6	Ciudad Barrios	
	SAM-7	El Tránsito	
	SAM-8	Lolotique	
	SAM-9	Moncagua	
	SAM-10	Nueva Guadalupe	
	SAM-11	San Antonio 1	
	SAM-12	San Antonio 2	
	SAM-13	San Gerardo	
	SAM-14	San Luís de La Reina	
	SAM-15	Nuevo Edén de San Juan	
	SAM-16	San Jorge	
MORAZAN	MOR-1	Guatajagua	5
	MOR-2	Osicala	
	MOR-3	San Simón	
	MOR-4	Gualococti	
	MOR-5	Torola	
LA UNION	UNI-1	La Unión	4
	UNI-2	Intipucá	
	UNI-3	San Alejo	
	UNI-4	Conchagua	

**FUENTE:** FISDL en las “Carpetas Técnicas para Cierre de Botaderos en la Zona Oriental de El Salvador” 2007





La disposición de desechos sólidos a cielo abierto resulta dañina a la población y el medio ambiente desde los puntos de vista de suelos, agua, aire, salud pública y paisajística, el sitio mantiene un ambiente insalubre con un panorama desalentador de la zona.

Los botaderos se encontraban en estado crítico con la basura descubierta, con una nube de humo permanente en época seca y con un constante escurrimiento de lixiviados que contaminan los pozos de agua potable existentes ya que se ubica en la zona de protección del pozo, contaminándolo con lixiviados.

Los efectos nocivos de un botadero son los siguientes:

1. Por su manejo inapropiado puede causar fácilmente un incendio o favorecerlo ya que al no controlarse la producción del gas metano este se almacena y termina incendiándose en época de verano.
2. Producción de malos olores debido a la descomposición al aire libre de los desechos, incrementándose por la práctica de depositar en ellos animales muertos o desperdicios de rastro.
3. Presencia de aves de rapiña o animales domésticos atraídos por el olor de la descomposición de la materia orgánica, la presencia de desperdicios de animales o cuerpos de animales muertos o desperdicios de rastro.



4. Producción de lixiviados producto del paso de agua lluvia sobre la basura descubierta, estos líquidos llegan fácilmente a los cuerpos de agua superficiales y de acuerdo a las condiciones del suelo y la existencia de mantos acuíferos con poca profundidad estos suelen contaminarse.
5. Producción de humo, debido a la quema de desechos que genera problemas respiratorios a las personas que habitan en las cercanías.
6. Dispersión de papeles, plásticos alrededor del botadero y en los accesos al mismo, convirtiendo la zona en un paisaje muy desalentador.
7. Proliferación de moscas, cucarachas y roedores que transmiten enfermedades al ser humano.
8. Lugar de alimentación de animales como perros, cerdos, vacas, contaminándose así animales que conviven con el hombre o son requeridos como alimento.
9. Presencia de personas buscando materiales o alimento entre la basura, siendo la mayoría de ellos niños.
10. Cuando están cerca de carreteras o aeropuertos el humo generado en ellos, causa problemas de visibilidad a los conductores pudiendo ocasionar accidentes.



Generalmente los botaderos a cielo abierto no poseen equipo, recursos técnicos y económicos para el manejo adecuado; hay presencia de animales, fuego, humo, malos olores y gases. Asimismo, no poseen cerca y/o defensa en el sitio, ni obras de drenaje perimetral, entre otros.

Esto fue la causa para que en el mes de septiembre de 2007 se clausuraron todos los botaderos a cielo abierto existentes en cada uno de los municipios de nuestro país por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

En donde todos los municipios sin excepción alguna tienen que darle el tratamiento necesario a los desechos sólidos y la mejor opción es depositarlos en un relleno sanitario.

Desde 2001, según el artículo 107 de la ley de Medio Ambiente, las alcaldías estaban obligadas a presentar el diagnóstico de impacto ambiental, pero la Asamblea les concedió seis prórrogas.

Este plazo obligaría a no ocupar más los botaderos, aunque no implicaría necesariamente la limpieza inmediata de los mismos para regresar los terrenos, según pretende el MARN, a sus “condiciones originales”. De hecho, no hay un plazo establecido para que las alcaldías conviertan en un lugar limpio los terrenos que hasta ese entonces han funcionado como botaderos.



Un documento del MARN sobre prácticas de desechos sólidos en El Salvador, en marzo del año 2007, hizo énfasis en que “se puede recibir hasta 2 mil 500 toneladas por día en conjunto, que representa el 78% de la producción nacional”. Con diez rellenos y otros dos a punto de inaugurarse (en Santa Ana y Tecoluca) en esa fecha, calculaba el MARN, que había capacidad suficiente para atender a los 262 municipios del país. Recibiendo toda esta basura, sin embargo, la vida útil de los rellenos sanitarios se vería reducida en algunos puntos.

Hasta el año 2005, solo 39 de los 262 municipios del país disponían de sus desechos en 9 rellenos sanitarios, que funcionaban por debajo de su capacidad de operación y, por tanto, podían absorber a nuevos municipios.

Tomando en cuenta a las municipalidades, que son las encargadas de darle el tratamiento adecuado a los desechos sólidos que sus municipios generan; el principal argumento de las alcaldías para retardar el cierre de los botaderos a cielo abierto, aun sabiendo ellos que es un importante foco de contaminación para el aire y cuenca de ríos cercanos, ha sido el impacto en las finanzas de las comunas. Esto debido a los costos de traslado de los desechos a otro municipio donde exista un relleno sanitario o de la construcción de uno propio.

Dada esta situación, reconocen tanto MARN como alcaldes e incluso FUSADES-CEDES, podría ser necesaria una revisión de las tasas de recolección y disposición de la basura que cobran las municipalidades a sus ciudadanos.



“Si partimos de que las tasas actuales no reflejan los costos de la disposición final adecuada en un relleno sanitario, de que hay que mejorar las coberturas de recolección, y que los costos de recolección y transporte se incrementarán en los próximos años por la incremento en el precio de los combustibles, será muy difícil para los municipios alcanzar al menos el equilibrio entre gastos y egresos si no modifican las tasas de cobro del servicio”, dice un documento que sirvió de base para el informe de gobernabilidad ambiental hecho por FUSADES-CEDES.



## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Salvador es un país pequeño territorialmente, pero cuenta con una gran cantidad de habitantes; según el Censo realizado en el año 2007, encontró que en El Salvador viven 5,744,113 habitantes, de los cuales todos generamos en nuestra vida diaria desechos sólidos, que es hoy en día una de las problemáticas mas grandes que tenemos como país.

El problema surge principalmente por la falta de un lugar técnicamente adecuado para la disposición final de los desechos recolectados, obligándose a disponerlos en un botadero a cielo abierto, sin ningún tipo de tratamiento. La falta de recursos de la municipalidad y el bajo grado de concientización de la población ha llevado a que los botaderos a cielo abierto sean utilizados con ningún tipo de restricción, sin importar que no sean lugares autorizados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales y peor aún sin considerar los impactos negativos generados al medio ambiente.

Desde hace tiempo, la población de todo el país ha tenido problema por no tener un sistema de control para los desechos sólidos, ya que anteriormente no se le daba el tratamiento adecuado a dichos desechos sólidos por eso el Ministerio de Medio Ambiente de Recursos Naturales (MARN), tomo la medida de cerrar todos los botaderos de basura a cielo abierto y aprobar depositar los desechos sólidos solo en rellenos sanitarios aprobados por este Ministerio.



Nuestra investigación se basa en diagnosticar el funcionamiento, el tiempo de vida útil, como operan y el manejo de los rellenos sanitarios aprobados por el Ministerio de Medio Ambiente en la zona oriental de nuestro país; con el fin de conocer si la capacidad de estos, es la necesaria para los desechos sólidos que produce la zona oriental ya que en dicha zona se cuenta con cuatro rellenos sanitarios aprobados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

Como nuestra investigación se realizara en la Zona Oriental de nuestro país, es de vital importancia conocer la cantidad de municipios y la población aproximada que poseen cada uno de los departamentos de la zona oriental de El Salvador, que se detalla en las siguientes tablas:

**CUADRO # 1.3 Cantidad de municipios por departamento de la zona oriental según Censo 2007**

<b>Departamento</b>	<b>Cantidad de Municipios</b>
Usulután	23
San Miguel	20
Morazán	26
La Unión	18
<b>TOTAL</b>	<b>87</b>

**FUENTE: CENSO NACIONAL 2007**



**CUADRO # 1.4 Poblacion aproximada por departamentos de la zona oriental según Censo 2007.**

<b>Departamento</b>	<b>Población Aproximada</b>
Usulután	464, 883
San Miguel	546, 022
Morazán	181, 285
La Unión	372, 271
<b>TOTAL</b>	<b>1 564, 461</b>

**FUENTE: CENSO NACIONAL 2007**





### 1.3 JUSTIFICACIÓN

El tema diagnóstico del funcionamiento operabilidad y manejo de los rellenos sanitarios aprobado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en la zona oriental de El Salvador, se analizará por las siguientes justificaciones:

- El tema de disposición final de los desechos sólidos es una problemática que esta enfrentando el país actualmente, en donde por medio de la investigación se estaría conociendo a fondo los tratamientos que estos desechos reciben para evitar la contaminación ambiental.
- Por medio del trabajo de investigación en la cual se realizará un diagnóstico de los rellenos sanitarios en la zona oriental se obtendrán soluciones para que estos mejoren en todo lo relacionado a su funcionamiento y operabilidad.
- Con la investigación se obtendrá la vida útil de los rellenos sanitarios en estudio, la cual nos servirá como parámetro para proyectar la cantidad real de desechos sólidos que ingresarán en estos.
- Se tendrá una opinión técnica de las problemáticas que presentan los rellenos sanitarios al darle un mal manejo a los desechos sólidos.



## 1.4 OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL:

- ✚ Elaborar un diagnóstico de los rellenos sanitarios aprobados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) en la zona oriental.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- ✚ Verificar el tratamiento de los desechos sólidos y lixiviados que manejan los rellenos sanitarios de la zona oriental.
- ✚ Conocer la vida útil real de los rellenos sanitarios en estudio.
- ✚ Comprobar el cumplimiento de leyes ambientales de los rellenos sanitarios aprobados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) en la zona oriental.



## 1.5 ALCANCES

- ✚ Por medio de la investigación se diagnosticará el funcionamiento, vida útil, operación y manejo de los rellenos sanitarios de la zona oriental de El Salvador.
  
- ✚ Se analizará el estudio de impacto ambiental que presentaron los titulares de los rellenos sanitarios al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)
  
- ✚ Dar recomendaciones para que el funcionamiento de los rellenos sanitarios sea más eficiente para minimizar el efecto negativo al medio ambiente.
  
- ✚ Conocer las medidas que tomarán después de que la vida útil del relleno sanitario finalice.



## 1.6 LIMITACIONES

Entre algunas limitaciones que se esperan encontrar en la investigación, podemos mencionar:

- ✚ El monitoreo constante de los rellenos sanitarios en estudio.
  
- ✚ La clausura del relleno sanitario ASIGOLFO.
  
- ✚ No se verificará el volumen de desechos sólidos que fueron depositados en las celdas diarias que ya se han finalizado.
  
- ✚ No tener acceso a las pruebas que los titulares de los rellenos sanitarios realizan para el control de los lixiviados entre otras.
  
- ✚ El hermetismo que pudiese existir por parte de los encargados de los rellenos sanitarios en estudio, para poder realizar la investigación más profundamente.

**CAPITULO II**  
**MARCO REFERENCIAL.**



## 2.1 MARCO HISTORICO

El tema de relleno sanitario se comenzó a estudiar, desde que se le tomo la importancia que tiene el tema del medio ambiente referente a la producción de los desechos sólidos que se generan diariamente en todo el país y de cómo este tiene un efecto degenerativo acelerado en el medio ambiente, es por ello que se implemento la ley de depositar los desechos sólidos solo en los rellenos sanitarios autorizados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). Esto tuvo origen a partir de lunes 4 de mayo de 1998 que se publicó el decreto No. 233 que contempla la Ley de Medio Ambiente, que menciona en el artículo 52 que todos los gobiernos municipales, Ministerios de Salud Publica y Asistencia Social y otras organizaciones, promoverá el reglamento y programas de reducción en la fuente, reciclaje reutilización y adecuada disposición final de los desechos sólidos.



## **2.2 RELLENO SANITARIO ASIGOLFO EN EL DEPARTAMENTO DE LA UNIÓN.**

En la publicación de El Diario de Hoy del día 4 de febrero 2006, hace referencia el 30 de julio de 2004, la asociación ASIGOLFO entregó al MARN el estudio de impacto ambiental y dos años después, el permiso ambiental le fue otorgado con fecha 26 de septiembre del año 2006.

El MARN otorgó el permiso luego de evaluar el estudio de impacto ambiental que le entregó la asociación ASIGOLFO, para ejecutar el proyecto, el cual consiste en la construcción de un relleno sanitario como parte de un plan de manejo integral que brindará servicio de disposición final para los municipios de la asociación ASIGOLFO, La Unión, Chirilagua, Conchagua, Intipucá, Meanguera del Golfo, Pasaquina, El Carmen, Yayantique, San José La Fuente, Yucuaiquin y San Alejo. El área del relleno está ubicada en la parte alta de la cuenca conocida como Manguara o Bananera en la región Sirama que drena hacia el Golfo de Fonseca, en el cantón Tihuilotal, municipio del departamento de La Unión.

**Figura: 2.1 Vista del relleno sanitario**



Fuente: Publicación 4 de febrero 2006, El Diario de Hoy.

En la Publicación de El Diario de Hoy del día 26 de mayo de 2006, mencionaba que Los municipios que depositaran sus desechos al relleno sanitario, generan de dos a 15 toneladas de basura diarias.

El nuevo relleno sanitario ubicado en el cantón Tihuilotal, de La Unión se inauguró 25 de mayo de 2006. La inversión realizada asciende a 700 mil dólares. El financiamiento provino de la Cooperación Española, las alcaldías involucradas y el Estado. Se calcula que beneficiaría a unas 49 mil personas.



Fotografía: 2.1 Área. Al menos unas 32 toneladas métricas diarias de desechos sólidos recibirá el nuevo relleno sanitario de La Unión.



Fuente: Publicación 26 de mayo de 2006, El Diario de Hoy

En la Publicación de El Diario El Mundo del día 24 de junio de 2008, Medio Ambiente dió 60 días a los administradores del relleno sanitario, para que corrigieran deficiencias, antes de ser sancionados. Las observaciones que el ministerio hizo referente al relleno sanitario, que revisen los drenajes y las pilas de lixiviados. Caso contrario, se exponían a la aplicación de sanciones que pueden ir desde multas hasta el posible cierre.

Fotografía 2.2 Pobladores de las comunidades aledañas al relleno sanitario.



Fuente: Publicación el jueves 24 de julio de 2008 por el Diario El Mundo



Un informe de los diputados de la comisión especial que investiga los rellenos sanitarios, mencionaba que del relleno sanitario ASIGOLFO (Asociación Intermunicipal del Golfo de Fonseca) se desprenden malos olores, cuestionan la falta de drenajes adecuados y falta de control de animales domésticos, roedores y aves de rapiña.

El 23 de julio de 2008 Un grupo de personas protestó en los alrededores del relleno sanitario ASIGOLFO, pidiendo el cierre de este proyecto en el que depositan los desechos sólidos de los 19 municipios de la zona oriental del país. Lo que se exigió es que las autoridades sanitarias determinaran que este relleno sanitario sea cerrado, porque estaba contaminando las comunidades. El manejo de los desechos sólidos no era el adecuado, mencionaba el líder comunal Aurelio Ventura.

El gerente del proyecto, Ricardo Jiménez, dijo en su momento que han sido advertidos de las fallas, por parte del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y dijo que están trabajando en corregir las deficiencias y esto tiene que ver con el mejoramiento de captación de lixiviados, impermeabilización de suelo y la construcción de canaletas para mejorar las escorrentías internas.



### **Domingo 16 de noviembre de 2008.**

Fuente: Publicación por La Prensa Grafica domingo 16 de noviembre de 2008.

En esta publicación, El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) aún no consideraba que existiera un grave peligro de contaminación en el relleno sanitario de la Asociación Intermunicipal del Golfo de Fonseca (ASIGOLFO), en el cantón Tihuilotal, que ha permanecido fuera de funcionamiento desde julio 2008.

La inactividad no generaba ningún problema. No hay actividad, no hay desechos, no hay contaminación, no hay nada. Aunque tampoco es conveniente dejarlo así por 20 años. Hubo la sanción (el plazo de 60 días de julio a septiembre para corregir deficiencias) por el impacto ambiental que estaba generando a causa del inicio del invierno. Pero si ya no hay operación, no hay lixiviados, no hay contaminación. Hay que acordarse de que ahora estamos en verano, Menciona el ministro Carlos Guerrero.

Miguel Ahues Karra quien funge como director del Sistema Básico de Salud Integral (SIBASI) de La Unión y es quien ha estado a cargo del monitoreo y la vigilancia sanitaria en los caseríos alrededor del relleno sanitario, mencionaba de los estudios que se han hecho en el agua de los pozos cercanos en los últimos meses y también de epidemiología de 2005 a 2008 en los pobladores vecinos al depósito; Según los exámenes de agua subterránea, aún no hay indicios de contaminación. El mayor problema que ha causado el relleno sanitario está en las aguas superficiales de una quebrada adjunta.



Hemos visto aves de rapiña. Hemos visto algunas personas pepenadoras que han entrado. Hemos visto animales. Hemos estado pendientes de la contaminación en las quebradas.

El doctor asegura que ello ha obligado a la cartera de Salud a intensificar las campañas médicas de vacunación de animales y personas y el constante monitoreo.

Toda la prevención en la que trabaja Salud es una derivación del riesgo, que corren tanto el medio ambiente como las personas mientras los desechos sólidos depositados en el relleno sanitario y la consecuente presencia de lixiviados, que sí continúan produciéndose, no reciben ningún tratamiento.

La aseveración del ministro Guerrero acerca de que el relleno de ASIGOLFO, ahora que se encuentra inactivo no significa ningún peligro de contaminación, no es compartida por el Centro Salvadoreño de Tecnología Apropiaada (CESTA) Amigos de la Tierra.

José Acosta, coordinador de redes y campañas, y Ricardo Navarro, director de la institución, en reiteradas ocasiones han informado sobre la contaminación ambiental que desde el año 2007 estaba generando el relleno sanitario de La Unión, y hoy son de la idea de que los desechos que se encuentran en el depósito, que llevaba cuatro meses sin recibir tratamiento, se estaba convirtiendo poco a poco en un foco de contaminación que no solo afectaría su alrededor, sino también los afluentes naturales que pasan junto al relleno sanitario.



## **Lunes 18 de noviembre de 2008.**

Fuente: Publicación por La Prensa Grafica lunes 18 de noviembre de 2008.

De acuerdo a esta publicación, en el año 2007 se clausuraron los botaderos a cielo abierto y se originó una nueva época, la de los rellenos sanitarios. Las ideas de ser amigables con el medio ambiente y de erradicar la contaminación que se producía al dejar desechos sólidos a orillas de quebradas o en barrancos estuvieron dentro de las políticas del gobierno central y de las municipalidades.

Ha pasado un año de ese cambio y hay buenos resultados en la mayoría de proyectos de rellenos sanitarios. Menos en uno: el de la Asociación Intermunicipal del Golfo de Fonseca (ASIGOLFO).

El relleno sanitario tiene también un año desde que se le señalaron deficiencias en el área técnica, además de carencias en la infraestructura y que, hasta hoy, no han sido superadas.

El ex - ministro de Medio Ambiente y Recurso Naturales, Carlos Guerrero, en marzo 2008, declaró: Por supuesto que a lo largo de su operación ha habido una serie de inspecciones y hemos hecho notar ciertas deficiencias. Una era que no habían puesto debidamente ciertos drenajes de aguas lluvias, faltaba que colocaran las chimeneas por donde salen los gases de metano del relleno sanitario y faltaba que pusieran una bomba para recircular los lixiviados.



El 31 de octubre de 2007, el MARN hizo varias recomendaciones al vertedero.

Entre ellas estaban aumentar la frecuencia de recirculación de los lixiviados, reparar el daño existente en la pila de lixiviados y mejorar el drenaje de captación de lixiviados, porque, en ningún momento, deben de incorporarse en las canaletas de aguas lluvias.

Además, se sugirió mejorar las calles de acceso interno y externo, para que sean transitables en invierno y en verano; también, depositar material de balasto sobre las calles internas y externas al relleno sanitario, construir drenajes para canalizar la escorrentía superficial y evitar charcos en las calles, pero poco hizo la administración de ASIGOLFO por atender estas sugerencias. Y un recorrido por el lugar es suficiente para corroborarlo. El relleno sanitario estaba dentro de una mala operación para el tratamiento de los desechos sólidos desde el año 2007, pues se comprobó que recibía más desechos sólidos de lo que estaba diseñado para recibir. Un promedio de capacidad inicial de entre 30 y 40 toneladas métricas diarias se disparó a 190 toneladas métricas. Es decir, 475% de aumento de su máxima capacidad de cobertura.

La situación como consecuencia se volvió caótica, apuntó Rosario Cruz de Umaña, representante de Ambientec, empresa que diseñó el relleno sanitario.

Es lógico que el relleno de ASIGOLFO fuera a colapsar si no estaba diseñado para recibir tantos desechos. Eso es claramente un mal manejo de los técnicos. Y por otro lado, se sumó el hecho de que aún faltaban muchas cosas por completarse dentro del relleno sanitario, como todo lo concerniente a los lixiviados. Ambientec diseño los



planos para los rellenos de ASINORLU, en Santa Rosa de Lima, La Unión, y el de Usulután, entre otros más, y ninguno ha tenido problemas tan serios como los de ASIGOLFO, comenta de Umaña.

En julio 2008, el MARN impuso el plazo para ASIGOLFO. Para ellos es o todo o nada, dijo el ex ministro Guerrero, en declaraciones el 25 de julio de 2008, para simplificar la situación de las alcaldías. En otras palabras, si los 13 alcaldes orientales no reparaban en su totalidad las deficiencias del relleno sanitario en 60 días, Medio Ambiente procedería a clausurarlo.

#### OPINION DE LA POBLACION ALEDAÑA:

El 31 de julio, cerca de tres semanas después del inicio del plazo, los pobladores de los caseríos cercanos cercaron el camino de acceso al relleno sanitario, como protesta aseguran ellos ante la contaminación y los inconvenientes en su vida diaria que había generado el mal funcionamiento del relleno sanitario, como los problemas estomacales y dolores de cabeza causados por los malos olores.

No nos consultaron antes de construir esto, como dicta la ley. Primer error. Después, nos engañaron los alcaldes al decirnos que se iba a hacer un parque acuático en el lugar. Luego, construyeron sin permiso ambiental. Lo consiguieron hasta meses después.

Cuando se salió de control el relleno sanitario, no podíamos ni comer, ni de día ni de noche, por la pestilencia. Vinieron los alcaldes y lo comprobaron. Vinieron Salud,



Medio Ambiente, los diputados y la Procuraduría de Derechos Humanos. Lean sus informes, en ninguno ocultan que la situación estaba fuera de control. Nos hicieron un gran daño, por eso no nos moveremos de aquí hasta que el MARN cierre esto, dice Aurelio Ventura, líder de los pobladores que llevaba tres meses y medio con el acceso al relleno sanitario bloqueado.

El MARN, ante este nuevo escenario, ha optado por permanecer al margen y dejar en manos de ASIGOLFO la solución al problema. Pero eso le ha valido una lluvia de críticas por negligencia.





## **2.3 RELLENO SANITARIO DE USULUTAN.**

Según una publicación, el día 8 de marzo de 2007, El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, MARN, ejecutó a través del Fondo Social para el Desarrollo Local (FISDL), la construcción de las obras complementarias del Relleno Sanitario de Usulután.

El Relleno Sanitario fue construido en el año 2002 con el apoyo de fondos de AID, en un terreno de 60 manzanas ubicado en el Cantón Palo Galán del Municipio y departamento de Usulután. Los municipios socios son Usulután, Puerto El Triunfo, Ereguayquín y Concepción Batres, quienes conformaron la Sociedad Intermunicipal SOCINUS-SEM, para administrar el relleno sanitario. Los beneficiarios directos del proyecto son los 118,022 habitantes urbanos del departamento, sin embargo todos los pobladores del departamento son beneficiarios indirectos de esta obra.

La inversión de AID representó un aproximado de \$700,000.00 y el aporte de las municipalidades respondió a los \$100,000.00 más la inversión realizada con fondos del Programa de Descontaminación de Áreas Críticas del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales por un monto de \$814,000.57 siendo la inversión total de aproximadamente \$1,600.000.00.

La obra fue diseñada para minimizar los impactos negativos generados por la disposición inadecuada de los desechos sólidos, que hasta la fecha de la construcción de esta obra, eran dispuestos en botaderos a cielo abierto, esta inversión no es una obra



aislada, se cerró de igual manera los antiguos botaderos a cielo abierto utilizados por los municipios socios: Usulután, Ereguayquin y Concepción Batres.

La inadecuada disposición final de los desechos se ve reflejada en la contaminación de los recursos suelo, agua y aire, por ende tienen un impacto directo en la calidad de vida de la población.

Los desechos sólidos a nivel nacional son la cuarta fuente de emisiones de contaminantes al aire, de acuerdo al Inventario de fuentes contaminantes a la atmósfera, realizado el año 2006.

Las obras complementarias del relleno, fueron diseñadas con el propósito de mejorar la operación y que ampliar capacidad para recibir los desechos sólidos generados en el departamento de Usulután y consisten básicamente en la construcción de 2 terrazas para la disposición de los desechos (Terraza Puerto El Triunfo y Usulután), sistema de tratamiento de lixiviados, pozos de abastecimiento y de monitoreo de calidad de agua, mejoramiento de las vías de acceso (internas y externas), drenajes de aguas lluvias, instalaciones complementarias.

## DATOS IMPORTANTES

- Costo total del proyecto: \$813, 961.57
- El FISDL fué el ejecutor de la obra con fondos del Ministerio de Medio Ambiente.
- Municipios beneficiados directamente: Usulután, Puerto El Triunfo, Ereguayquín y Concepción Batres

El FISDL fué el ejecutor de las obras, como parte del Programa de Descontaminación de Áreas Críticas, del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en su segundo componente: segundo componente de este programa, llamado “Apoyo a la Gestión Integrada de Desechos Sólidos Municipales”.

Fotografía: 2.3 Inauguración de obras complementarias del relleno sanitario



Fuente: <http://www.fisdل.gov.sv/content/view/1416/164/>



Las obras complementarias realizadas fueron:

1. Construcción de calle de acceso, conformación y nivelación de pendiente de terreno (se cubrió con mezcla asfáltica)
2. Construcción de calle perimetral.
3. 3 lagunas de lixiviados de 150 m<sup>3</sup> cúbicos
4. Perforación de dos pozos: uno de servicio y otro de monitoreo.
5. Construcción de nuevas terrazas 95 y 100
6. Oficinas administrativas
7. Salón de Usos múltiples
8. Chimeneas y terrazas con todo lo que esto implica esto, tuberías, drenajes etc.

En estos trabajos se invirtieron \$813, 961.57 y fueron ejecutados porque se necesitaba adecuar el relleno de tal manera que su funcionamiento fuera mejor de como se había estado desarrollando, ya que el nuevo diseño contempla una proyección del crecimiento de la población y, por lo tanto, de los desechos sólidos. Por eso, las obras constituyeron una transformación del relleno sanitario.



Los municipios directamente beneficiados son Usulután, Puerto El Triunfo, Ereguayquín y Concepción Bártres, quienes conformaron la Sociedad Intermunicipal SOCINUS-SEM, que es la empresa que administra el relleno sanitario. Sin embargo, en general, los 23 municipios de Usulután más 6 de San Miguel serían los beneficiados más cercanos. A la fecha además de los municipios socios, se le da tratamiento a los desechos sólidos de los municipios de Jucuarán, Jiquilisco, Santa María, Zacatecoluca, y San Buenaventura.

## **2.4 RELLENO SANITARIO DE SANTA ROSA DE LIMA EN EL DEPARTAMENTO DE LA UNIÓN.**

Fotografía 2.4 Relleno sanitario ASINORLU.



Fuente: [http://www.isdem.gob.sv/nueva/index.php?option=com\\_content&task=view&id=15&Itemid=79](http://www.isdem.gob.sv/nueva/index.php?option=com_content&task=view&id=15&Itemid=79)

El primero de julio 2008 fue inaugurada la construcción del Relleno Sanitario de la Asociación Intermunicipal de los Municipios del Norte del Departamento de La Unión, (ASINORLU), en Santa Rosa de Lima, en el que depositarán los desechos sólidos nueve municipios del departamento de La Unión.

La construcción del relleno es parte del proyecto denominado Manejo Integral del Desechos Sólidos para Municipios de El Salvador (PROMADES) que se ejecuta en el país desde el 2005 con el apoyo financiero del gobierno de Japón.



El nuevo relleno cuenta con un novedoso sistema “Semi-Aeróbico”, para la descomposición, lo que acelera este proceso y ayuda al mejoramiento de la calidad de los lixiviados. Además cuenta con una laguna de Lixiviados, calle interna, oficina administrativa, área de relleno y compostaje.

Se estima que este relleno reciba **20 toneladas diarias** de desechos procedentes de los nueve municipios.

Paralelo a su construcción se ha promovido un plan de educación ambiental y sensibilización a la población beneficiada; esta circunstancia permitirá que las instituciones participantes desarrollen su capacidad ambiental en Manejo Integral de los Desechos Sólido.

Con la construcción de este relleno sanitario, se mejorará la calidad de vida de los unionenses, ya que los desechos recibirán un tratamiento adecuado y en armonía con el medio ambiente.

### **Generalidades del Proyecto**

El Proyecto Manejo Integral de Desechos Sólidos para Municipios de El Salvador PROMADES, se enfoca a los desechos sólidos del área urbana de los 9 municipios que forman ASINORLU: Santa Rosa de Lima, Anamorós, Lislique, Nueva Esparta, Polorós, El Sauce, Concepción de Oriente, Bolívar y San José, ubicados en el



norte del Departamento de La Unión, con una población total aproximada de **114,000 habitantes**, de los cuales aproximadamente 26,000 habitantes corresponden al área urbana.

El principal objetivo del proyecto PROMADES es lograr el fortalecimiento de la capacidad técnica del personal de las instituciones contrapartes, (ISDEM- MARN MSPAS) así como de los técnicos de las municipalidades integrantes de la Micro-región con la finalidad de impulsar replicas de lo aprendido y ponerlo en práctica en otras municipalidades.

En este contexto, el tema ambiental es un tema prioritario, y específicamente para las autoridades municipales, el manejo de los desechos sólidos es uno de los problemas urgentes por resolver con el fin de propiciar la restauración del ya deteriorado medio ambiente.

Por lo antes mencionado ha llevado a cooperantes nacionales e internacionales, instituciones y municipalidades a unir esfuerzo en esta temática para buscar respuesta a diversos problemas. Es así como la Agencia Internacional de Cooperación del Japón (JICA) ha dispuesto a apoyar técnica y financieramente la ejecución del proyecto encaminado a disminuir la problemática de los desechos sólidos, utilizando estratégicamente la coordinación interinstitucional de entidades del Gobierno Central como el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social y el ISDEM, así como los gobiernos locales como es el caso





de la Asociación Intermunicipal de Municipios del Norte del Departamento de La Unión ASINORLU, quienes fueron seleccionados para la implementación del Proyecto Piloto, ubicado en Santa Rosa de Lima.

A partir de mayo 2007, se han realizado actividades relevantes como son la conclusión y operación exitosa del sitio reconvertido en Santa Rosa de Lima (Fase I) en donde los 9 municipios de ASINORLU depositan sus desechos ; se han implementados los proyectos modelo como son **3R`s** en 3 centros escolares de Santa Rosa de Lima y uno de El Sauce, se ha contratado a una ONG llamada **ASAPROSAR** para que incorpore a las 9 familias que se dedican al proceso de pepenar desechos en el sitio para que busquen otra fuente de trabajo alternativa y mejores u autoestima a fin de que cuando el Relleno Sanitario (fase II) inicie funciones en mayo 2008 ya no realicen ese trabajo pues no será permitido su ingreso. Se ha concluido la construcción del nuevo Relleno Sanitario (fase II) que inicia su funcionamiento ahora en julio 2008.

Se han realizado muchos estudios complementarios como es el diagnóstico de los rellenos sanitarios a nivel nacional identificando problemas importantes que nos han aportado insumos para la elaboración de los Lineamientos de MIDS y la Estrategia de Promoción, documentos que serán elaborados en el tercer año fiscal japonés (abril 2008-abril 2009), considerando estos aportes importantes para el Ministerio de Medio Ambiente, en la emisión de políticas y estrategias futuras en la temática MIDS.

## 2.5 RELLENO SANITARIO DE SAN MIGUEL.

Fotografía: 2.5 Relleno sanitario.



Fuente: [http://www.elsalvador.com/mwedh/nota/nota\\_completa.asp?idCat=6375&idArt=2822442](http://www.elsalvador.com/mwedh/nota/nota_completa.asp?idCat=6375&idArt=2822442)

De acuerdo a la publicación del lunes 15 de septiembre de 2008, hace mención a que el relleno sanitario de San Miguel, ubicado en caserío Las Casitas, en el límite con el municipio de Uluazapa, se estará terminado a más tardar en marzo de 2009. Por el momento, la primera etapa concluyó en la primera semana de agosto 2008 y, se espera, que la segunda dé inicio a finales de septiembre 2008, Menciona Wilfredo Salgado, alcalde de San Miguel.

Se trata de una obra millonaria, construida en 14 manzanas de terreno y que tendrá un costo total de 3.4 millones de dólares, donde la primera etapa costó un millón 800 mil dólares y, en la segunda, se invertirá un millón 400 mil.



*En la fase uno*, se construyó la celda 1, el estanque de lixiviados y la calle de acceso al relleno sanitario. *La fase dos*, comprenderá un pozo industrial para las aguas negras de los inodoros, los baños, las oficinas, la báscula, una calle nueva que se va a hacer al fondo del terreno, un perímetro de malla ciclón con muro a lado del cementerio que está contiguo y la celda 2 con su pila de lixiviados.

Pero que aún no haya finalizado el proyecto no ha impedido que la única celda construida con su estanque de lixiviados ya esté siendo utilizada para tratar la basura de La Perla de Oriente y también la de otras municipalidades, incluso del departamento de La Unión, que, con el problema del cierre del relleno sanitario de la Asociación Intermunicipal del Golfo de Fonseca (ASIGOLFO), han destinado depositar los desechos en el relleno sanitario migueleño.

El Alcalde de San Miguel, Wilfredo Salgado mencionaba que están depositando los desechos sólidos (desde la primera semana de agosto 2008) las alcaldías de Yucuaquín, Uluazapa, La Unión, Conchagua, Chirilagua e Intipucá y nos ha solicitado si puede venir la de Semsembra o Yamabal.

Por su parte, la comuna migueleña está depositando sus desechos en el relleno desde hacia dos meses, aunque no han podido ahorrar costos, porque según el edil lo que no gasta en combustible para llevar los desechos sólidos a otro relleno sanitario, lo gasta en alquilar la maquinaria que le da tratamiento a los desechos, ya que en ese entonces no habían comprado todavía máquinas propias.



Esto ocasionará, según Salgado, un desembolso de más de un millón de dólares adicionales al valor del relleno, que será destinado a la compra de cuatro camiones de volteo, dos motoniveladoras, un rodó, dos cargadores, una pipa y una grúa. El proyecto que ya está en la fase de licitación.

***HABRÍA TERCERA ETAPA***, Hemos dejado diseñado el terreno para una tercera celda a futuro, que le va a quedar bien fácil a los futuros alcaldes de San Miguel, porque lo podrán hacer con la maquinaria propia de la alcaldía y que no sea mayor la inversión, menciona el alcalde Salgado. Son tres manzanas las destinadas a esta posible tercera celda. Lo único caro que se compraría para quien la haga será la geomembrana.



## 2.6 MARCO NORMATIVO (LEYES)

La ley de medio ambiente se publicó el lunes 4 de mayo de 1998 y la presente ley entra en vigencia 8 días después de dicha publicación.

La ley está comprendida en varios títulos, el título I es el OBJETO DE LA LEY, en este título menciona el porqué de la ley de medio ambiente y hace referencia a la constitución de la república, que se refiere a la protección, conservación y recuperación del medio ambiente; el uso sostenible de los recursos naturales que permitan mejorar la calidad de vida de las presentes y futuras generaciones; así como también, normar la gestión ambiental, pública y privada y la protección ambiental como obligación básica del Estado, los municipios y los habitantes en general; y asegurar la aplicación de los tratados o convenios internacionales celebrados por El Salvador en esta materia. Como también da conceptos y definiciones básicas todo referente al medio ambiente en general.

*El título II es GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTAL*, este título trata básicamente de la conformación del Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente, como los objetivos que tendrá dicha Gestión del Medio Ambiente, como también habla de la participación de la población como también de los derechos que la población tiene.



***El título III INSTRUMENTOS DE LA POLÍTICA DEL MEDIO AMBIENTE***, este título se divide en 5 capítulos, los cuales el primer capítulo se refiere a los instrumentos de la política del medio ambiente, como son;

- a) El Ordenamiento Ambiental dentro de los Planes Nacionales o Regionales de Desarrollo y de Ordenamiento Territorial;
- b) La evaluación Ambiental;
- c) La Información Ambiental;
- d) La Participación de la población;
- e) Los Programas de Incentivos y Desincentivos Ambientales entre otros.

***El capítulo dos, INCORPORACIÓN DE LA DIMENSIÓN AMBIENTAL PLANES DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO DEL TERRITORIO***, este hace mención a los criterios que deben tomarse en cuenta para toda política, plan o programa de Desarrollo y ordenamiento del Territorio de carácter nacional, regional o local.

***El Capítulo III NORMAS AMBIENTALES EN LOS PLANES DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO DEL TERRITORIO***, en este capítulo se mencionan los parámetros base que se toman para los planes de desarrollo y de ordenamiento territorial.



**Capítulo IV SISTEMA DE EVALUACIÓN AMBIENTAL**, en este capítulo se estudian los diferentes instrumentos para la evaluación ambiental los cuales son 7 instrumentos los que se explican uno por uno en dicho capítulo IV.

**Capítulo V INFORMACIÓN AMBIENTAL**, en este capítulo se hace mención que el Ministerio y las instituciones del Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente deberán recopilar, actualizar y publicar la información ambiental que les corresponda manejar, la cual será de libre acceso al público.

**Capítulo VI INCENTIVOS AMBIENTALES Y DESINCENTIVOS ECONÓMICOS**, aquí se menciona que el Ministerio, conjuntamente con el Ministerio de Hacienda, elaboran programas de incentivos y desincentivos ambientales para facilitar la reconversión de procesos y actividades contaminantes, con previa consulta con el Consejo Nacional de Desarrollo Sostenible.

Como también menciona otros factores que contempla como son; apoyo a las actividades productivas ambientales sanas, mecanismo de financiamiento de la gestión ambiental, apoyo a la captación de recursos para la gestión ambiental entre otros.



Ya entrando en lleno a lo que nuestro tema se refiere veremos con más detalle los artículos siguientes que contiene la Ley de Medio Ambiente, el artículo 52 **CONTAMINACION Y DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS SÓLIDOS** del título V, dice lo siguiente: “El Ministerio promoverá, en coordinación con el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Gobiernos Municipales y otras organizaciones de la sociedad y el sector empresarial el reglamento y programas de reducción en la fuente, reciclaje, reutilización y adecuada disposición final de los desechos sólidos”. Para lo anterior se formulará y aprobará un programa nacional para el manejo integral de los desechos sólidos, el cual incorporará los criterios de selección de los sitios para su disposición final.

Este artículo es bien claro, que prohíbe la práctica de la disposición de los desechos sólidos en los botaderos a cielo abierto, ya que estos sitios no cumplen con los requisitos mínimos para la disposición final de los desechos sólidos, que a nivel nacional es bastante común que se de dicha práctica, ya que antes de que se decretara la Ley de Medio Ambiente no había un ente regulador para que supervisara la disposición final de los desechos sólidos, al no contar con un ente encargado de dicha labor, la contaminación que provoca la práctica de depositar los desechos sólidos en botaderos a cielo abierto sin ninguna supervisión, hizo que tuviera un acelerado deterioramiento en el medio ambiente y es por ello que el Gobierno de nuestro país tomó las medidas adecuadas para que esta práctica no se siguiera ejecutando.





*El Artículo 107*, menciona que los titulares de actividades, obras o proyectos públicos o privados, que se encuentren funcionando al entrar en vigencia la presente ley, que conforme al Art. 20 de la misma deban someterse a evaluación de impacto ambiental, están obligados a elaborar un diagnóstico ambiental en un plazo máximo de dos años y presentarlo al Ministerio para su aprobación. El Ministerio podrá establecer plazos menores hasta de un año en los casos de actividades, obras o proyectos en operación que generen productos peligrosos o usen procesos peligrosos o generen emisiones altamente contaminantes.

Al diagnóstico deberá acompañarse su correspondiente programa de adecuación ambiental como requisito para el otorgamiento del permiso respectivo; deberá contener los tipos y niveles de contaminación e impactos ambientales de la actividad, obra o proyecto en ejecución.

El contenido, alcance y los procedimientos para su elaboración serán establecidos en el reglamento de la presente ley.

Este artículo menciona que todos los Gobiernos Municipales que hagan uso para la disposición final de los desechos sólidos en botaderos a cielo abierto están obligados a presentar un Diagnóstico ambiental del mismo, en un tiempo máximo de dos años al entrar en vigencia la Ley de Medio Ambiente, y presentarlo al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).



*El decreto 42, REGLAMENTO ESPECIAL SOBRE EL MANEJO INTEGRAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS*, este decreto se dió para darle cumplimiento al artículo 52 de la ley de medio ambiente, el reglamento especial sobre el manejo integral de los desechos sólidos es el de regular el manejo de los desechos sólidos, provenientes de origen domiciliario, comercial, de servicios o institucional y de los que no sean desechos peligrosos.

Este reglamento se aplicara a nivel nacional, ya que no se permitirá depositar los desechos sólidos en los botaderos a cielo abierto.

En este mismo reglamento se encuentra un glosario donde podemos estudiar varios conceptos relacionado a los desechos sólidos como también de la disposición final del mismo, aquí se encuentra lo que son las responsabilidades que tendrá el ministerio de medio ambiente de recursos naturales (MARN).

*En el título III DEL MANEJO INTEGRAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS MUNICIPALES*, se subdivide en:

**Capítulo I**, del almacenamiento, aquí se mencionan todos los requisitos mínimos que deben cumplir los sistemas de almacenamiento temporal para los desechos sólidos.

**Capítulo II**, de la recolección y transporte, este capítulo menciona que los titulares, son los que determinaran las rutas, los horarios y frecuencias del servicio de recolección de los desechos sólidos, así como los equipos de recolección y transporte.



**Capítulo III**, de las estaciones de transferencia, aquí se dan los requisitos que se deben cumplir para que se pueda ejecutar dicho proyecto.

**Capítulo IV**, del tratamiento y aprovechamiento, bueno en este capítulo se trata de las alternativas que se dan para el tratamiento de los desechos sólidos para el fácil manejo de los desechos sólidos.

**Capítulo V**, de la disposición final, aquí es donde deja bien en claro que los botaderos a cielo abierto quedan definitivamente prohibidos para la disposición final de los desechos sólidos, donde se adopta un método de disposición final para los desechos sólidos como el relleno sanitario como aceptable para dicha actividad, donde también da los requisitos que los terrenos debe cumplir para ejecutarse dicho proyecto.

**Capítulo VI**, de los rellenos sanitarios, esta parte del reglamento es donde se dan concepto básico acerca de los diferentes rellenos sanitarios. Aquí se hace mención de los criterios técnicos mínimos para el manejo de los rellenos sanitarios.

**TÍTULO IV, DE LA VIGENCIA**, donde se hace mención a que el ministerio podrá hacer las inspecciones necesarias que ellos crean pertinentes, el titular deberá presentar un informe anual al ministerios y menciona que contendrá dicho informe.



## **2.7 MARCO TEORICO.**

### **2.8 IMPACTOS DEL MAL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.**

El mal manejo de los residuos sólidos tiene un impacto negativo en la salud de la población, en los ecosistemas y en la calidad de vida. Los impactos directos sobre la salud afectan principalmente a los recolectores y segregadores formales e informales. Estos impactos se agravan cuando los desechos peligrosos no se separan en el punto de origen y se mezclan con los desechos municipales, una práctica común en los países de la región. Algunos impactos indirectos se deben a que los residuos en sí y los estancamientos que causan cuando se acumulan en zanjas y en drenes, se transforman en reservorios de insectos y roedores. Los insectos y roedores son causantes de diversos tipos de enfermedades como el dengue, la leptospirosis, el parasitismo y las infecciones de la piel. Además, la quema de basura a cielo abierto, en el campo y en los botaderos aumenta los factores de riesgo de las enfermedades relacionadas con las vías respiratorias, incluido el cáncer.

Los impactos al ambiente son la contaminación de los recursos hídricos, del aire, del suelo, de los ecosistemas tropicales diversos de Centroamérica y el deterioro del paisaje. La acumulación de residuos sólidos puede formar una barrera de contención del flujo del agua, lo que causaría inundaciones locales y, como consecuencia, la erosión y la pérdida de suelos fértiles.



Además, los residuos acumulados atraen aves de rapiña y otros animales no deseables, y deteriora el valor estético de los hogares y de los paisajes.

## **2.9 SITUACIÓN DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN LATINO AMÉRICA.**

Según el “Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe”, realizado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS) en 1994-1998<sup>3</sup>, las debilidades principales de la gerencia de los residuos sólidos se pueden agrupar en cuatro categorías: 1) institucionales y legales, 2) técnicas y operativas, 3) económicas y financieras, y 4) sociales y comunitarias.

Dentro del área institucional y legal, la falta de reconocimiento como sector formal de residuos sólidos y la falta de prioridad del sector son problemas clave. No hay políticas para reducir la generación de residuos y faltan recursos humanos capacitados y calificados en todos los niveles del sector.

En el área técnica y operativa, los residuos especiales y peligrosos generalmente se mezclan con los residuos sólidos municipales.

<sup>3</sup> Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe.

2ª. Edición. BID y OPS, 1998.



La cobertura de recolección es reducida en las ciudades intermedias y menores, así como en los asentamientos marginales urbanos. Existen altos niveles de quema de los residuos sólidos dentro y fuera de los botaderos.

En el área económica y financiera, la mayoría de los gobiernos no han cuantificado los costos y posibles valores de los residuos y particularmente los municipios medianos y pequeños tienen dificultades para acceder a los créditos. Los ingresos son bajos porque las tasas y las tarifas no existen o son mínimas.

En el área social y comunitaria, la participación comunitaria es muy reducida, lo que trae como consecuencia una actitud negativa respecto al pago por el servicio. Otro problema social no resuelto es la presencia de segregadores como resultado de la desocupación elevada y la extrema pobreza.



## **2.10 SITUACIÓN DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN CENTROAMÉRICA.**

El diagnóstico de la situación de Latinoamérica refleja los problemas que también ocurren en Centroamérica. Sin embargo, existen municipalidades que han resuelto la mayoría de estos problemas y se han establecido algunos modelos de procesos y pasos hacia la sostenibilidad que se pueden replicar, por ejemplo: Mayor participación del sector privado (Villa Nueva, Guatemala) para aumentar la eficiencia; Cobro por el servicio de aseo con una tasa de impuestos general (Quetzaltenango, Guatemala) o junto con el agua (Esquipulas, Guatemala) o la electricidad (San Salvador, El Salvador) para reducir la morosidad; conjunto de mecanismos legales para el corte de los servicios de agua o electricidad si no se paga el servicio de aseo; Organización y capacitación de cooperativas y microempresas de segregadores (Barrio Alameda del Norte, Guatemala, Guatemala), (Colonia Zacamil, Mejicanos, San Salvador) para mitigar el problema social de los segregadores.

Las dificultades ocasionadas por la falta o inadecuado manejo de los residuos sólidos por parte de la población no son un problema nuevo. Para el siglo XV la historia nos habla de la peste bubónica transmitida por las pulgas de las ratas, enfermedad que en Europa causó la muerte de 25 millones de personas en un lapso de tres años.



Esto confirma que los problemas causados por el mal manejo de los residuos sólidos no son nuevos y a medida la población y el desarrollo local aumenta, los residuos sólidos también, y si éstos no son atendidos sanitariamente traen como consecuencia la contaminación, la proliferación de roedores e insectos nocivos para la salud; surgiendo la necesidad de controlar o atender el almacenar, recoger y disponer los residuos en una forma adecuada.

La situación en los últimos años en Centroamérica no ha sido la excepción, a través de los periódicos de mayor circulación se ha conocido sobre acontecimientos importantes ocasionados, por el mal manejo de los residuos, por ejemplo: La leptospirosis, enfermedad transmitida por las pulgas de las ratas, ha reaparecido en Nicaragua, Honduras y El Salvador. Para finales del siglo XX e inicios del siglo XXI el dengue hemorrágico, enfermedad transmitida por el mosquito (zancudo) *Aedes Egyptus* se ha incrementado en el área centroamericana, por lo que, la mortalidad por esta causa ha aumentando, situación que se relaciona a los residuos sólidos esparcidos en caminos, quebradas, basureros municipales, rellenos sanitarios mal operados, que permiten la reproducción de dicho mosquito.

Sin embargo en Centroamérica, también se han dado grandes pasos en materia técnica y de gestión de residuos sólidos, San Pedro Sula dio en concesión la prestación del servicio de recolección y disposición final, los municipios del Área Metropolitana de San Salvador, crean una empresa mixta y abren un relleno sanitario con capacidad de





recibir más de 1500 toneladas diarias, Managua está en la reconversión de su vertedero a uno controlado; así mismo, San José convirtió su principal vertedero Río Azul en un relleno sanitario, y otros tantos esfuerzos que están desarrollando las municipalidades con grandes poblaciones en los países del área centroamericana.

Los municipios de menos de cien mil habitantes, en forma individual o asociada han emprendido acciones en torno a mejorar la disposición final, que continúa siendo una de las más fuertes debilidades de los sistemas de manejo, ejemplo de ello se tiene: en Honduras, el relleno de Villanueva; en El Salvador, Pasaquina, Suchitoto y Usulután; en Nicaragua, el de Mateare, y en Costa Rica no solo ha implementado rellenos sanitarios de pequeña envergadura sino que éstos son operados por Microempresas de residentes del lugar.

Sin embargo estos esfuerzos se ven limitados por la alta rotación de personal en la administración municipal, como consecuencia de los cambios de autoridades municipales en períodos de tiempo corto. Las municipalidades, con el apoyo de diferentes ONG's implementan modelos de gestión y operación de otros países, y éstos funcionan mientras la cooperación esta presente, como consecuencia no se construye la capacidad local del personal especializado, sistemas analíticos, capacitación en el sistema de procesamiento de datos, recursos financieros, etc. Algunos países de Centroamérica, cuentan con reglamentos en materia de residuos sólidos, ver cuadro siguiente.



Cuadro 2.1 Normas de Centro America.

<i>Normativa</i>	<i>País</i>	<i>Fecha de Aprobación</i>
Reglamento sobre el manejo de basura, Decreto 19094	Costa Rica	29 de junio de 1989
Reglamento sobre Rellenos Sanitarios, Decreto 27378-S	Costa Rica	9 de Octubre de 1998
Reglamento Especial Sobre El Manejo Integral de los Desechos Sólidos, Decreto N° 42	El Salvador	1 de Junio del 2000
Solid Waste Management Authority Act. Chapter 224	Belice	31 de Diciembre del 2000
Reglamento para el Manejo de Residuos Sólidos Acuerdo N° 378-2001	Honduras	20 de Febrero del 2001
Norma Técnica para Rellenos Sanitarios, NTON 05013-01	Nicaragua	No disponible
Norma técnica Ambiental para el Manejo, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no-peligrosos, NTON 05014-01	Nicaragua	24 de mayo 2002

Fuente: Propuesta de Modelos de Estrategia de Armonización de Estándares de Calidad Ambiental en la región centroamericana.  
Tema: Residuos Sólidos, julio 2003.

En Centroamérica, la disposición final en el manejo de residuos sólidos continúa siendo un punto crítico, sanitariamente y estéticamente hablando, porque es una práctica generalizada el utilizar predios baldíos, barrancas o riberas de quebradas para la deposición. Por ejemplo en El Salvador, para el año 2003, de los 262 Municipios solo 25 poseen disposición final adecuada y se identifican 147 botaderos a cielo abierto dispersos por todo el territorio de El Salvador. Los rellenos sanitarios pueden ser

manuales, mecánicos, o semi-mecanizados (véase el cuadro 2.2). Las normativas en Costa Rica, El Salvador, Honduras y Nicaragua, sobre residuos sólidos definen que un relleno sanitario puede operarse manualmente si se procesan menos de 20 toneladas / día (aproximadamente hasta 30.000 habitantes), Manual o Mixto si se tiene entre 20 y 40 toneladas / día (aproximadamente hasta 100.000 habitantes), y Mecanizado si se procesan más de 40 toneladas / día.

Cuadro 2.2 Clasificación de la disposición final

Descripción	Botadero		Relleno Sanitario		
	No Controlado	Controlado	Manual	Semi mecanizado	Mecanizado
¿Uso de cobertura diaria?	No	Si	Si	Si	Si
Impermeabilidad del suelo	No	No	Normalmente con arcilla	Si	Tecnificado, normalmente con arcilla o geomembrana
Sistema de recolección y tratamiento de lixiviados	No	No	Si, pero menos tecnificado que un relleno mecanizado	SI	Si
Sistema de drenaje de aguas superficiales	No	Varia	Si	Si	Si
Sistema de control de gases	No	No	Si	Si	Si
Compactación de material	Ninguno	A Mano	A Mano	Manual y/o mecanizado	Con equipo mecanizado
Rutas de acceso pavimentado	No	No	No	Varia	Si

*Fuente:* Guía practica para la operación de celda diaria en rellenos sanitarios pequeños y medianos PROARCA.



## ***2.11 RELLENO SANITARIO SEMI-MECANIZADO***

El relleno sanitario semi-mecanizado tiene todas las características de un relleno diseñado, construido, y operado con criterios de ingeniería civil y sanitaria, incluyendo chimeneas para ventilación de biogás y sistema de drenaje interno de lixiviados. Se llama semi-mecanizado porque requiere maquinaria pesada solamente de vez en cuando, principalmente para la excavación de zanjas o trincheras. También, dependiendo del sitio y el tamaño del relleno, puede requerir maquinaria para la construcción de vías internas, la preparación de la base de soporte impermeable y el sistema de drenaje de agua pluvial, los lixiviados, y las chimeneas para la ventilación de biogás, y la aplicación del material de cobertura.

El relleno sanitario semi-mecanizado puede utilizar maquinaria para la compactación de desechos para aumentar su densidad y reducir su volumen, se puede utilizar mano de obra para la compactación y cobertura diaria, y se puede aprovechar de la compactación “natural”, aprovechando del peso del material de residuos sólidos y el material de cobertura, y de la descomposición de la materia orgánica.

### ***Método área y método trinchera***

Existen dos métodos para realizar un relleno sanitario manual o semi-mecanizado: el método de zanja o trinchera y el método de área.



**Método de área** Con este método, el relleno sanitario se construye sobre la superficie del terreno o para llenar depresiones. En este caso, el material de cobertura se debe importar de otros sitios o, si es posible, extraerlo de la capa superficial del sitio a rellenar para ahorrar lo más posible. Es importante construir las celdas diarias con una pendiente suave para evitar deslizamientos y estabilizar el relleno a medida que éste se eleva. El ejemplo de Pasaquina, El Salvador, se refiere a este método.

**Método de trinchera** Consiste en excavar zanjas de dos o tres metros de profundidad y entre tres y seis metros de ancho con una retroexcavadora; la tierra que se extrae se deja a un lado de la zanja para usarla después como material de cobertura. Los residuos se descargan del lado opuesto a donde se acumuló el material de cobertura y se acomodan dentro de la trinchera, compactándolos y cubriéndolos con tierra; esta es la parte de la operación que puede hacerse manualmente. Se recomienda hacer cada zanja de tal forma que pueda tener una vida útil entre 30 y 90 días, considerando que hay que tener lista una nueva zanja antes de clausurar la que está en uso. De otra forma se corre el riesgo de que el lugar se convierta en un botadero abierto. La separación entre zanja y zanja debe ser por lo menos de un metro, dependiendo del tipo de suelo del lugar.

También es posible combinar los dos métodos, siempre y cuando la topografía y las condiciones físicas del terreno lo permitan.



Es importante tener datos sobre el nivel freático y el tipo de suelo antes de implementar el método trinchera, ya que si el nivel freático está muy próximo a la superficie del suelo existe un alto riesgo de contaminar los acuíferos. Por otro lado, los terrenos rocosos dificultan la excavación.

### ***Normativa***

Para todos y todas las y los funcionarios Municipales, como punto de partida en el manejo de los residuos sólidos, es imperativo conocer las normativas vigentes tales como, tratados internacionales, códigos, reglamento, ordenanza, en su respectivo país sobre la temática, por dos razones importantes:

***En primer lugar***, porque estas normativas o reglamentos orientan las actividades específicas a desarrollar en cada una de las fases de manejo, y más específicamente los reglamentos de residuos sólidos, definen muy claramente las actividades técnicas mínimas a desarrollar en los rellenos sanitarios.

***Y en segundo lugar***, se debe tener muy en cuenta que estas son reglas de cumplimiento obligatorio y que por lo tanto, como funcionarios se tiene la responsabilidad de cumplirlas, de lo contrario serán sancionados o acusados conforme a las disposiciones establecidas.



## ***Gestión Integral***

Es importante como marco de referencia, el tener en cuenta las fases en el manejo de residuos sólidos: Generación, Almacenamiento, Recolección, Transporte, Procesamiento, Tratamiento, Transporte y *Disposición final*.

Cada una de estas etapas tiene sus particularidades, sin embargo, la decisión que se tome en cada una de ellas tienen consecuencia en las otras.

Por ejemplo si se define que la población deberá separar sus residuos sólidos, en orgánicos provenientes de jardín y cocina, e inorgánicos los efectos posibles en las etapas antes apuntadas serán:

En almacenamiento, se requerirá en los lugares de generación dos tipos de recipientes para su almacenamiento, En la etapa de recolección, deberá diseñarse dos tipos de rutas y posiblemente se requerirá de dos equipos, uno para cada tipo, Se deberá contar con una planta de procesamiento para los residuos orgánicos, Y la etapa de disposición final, se verá muy favorecida porque se disminuirán los volúmenes de desechos a recibir, lo que ampliaría la vida útil de un relleno sanitario.

*Por lo antes expresado, se puede concluir que es importante para una gestión integral de manejo de residuos sólidos analizar cada una de las etapas y la incidencia en las otras.*



## **2.12 MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS**

En el tema 2.4 Manejo de Desechos Sólidos se estudiará en dos etapas ya que son de mucha importancia cada etapa para que el relleno sanitario funcione en óptimas condiciones y así el impacto ambiental que el relleno sanitario genere sea el mínimo; el subtema recolección de desechos sólidos se basará en conocer la teoría de cómo debería de ser la recolección de los desechos sólidos en general, mas adelante se estudiará las diferentes formas en que se recolectan los desechos sólidos en cada relleno sanitario.

## **2.13 RECOLECCION DE DESECHOS SÓLIDOS**

### **2.14 EL SERVICIO DE ASEO URBANO**

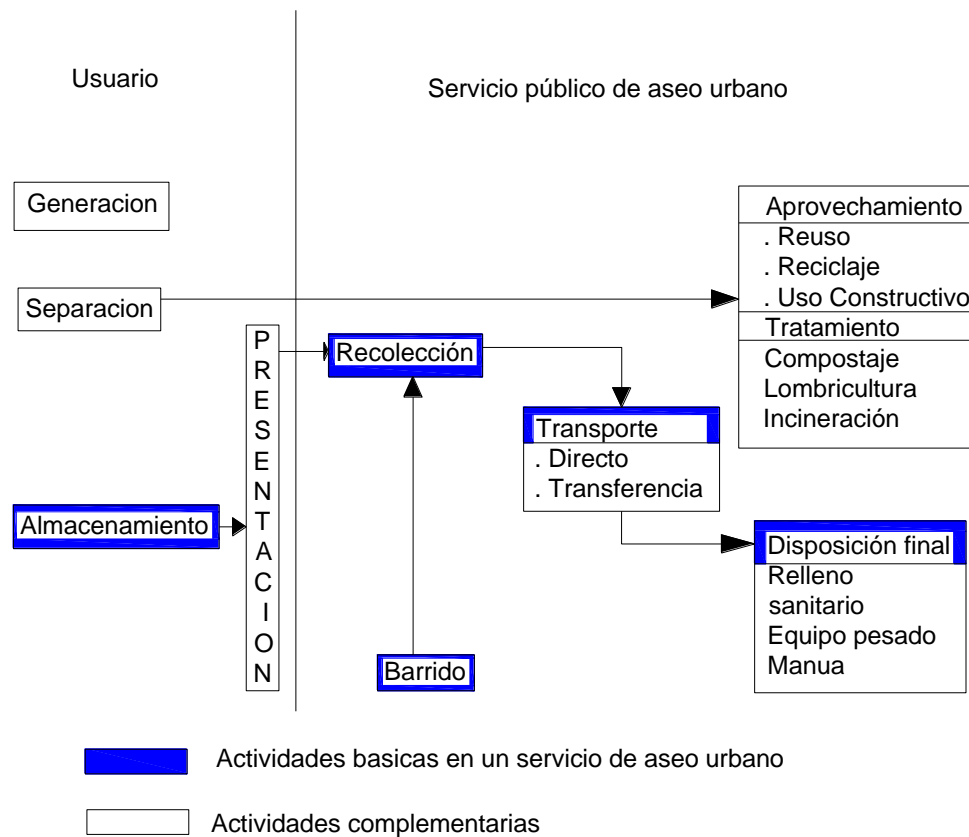
El servicio de aseo urbano o limpieza urbana tiene como principales objetivos proteger la salud de la población y mantener un ambiente agradable y sano. Consta de las siguientes actividades: separación, almacenamiento, presentación para su recolección, barrido, transporte, tratamiento y disposición sanitaria final de los residuos sólidos; esta última es *imprescindible* para su manejo. Las primeras tres actividades son responsabilidad del generador de dichos desechos sólidos; las demás son competencia del municipio o del organismo encargado de la prestación del servicio.

Como se puede deducir de la figura 2.1, el generador de desechos sólidos (vivienda, establecimiento comercial, industria) pasa a ser un usuario de los servicios de aseo urbano y tiene como responsabilidades separar sus desechos, almacenarlos en un recipiente adecuado y depositarlos con la frecuencia establecida en el lugar y horario



indicados por el operador del servicio. Cabe destacar que, a diferencia de épocas pasadas, ahora existe la tendencia de separarlos en su lugar de origen a fin de facilitar el desarrollo de programas de recuperación y reciclaje.

Figura 2.2 Gestión integral de los desechos sólidos



Fuente: *guia para el diseño, construccion y operación de rellenos sanitarios manuales, jorge jaramillo*

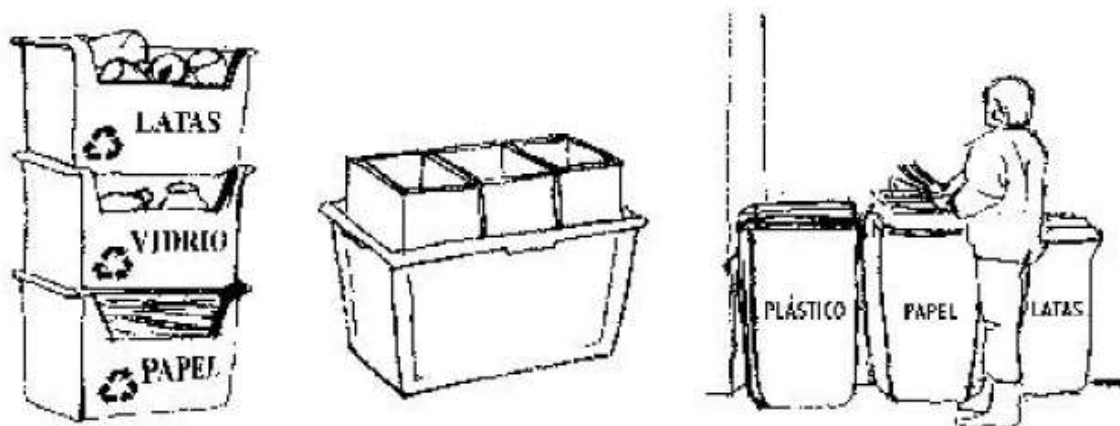
En consecuencia, al municipio u operador del servicio de limpieza les corresponde recoger, transportar, barrer las vías y áreas públicas y colocar los desechos sólidos en un relleno sanitario. De manera complementaria, podrán asumir el

procesamiento para su aprovechamiento o tratamiento a fin de obtener beneficios económicos y ambientales o de hacerlos inocuos.

## ***2.15 SEPARACIÓN DE DESECHOS EN LA FUENTE***

La separación de subproductos de los desechos sólidos se suele realizar en forma manual, ya sea en el sitio de origen, en las aceras, en el vehículo recolector o en el sitio de disposición final. Este último caso es muy frecuente en casi todos los botaderos de basura de las grandes ciudades y aun de pequeñas poblaciones. Esta actividad la realizan personas de escasos recursos que buscan el sustento diario para sus familias, en condiciones inhumanas y sin seguridad social.

Figura 2.3  
Recipientes para la separación y almacenamiento de desechos sólidos domésticos.



Fuente: *guia para el diseño, construccion y operación de rellenos sanitarios manuales, jorge jaramillo*



El municipio debe dar el primer paso para eliminar la segregación de basura en los botaderos y buscar el apoyo del comercio, la industria y la comunidad en general, con el propósito de ofrecer otras oportunidades a los segregadores. En efecto, debería iniciar un proceso de acercamiento, capacitación y apoyo para la organización de estas personas en cooperativas autogestionarias, lo que les permitiría trabajar en condiciones dignas en los sitios de generación e incluso prestar otro tipo de servicios para salir de ese lamentable y degradante estado de marginalidad.

Las experiencias obtenidas en países en desarrollo con plantas industriales de separación de desechos sólidos han resultado un fracaso, por lo que se recomienda, en lo que concierne a las pequeñas poblaciones, que el municipio apoye los programas de recuperación en el punto de origen (viviendas, comercio, industria, etc.) y la construcción o adecuación de una bodega como centro de acopio a fin de que los segregadores puedan clasificar adecuadamente los diferentes materiales.

## ***2.16 ALMACENAMIENTO Y PRESENTACIÓN.***

El almacenamiento es la actividad de colocar los desechos sólidos en recipientes apropiados, de acuerdo con las cantidades generadas, el tipo de residuos y la frecuencia del servicio de recolección. Los recipientes deben tener un peso y diseño específicos que faciliten su manejo por los operarios y equipos; deben garantizar que el contenido no pueda entrar en contacto con el medio, es decir, estar dotados de tapas con buen ajuste que no permitan la entrada de agua, insectos o roedores, ni el escape de líquidos por sus



paredes o el fondo; tampoco deben ser difíciles de vaciar. Podrán ser retornables o desechables.

La presentación de los desechos sólidos para su recolección es también una responsabilidad del generador o usuario del servicio de limpieza y consiste en colocar los recipientes en el lugar indicado (al borde de la acera, junto a la puerta de la casa, en una caja estacionaria o contenedor multifamiliar, en una canastilla, etc.), con la debida frecuencia y en el día y horario establecidos por el municipio o la entidad que presta el servicio de recolección.

## **2.17 RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE.**

El recojo de desechos sólidos implica su transporte al lugar donde deberán ser descargados.

Este puede ser una instalación de procesamiento, tratamiento o transferencia de materiales o bien un relleno sanitario. La recolección y transporte es la actividad más costosa del servicio de aseo urbano; en la mayoría de los casos representa entre 80 y 90% del costo total.

Los vehículos destinados al transporte de desechos sólidos deben reunir las condiciones propias para esta actividad. Pueden ser compactadores tradicionales, que se utilizan en las ciudades o también equipos no convencionales para las pequeñas poblaciones y áreas marginales, tales como el tractor agrícola conectado con un remolque, carretas de tracción animal, triciclos, etc.



## **2.18 TRANSFERENCIA.**

La transferencia es el traslado de desechos sólidos desde un vehículo de recolección pequeño hasta uno de mayor capacidad. En aquellas ciudades donde la distancia desde el punto de recojo hasta el de disposición final es superior a 20 km o el tiempo de viaje toma más de 15% de la jornada de trabajo, se presentan problemas económicos en el sistema porque el servicio resulta más costoso. En estos casos, se suele utilizar estaciones de transferencia y medios de transporte vial, ferroviario o barcazas.

## **2.19 APROVECHAMIENTO.**

El abastecimiento de materias primas no es ilimitado y la recuperación de lo que se considera como desecho constituye un elemento esencial para la conservación de los recursos naturales; por lo tanto, su reutilización, reciclaje y empleo constructivo se constituyen en una actividad importante en la gestión integral de los desechos sólidos, cuyo objetivo último es la disminución de su volumen y, especialmente, su aprovechamiento económico.

Algunas de las ventajas que le podría reportar al municipio la recuperación de estos materiales en el origen son:

- Generar empleo organizado por medio de grupos cooperativos.
- Reducir el volumen de desechos sólidos.
- Disminuir las necesidades de equipo recolector.



- Aumentar la vida útil de los rellenos sanitarios y, por lo tanto, disminuir la demanda de terrenos, que son cada día más escasos y costosos.
- Disminuir los costos por la prestación del servicio de aseo urbano.
- Conservar los recursos naturales y proteger el ambiente.

## **2.20 LA REUTILIZACIÓN.**

Un primer nivel de recuperación es la reutilización, es decir, la utilización directa de un producto o material sin cambiar su forma o función básica. Un ejemplo es la reutilización de envases como botellas, frascos de plástico y metal o cajas de cartón y madera.

La refabricación supone el desmonte de productos similares para su limpieza, inspección, reemplazo, restauración, ensamble, prueba y distribución subsiguientes.

Los productos remanufacturados típicos son: motores o transmisiones de automóviles, compresores de refrigeración o de aire acondicionado, estufas, lavavajillas, etc.

Los productos desechados también pueden ser utilizados en su forma básica pero para una nueva función, como los viejos neumáticos que sirven como rompeolas o escolleras artificiales.



## ***2.21 EL RECICLAJE.***

El reciclaje es un proceso mediante el cual los desechos sólidos se incorporan al proceso industrial como materia prima para su transformación en un nuevo producto de composición semejante (vidrios rotos, papel y cartón, metales y plásticos, etc.).

El reciclaje supone cambiar tanto la forma como la función del producto original.

Por ejemplo, las llantas usadas se cortan para hacer suelas de zapatos. Los textiles se transforman en trapos para desempolvar, en rellenos de almohadas o en retazos para cobijas y alfombras.

Las ventajas ambientales que ofrece el reciclaje son indiscutibles. Sin embargo, para su ejecución siempre debe tenerse en cuenta la poca calidad de los desechos de nuestra Región y que los beneficios económicos que permiten realizarlo de manera sostenible están sujetos a la demanda en el mercado. La tendencia mundial es incrementar al máximo el reciclaje de la basura.

## **2.22 USO ENERGÉTICO Y CONSTRUCTIVO.**

Un tercer nivel de recuperación transforma el desecho en un material o una forma de energía diferente. Puede que el nuevo material sea un elemento recuperado o una sustancia relativamente homogénea utilizables como fuentes de energía (por ejemplo, gas combustible o biogás, producido por la digestión anaerobia de los desechos orgánicos y la recuperación de calor proveniente de la incineración de la basura). Asimismo, se trata del uso constructivo y de la transformación de desechos sólidos en



diferentes productos (recuperación de terrenos mediante la construcción de rellenos sanitarios, muros de contención con llantas usadas de automotores y conversión de desechos orgánicos en compost).

## **2.23 DISPOSICION FINAL.**

El tratamiento en el manejo integral de los desechos sólidos tiene como objetivo principal disminuir los riesgos para la salud y su potencial contaminante. Por ello se deberá optar por la solución más adecuada a las condiciones técnicas, económicas, sociales y ambientales locales. Los principales métodos de tratamiento son el compostaje, la lombricultura y la incineración, este último de gran impacto en la reducción de volúmen.

Los métodos anteriores dejan desechos que es necesario disponer en un relleno sanitario, de ahí que no sean considerados como soluciones finales ni definitivas.

## **2.24 COMPOST.**

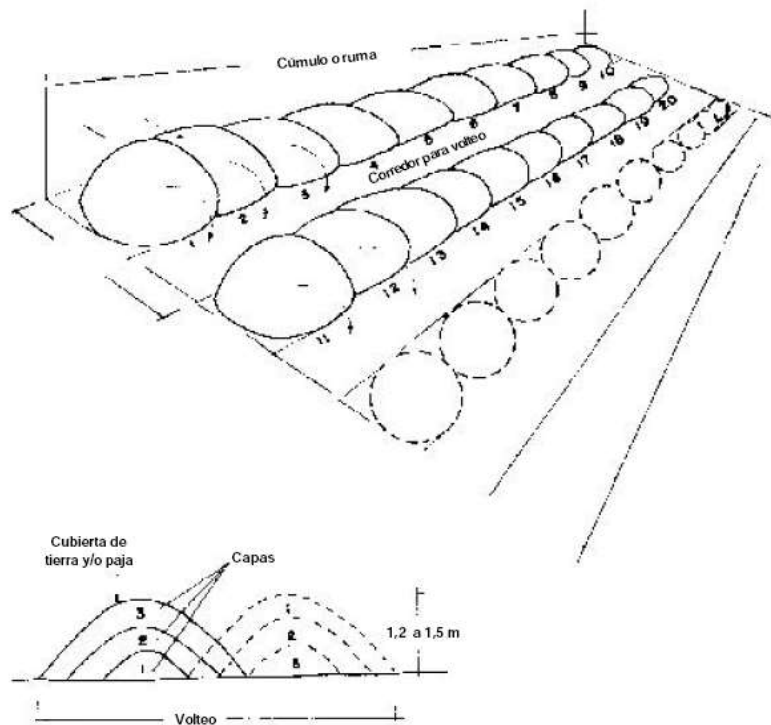
El compostaje es un proceso mediante el cual el contenido orgánico de la basura se reduce por la acción bacteriológica de microorganismos contenidos en los mismos desechos orgánicos, de lo que resulta un producto denominado *compost*. El *compost* es un material similar al humus (tierra); mejora los suelos pero no es un fertilizante y puede



tener un valor comercial. Sin embargo, este valor suele ser menor que el costo de producción, por lo que este sistema debe ser subsidiado por el municipio.

El método de compostaje puede ser beneficioso para los países en desarrollo, ya que mediante este proceso es posible recuperar el gran porcentaje de materia orgánica que contienen los desechos sólidos y, dado que exige la separación del resto de desechos sólidos, se convierte en una buena oportunidad para iniciar el reciclaje de otros materiales. Pero antes de decidir la construcción de una planta de compostaje, se debe estudiar cuidadosamente si el producto cuenta con un mercado potencial, ya que muchas plantas en el mundo han fracasado por no poder comercializar el producto.

Figura 2.4  
Procesamiento manual de la materia orgánica en pilas para la producción de compostaje



Fuente: *guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*, Jorge Jaramillo



El compostaje en nuestro medio ha tenido poco éxito porque:

- Requiere la separación previa de los desechos sólidos, lo que aumenta los costos. A no ser que se recolecten selectivamente aquellos con alto contenido de materia orgánica, como, por ejemplo, desechos de restaurantes, mercados, etc.
- El tratamiento de grandes cantidades adicionales es poco flexible.
- El mercado del compost es inestable
- La inversión de capital es elevada.
- Los costos de operación y mantenimiento de la planta de compostaje son altos.
- Requiere técnicos calificados para manejar la planta.
- Los costos de transporte hacia las zonas rurales son altos.

Sin embargo, en el caso de poblaciones pequeñas, es recomendable apilar manualmente los desechos sólidos que provienen de los mercados, pues su composición es en gran medida orgánica, aunque debe tenerse cuidado con los costos de distribución del producto, ya que pueden incrementar los costos totales de producción.



## 2.25 LOMBRICULTURA

El cultivo de una lombriz especial —la *Eisenia foétida*— con ciertos desechos orgánicos como sustrato o alimento (sobre todo, estiércol de ganado y desechos de cosechas) permite la conversión de este recurso en humus (mejorador de suelos) y proteína (como alimento de animales e incluso para el consumo humano), soluciona en parte el problema de la disposición de desechos sólidos y puede producir beneficios económicos.

Es necesario tener cuidado especial con estas prácticas, pues solo deben ser consideradas como alternativas complementarias en la gestión integral de los desechos sólidos y de ninguna manera como la solución al problema.

## 2.26 INCINERACIÓN.

La incineración de los desechos sólidos permite la reducción de su volumen al dejar un material inerte (escorias y cenizas) cercano a 10% del inicial. Tal reducción es obtenida con hornos especiales en los que se puede garantizar suficiente aire de combustión, turbulencia, tiempos de retención y temperaturas adecuadas. Una combustión incompleta, como es el caso de las quemas a cielo abierto, generará humos, cenizas y olores indeseables.



Para su uso se deben considerar los siguientes aspectos:

- Se requiere un elevado capital inicial.
- Implica altos costos operativos, la mayoría de las veces fuera del alcance de nuestras poblaciones.
- Se necesita técnicos bien calificados, que son escasos en nuestro medio.
- Su operación y mantenimiento son complejos y presentan muchos problemas.
- No es flexible cuando se requiere incinerar grandes cantidades adicionales.
- Se requiere combustible auxiliar a causa del alto contenido de humedad, lo que se traduce en un bajo poder calorífico para los desechos sólidos de la Región; esto aumenta considerablemente los costos de tratamiento.
- Se requieren equipos de control para evitar la contaminación del aire, ya que ningún incinerador deja de emitir contaminantes.

En consecuencia, la incineración como sistema de tratamiento de los desechos sólidos está descartada para las pequeñas poblaciones e incluso para muchas de las ciudades de América Latina, por lo que solo es recomendada si se quiere desnaturalizar los desechos hospitalarios u otros que resulten peligrosos.



## **2.27 RELLENO SANITARIO.**

El método de disposición final de prácticamente todos los desechos sólidos lo constituye el relleno sanitario. Es el único admisible, ya que no representa peligro alguno ni riesgos para la salud pública. Además, minimiza la contaminación y otros impactos negativos en el ambiente.

## **2.28 PLANIFICACIÓN.**

Hay tres elementos técnicos importantes en la etapa de planificación y diseño: el diagnóstico de la situación actual, la selección del sitio de disposición final, y el estudio de impacto ambiental. A continuación se describen las consideraciones importantes para cada uno de estos elementos.

## **2.29 DIAGNÓSTICO .**

La planificación del sistema de residuos sólidos nace de la necesidad de reestructurar el servicio existente o modelo tradicional de ofrecer el servicio. Como primer paso se requiere conocer el estado actual del mismo, a través de un diagnóstico de las condiciones actuales. El diagnóstico debe de incluir: encuestas; caracterización del área de estudio; proyecciones demográficas; generación de los residuos; caracterización de los residuos; cobertura del servicio; estado de los equipos de recolección, barrido y disposición final; características de los recursos humanos; mercados disponibles para los materiales reciclables; y aspectos institucionales,



gerenciales, financieros (incluido el costo actual del servicio y los ingresos) y administrativos.

La caracterización de los residuos es importante para planificar ampliaciones y mejoras de los servicios y programas de reciclaje. En los países de Centroamérica, frecuentemente los municipios generan un promedio de 40 a 70% de materia orgánica; el resto de materia inorgánica, con un promedio de 0,3 a 1,4 kg/hab/día, tiene 25 a 50% de residuos de origen comercial e industrial.

El mercado para los materiales recuperados es importantísimo. Antes de decidir qué tipo de material se va a recuperar del flujo de residuos sólidos, se debe estudiar la demanda de los diferentes materiales a fin de asegurar que los materiales recuperados tengan un mercado inmediato. En caso contrario se estaría invirtiendo recursos (tiempo, dinero y espacio para almacenamiento) en una actividad que posiblemente no produzca beneficios.

En Centroamérica existen mercados para el aluminio, la chatarra, el papel, el plástico y el vidrio. Los precios de estos materiales varían, así como el costo de recuperación y transporte a los sitios de los compradores. También es importante determinar el impacto en el ambiente ocasionado por el proceso de recuperación y reciclaje.



Las encuestas son instrumentos que las municipalidades pueden usar para evaluar, diagnosticar y hacer proyecciones para el manejo de los residuos sólidos. Las encuestas pueden determinar tanto una tendencia de disposición de los residuos sólidos con el propósito de definir el método de recolección, como la voluntad de pagar por los servicios del manejo integral de los residuos sólidos. Generalmente, en el sector de residuos sólidos, las encuestas son conducidas para obtener datos de generación y disposición en las residencias, comercios, industrias y centros de salud.

### **2.30 SELECCIÓN DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL.**

El municipio debe tener un sitio adecuado para la disposición final de aquellos residuos que al momento de la disposición no tienen valor económico. Este sitio debe ser evaluado técnicamente y ser el resultado de un análisis de alternativas que llene las condiciones y requisitos ambientales para no alterar el ecosistema y especialmente para no contaminar los cuerpos de agua. Cada sitio de disposición final tiene una vida útil, idealmente de 20 a 30 años.

Si el sitio de disposición final de la municipalidad no es apropiado o si se estima que se llegará a su capacidad total dentro de los próximos cinco años, es importante iniciar el largo y políticamente sensitivo proceso de selección del sitio, aprobación y construcción de un relleno sanitario. El primer paso es la investigación, evaluación e identificación de un mínimo de tres sitios alternativos para el desarrollo del relleno sanitario que sean:



- Técnica, económica y ambientalmente factibles.
- Socialmente y políticamente aceptables.
- De fácil adquisición dentro del tiempo requerido para la implementación del proyecto propuesto.

El proceso de selección de sitio debe ser participativo para que la oposición pública al sitio finalmente recomendado sea mínima. También debe ser desarrollado según las leyes de cada país e idealmente en cooperación con el Ministerio del Ambiente u otro ente responsable de aprobar los sitios para rellenos sanitarios en el país.

Para la identificación de los tres sitios alternativos se proponen las siguientes actividades:

### **Eliminación de las áreas potencialmente no aptas para sitios de disposición final de desechos sólidos.**

Como primer paso en la selección de sitios deben descartarse los sitios que reúnan las características que se describen a continuación:

Humedales, Suelos inestables, por ejemplo, zonas susceptibles a deslizamientos, áreas con fallas, zonas de impacto sísmico y terrenos inundables, aun con un período de frecuencia de cien años o las zonas cercanas a los aeropuertos, sitios cercanos a fuentes de abastecimiento de agua y áreas de recarga de aguas subterráneas, y zonas





con hábitat de especies en extinción, corredores de vida silvestre, y sitios históricos o arqueológicos.

Para esta actividad se tomarán en cuenta mapas topográficos; estudios de suelos; datos climáticos, meteorológicos y eólicos; mapas de infraestructura de saneamiento y drenaje; mapas de ubicación de las fuentes de abastecimiento de agua; mapas de la infraestructura vial; registros de propiedad de la tierra y valor de la misma.

### **Evaluación de los sitios potenciales**

En la preselección, los criterios se analizarán para cada sitio bajo consideración. Se establecerá una escala relativa de valores numéricos para denotar la potencialidad equivalente de cada sitio con respecto a cada factor. Generalmente se utiliza una escala numérica en donde se califica cada factor de campo; la suma de todos los factores representa la ponderación total del sitio en una escala de 0 a 100. Cada factor es analizado independientemente. A cada factor se le asigna un peso relativo de acuerdo con el juicio profesional del equipo evaluador que realiza el análisis.

Los factores analizados se presentan en el siguiente cuadro, con las normas establecidas en El Salvador como punto de referencia.

Cuadro 2.3 Criterios para la localización de sitios para relleno sanitario

<b>Aspecto según Reglamento especial sobre el manejo integral de los desechos sólidos. DECRETO No 42</b>
Estar ubicadas a una distancia que garantice que las zonas de recarga de acuíferos o de fuentes de abastecimiento de agua potable, estén libres de contaminación. Esta distancia será fijada dentro de las normas técnicas nacionales.
Que el suelo reúna características de impermeabilidad, aceptándose un coeficiente máximo permisible de infiltración 10. -7 cm/s; que posea características adecuadas de remoción de contaminantes; y que la profundidad del nivel de las aguas subterráneas garantice la conservación de los acuíferos existentes en la zona. En caso de que se carezca de este tipo de suelos, se podrá trabajar con un mayor espesor de la capa, para lograr el mismo nivel de impermeabilidad.
Contar con suficiente material terreno para la cobertura diaria de los desechos sólidos depositados durante la vida útil.
Estar ubicado a una distancia no perjudicial para las zonas de inundación, pantanos, marismas, cuerpos de agua y zonas de drenaje natural.
Estar ubicado a una distancia de 500 metros de los núcleos poblacionales y con un fácil acceso por carretera o camino transitable en cualquier época del año.
Estar ubicado fuera de las áreas naturales protegidas o de los ecosistemas frágiles, así como de las servidumbres de paso de acueductos, canales de riego, alcantarillados y líneas de conducción de energía eléctrica.
Estar ubicado a una distancia mínima de 60 metros de fallas que hayan tenido desplazamientos recientes.

Fuente: Reglamento especial sobre el manejo integral de los desechos sólidos. Decreto No 42



Otros sitios que se deben considerar son los terrenos para la construcción de los centros de transferencia y de tratamiento.

### **2.31 RELLENOS SANITARIOS MECANIZADOS.**

A diferencia de los rellenos manuales, en los mecanizados se puede disponer una gran cantidad de residuos sólidos al día, siempre y cuando la maquinaria sea suficiente para llevar al día las operaciones y haya suficiente área para la operación. Este tipo de relleno generalmente incluye sistemas de impermeabilización y control de gases.

Los métodos para implementar rellenos sanitarios mecanizados son los mismos que para los manuales: zanjas o trincheras y área, con la diferencia de que los frentes de trabajo se deben ajustar al tamaño del equipo con el que se está trabajando y al número y tipo de vehículos que ingresan al relleno; por ejemplo, el ancho de la trinchera mecanizada puede ser hasta de 15 m para que un tractor pueda trabajar cómodamente dentro de ella. En Centroamérica, dadas las características topográficas, lo más conveniente es destinar un terreno con una depresión natural (vaguada con no más de 30% de pendiente), siempre y cuando ésta sea seleccionada por el estudio de sitios y que disminuya al máximo el riesgo de contaminación.

Fotografía 2.6 Construcción del relleno sanitario de Usulután.



Fuente: Kathy Gaynor, USEPA.

Básicamente la operación de un relleno mecanizado es igual al de un relleno manual, con la diferencia de que en el relleno mecanizado todas las actividades se realizan con equipo pesado.

## **2.32 TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS.**

Un aspecto importante del relleno sanitario, sea mecanizado o manual, es desviar las aguas de escorrentía para que no ingresen al relleno y recolectar y tratar las aguas que drenan de o por el material del relleno. Dentro del relleno es importante instalar drenajes para los lixiviados (líquidos percolados).



Idealmente, los lixiviados deben ser captados y tratados adecuadamente. Dependiendo de las condiciones de cada sitio, el lixiviado se puede recircular, evaporar o tratar por medio de sistemas diseñados para el tratamiento de aguas residuales. Los lixiviados tienen características que permiten su tratamiento por procesos biológicos. El tratamiento más utilizado en América Latina para los lixiviados es el uso de lagunas para su clarificación y evaporación, seguido de la recirculación (luego de la evaporación, los líquidos restantes son extraídos y vertidos en las celdas del relleno).

## **RECOLECCIÓN Y UTILIZACIÓN DEL BIOGÁS.**

El relleno sanitario es un digestor anaeróbico, en el cual debido al proceso de descomposición o putrefacción de los residuos sólidos se forman líquidos y gases. La primera fase de descomposición en un relleno es aeróbica porque que hay cierta cantidad de oxígeno atrapado en la masa. Una vez que el oxígeno se termina comienza la fase anaeróbica. La descomposición anaeróbica resulta en la producción de biogás. El biogás consiste principalmente de metano ( $\text{CH}_4$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y vapor de agua. El biogás es combustible; cuando el metano se concentra en el aire en proporciones de 5 al 15% en volumen, es explosivo.

El gas tiende a migrar en forma lateral y se acumula en lugares vacíos o busca fisuras o permeabilidad de la cobertura donde puede escaparse. Para evitar que se produzcan escapes es necesario llevar a cabo un control estricto de la migración de gases. El control se realiza mediante la construcción de sistemas de escape vertical en



distintos lugares de la superficie del terreno. El metano puede ser quemado a la salida del relleno, con o sin utilización de este gas para beneficio humano.

El metano puede ser aprovechado desde el punto de vista comercial para producir calor, si es que hay un uso cercano, o para la generación de energía eléctrica. Para utilizarlo en la generación de energía eléctrica es recomendable procesar el metano a fin de eliminar impurezas, agua y otros gases formados durante el proceso de digestión anaeróbica.

### **2.33 OPERACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS.**

Para contar con un relleno sanitario, se requieren las siguientes macro actividades:

- Diagnóstico de la situación actual
- Estudios de Campo y Diseño
- Preparación del terreno y obras iniciales
- Operación y mantenimiento



## ***Diagnóstico de la situación actual***

Se procede a identificar:

- Gestión Administrativa
- Participación ciudadana en la gestión
- Situación actual de recolección, equipos, recurso humano.
- Población a atender y su proyección en al menos los años indicados en el reglamento respectivo
- Actividades principales que se desarrollan, comercio, industria, agricultura, etc.
- Tipos de residuos que generan
- Cantidad de residuos diarios que se producen en volúmen y peso.
- Composición de los residuos producidos,
- Producción per cápita, domiciliar y municipal.
- Etc.

Con el conocimiento de la situación actual y las características de los residuos se procede a un pre-dimensionamiento del terreno que se requiere para la cantidad de años que fue seleccionada.

Procediéndose a realizar los estudios de campo y el diseño.

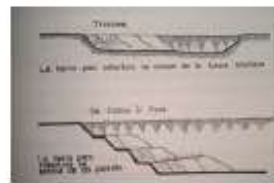
El involucramiento de la población desde el inicio en el proyecto, debe considerarse como un eje transversal.

***Estudios de campo y diseño:***

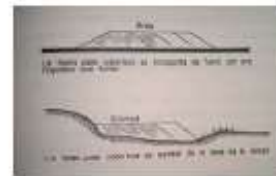
- a) Identificación de Sitio      b) Análisis hidrogeológico***



***c. Topografía***



***d. Método Constructivo***



***e. Diseño***



***f. Análisis de costo***



***g. Presentación a autoridades y población***

Concluida la etapa de diseño, se procede a gestionar y solicitar los permisos definitivos para el inicio de la construcción de las obras iniciales. Las legislaciones vigentes exigen un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para obras de esta naturaleza, por lo que es importante mantener una estrecha comunicación con las entidades encargadas de emitir dichos permisos, que usualmente son el ministerio de salud o el ministerio del ambiente.





***Preparación de terreno y obras iniciales.***

- a) Limpieza y desmonte*
- b) B) Construcción de acceso*
- c) Cercado de terreno*
- d) Siembra de Arboles*
- e) Drenaje Aguas Lluvias*
- f) Preparación del suelo de soporte*
- g) Drenaje de Lixiviados y tratamiento de estos*
- h) Chimeneas para Gas.*
- i) Caseta y Servicio Sanitario*
- j) Monitoreo*
- k) Señalización*

Concluida la etapa de implementación de obras iniciales, la operación, se convierte en la acción más importante que se desarrolla durante toda la vida útil del sitio, y con una buena operación, los riesgos inherentes a la disposición final de los residuos sólidos municipales, serán totalmente disminuidos.

***Operación y mantenimiento***



***a. Terreno preparado***



***b. Descarga de Residuos***



***c. Esparcimiento en capas de los residuos***



***d. Compactación de los residuos***



***e. Extracción de material de cobertura***



***f. Cobertura con tierra al final de la jornada***



*g. Compactación de material de cobertura*



*h. Drenajes de gases*



*i. Terminación de primera terraza o plataforma*

Es importante destacar, la necesidad de contar y aplicar un sistema de control en la operación, con la finalidad de contar con un excelente relleno sanitario.

## **OPERACIÓN DIARIA DE CELDAS EN RELLENO SANITARIO.**

Se debe reconocer que las 2 responsabilidades más importantes que tienen los operadores del relleno sanitario son: primero, proporcionar la facilidad para que los vehículos transportadores de residuos sólidos municipales lleven a cabo la descarga de



manera rápida y segura, y la segunda confinarlos de manera tal que se disminuyan los riesgos al ambiente y a la salud pública.

Lo anterior, tiene una estrecha relación con la recolección, dado que la productividad en la recolección es directamente proporcional al tiempo que les tome a los vehículos recolectores la descarga en el relleno sanitario.

Las celdas diarias son las unidades básicas que sustentan, los rellenos sanitarios sin esta estructura los rellenos se vuelven inestables estructuralmente.

Las celdas diarias, son calculadas por los diseñadores sin embargo la realidad del comportamiento de los residuos en el transcurso de la operación, va instruyendo a los operadores.

### **2.34 CALCULO DE LA CELDA DIARIA.**

#### **Residuos sólidos a recibir.**

Para el cálculo de la celda diaria esperada se requiere conocer la producción de residuos generada. A continuación se presenta una tabla que indica la cantidad de toneladas esperadas para diferentes poblaciones y diferentes producciones per cápita para la misma población, los colores de la primera tabla indican de conformidad a la legislación de cada país el tipo de operación permitida.

Tabla 2.1 de toneladas esperadas por día en relación a la población atendida.

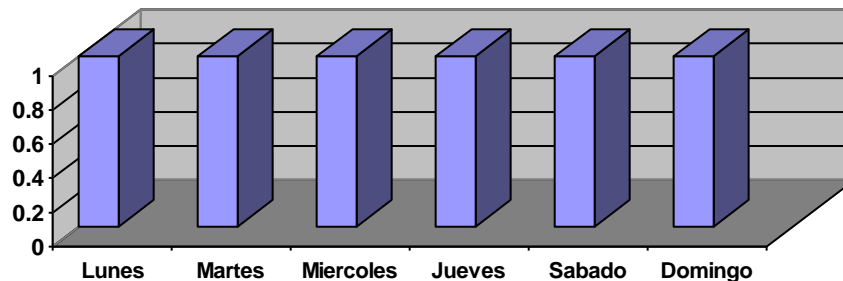
<b>Población Atendida habitantes</b>	<b>Producción per cápita</b>					
	<b>Kg / hab. / día</b>					
	<b>0.30</b>	<b>0.40</b>	<b>0.50</b>	<b>0.60</b>	<b>0.70</b>	<b>0.80</b>
	<b>Toneladas x día</b>					
<b>3,000</b>	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4
<b>5,000</b>	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
<b>10,000</b>	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
<b>25,000</b>	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0
<b>50,000</b>	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0
<b>75,000</b>	22.5	30.0	37.5	45.0	52.5	60.0
<b>100,000</b>	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0
	<i>Manual</i>					
	<i>Manual o Mecanizado</i>					
	<i>Mecanizado</i>					

Fuente: Guía práctica para la operación de celda diaria en rellenos sanitarios pequeños y medianos.

## DÍAS DE RECOLECCIÓN

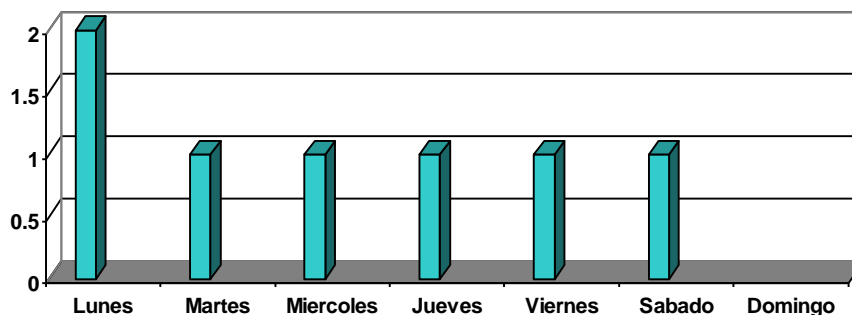
El siguiente dato importante es conocer cuántos días se presta el servicio y cuántas toneladas y metros cúbicos se espera recibir por día de trabajo, en los gráficos siguientes se muestra lo que se espera suceda dependiendo los días de recolección, si se tiene una recolección diaria incluyendo el domingo se espera que todos los días ingreso el mismo peso y volúmen gráfico a).

a) Recepción diaria por siete días



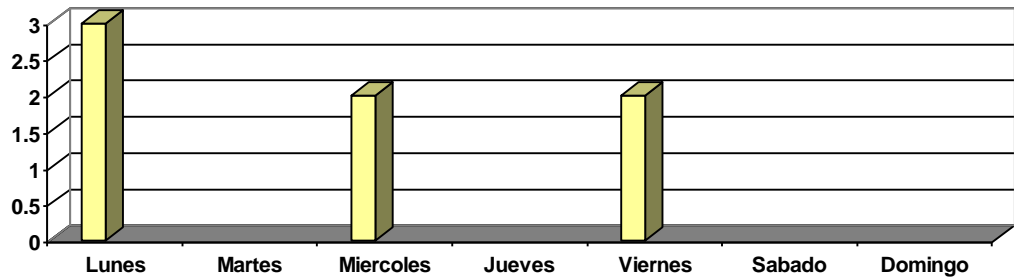
Cuando la recolección se realiza durante seis días, el primer día se duplicara el peso y el volúmen y los cinco restantes se mantendrá en relación a una unidad en peso y volúmen, gráfico b).

b) Recepción diaria por seis días



Al realizar la recolección tres días por semana, para el primero se recibirá 3 veces la generación de un día y en los otros días dos veces la producción diaria, gráfico c).

### c) Recepción diaria por tres días



Como puede observarse en los casos b) y c) hay un día que se recibe más desechos.

## **SELECCIÓN DE EQUIPO PARA LA CELDA DIARIA.**

Para el dimensionamiento de la celda deberá tenerse en cuenta los rendimientos de los equipos o herramientas que se están utilizando o utilizarán para el proceso diario, en el proceso de operación del relleno sanitario caso de operación manual, la guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales de la Organización Panamericana de la Salud OPS, muestra los siguientes valores de rendimiento y en resumen plantea que un hombre es capaz de procesar 2.5 toneladas diaria en una jornada de 6 horas.



Cuadro 2.4 Rendimientos en Rellenos Manuales.

<i>Operación</i>	<i>/hr-hombre</i>
<i>Movimiento de desechos</i>	<i>0.95 ton</i>
<i>Compactación de desechos</i>	<i>20 m<sup>2</sup></i>
<i>Movimiento de tierra</i>	<i>0.37 m<sup>3</sup></i>
<i>Compactación de celda</i>	<i>20 m<sup>2</sup></i>

Fuente; Guía práctica para la operación de celda diaria en rellenos sanitarios pequeños y medianos.

Caso operación mecánica, deberá consultarse con el fabricante del equipo a continuación se muestra como ejemplo los equipos recomendados por Caterpillar.

Cuadro 2.5 Selección de Equipo basada en población y tonelaje diario.

<i>Poblacion</i>	<i>Ton metrias/dia</i>	<i>Maquina(s) Requerida(s)</i>
<i>0-20000</i>	<i>0-45</i>	<i>D3 ó 933</i>
<i>20000-60000</i>	<i>45-136</i>	<i>D4 'ó 939 y un 816</i>
<i>60000-100000</i>	<i>136-226</i>	<i>D5 ó D6 ó 953 y 816</i>

D3, D4, D5, D6: Tractores de cadenas.

816: Compactador de relleno sanitario.

933, 953. Cargador de cadena.

Fuente: Guía práctica para la operación de celda diaria en rellenos sanitarios pequeños y medianos.





## **DIMENSIONAMIENTO DE LA CELDA DIARIA.**

Con el volúmen de operación conocido, el diseño geométrico del relleno definido por el especialista, y el equipo de operación seleccionado, se definirá las dimensiones, La altura se limitará conforme al método de operación, para rellenos manuales se recomienda un metro de altura, para rellenos con equipo semi pesado como mini cargador deberá mantenerse un metro con equipos pesados entre un metro y tres de altura.

**Área de celda = Volúmen de residuos a procesar / Altura de celda**

El largo de la celda estará sujeto a las variaciones normales del ingreso de residuos como ya se vio en las gráficas b) y c), mientras que el ancho se puede mantener constante, y dependerá del diseño geométrico.



## **EJEMPLO DE DIMENSIONAMIENTO DE LA CELDA DIARIA.**

### **Operación de relleno sanitario de Villanueva, Honduras.**

#### *Antecedentes*

**Población:** Estimada para el 2004: 35.781 hab.

**Ubicación:** El Municipio de Villanueva se localiza en el centro del Departamento de Cortés, lo cual se encuentra al norte de Honduras, con costa en el Atlántico.

**Precipitación:** Promedio de 1100 mm / año

**Producción Per cápita:** 0.60 kg/persona-día<sup>4</sup>

#### **Producción diaria estimada de residuos sólidos:**

21.5 ton / día = 107.3 m<sup>3</sup> / día

#### **Fuente de Información:**

Este estudio de caso es una versión reducida de un manual desarrollado por Stewart Oakley para USAID Honduras: “Manual de Diseño de Rellenos en Honduras”.

Para mas información, solicite una copia de ese documento a USAID Honduras.

**Tipo de Operación:** Relleno Sanitario Semi-Mecanizado.

El relleno semi-mecanizado de Villanueva, Honduras utiliza periódicamente una excavadora para la excavación de las trincheras, y una retroexcavadora de vez en cuando para la cobertura de tierra. La compactación ocurre a través del asentamiento de la trinchera con tiempo, por el peso del material excavado de una trinchera nueva que se

pone encima de la trinchera llena con los RSM, y por la descomposición biológica. El drenaje para lixiviados consiste de una red horizontal de zanjas de piedra, en el fondo de la trinchera.

Fotografía 2.7 Trinchera con drenaje y Chimenea para biogas.



Fuente: Guía práctica para la operación de celda diaria en rellenos sanitarios pequeños y medianos.

### **Diseño del Sistema de Trincheras para Villanueva, Cortés.**

1. Para empezar se asume que la profundidad es 4m y el ancho 4m. Se utiliza los siguientes valores para estimar la generación de residuos inicial y en el futuro.



Año:	<u>2004</u>	<u>2014</u>
$V_d$ , m <sup>3</sup> /día	107	155

El largo mensual,  $l_{mes}$ , sería:

$$l_{mes} = \frac{V_m}{p \cdot a} = \frac{3,220 \text{ m}^3/\text{mes}}{(4\text{m})(4\text{m})} = 201 \text{ m/mes}$$

2. Se calcula el área superficial de trincheras por mes y por año:

$$A_{ST-m} = a \cdot l_{mes} = (4\text{m})(201\text{m/mes}) = 805\text{m}^2$$

$$A_{ST-a} = 12 \cdot A_{ST-m} = 12 \cdot (805\text{m}) = 9,660\text{m}^2$$

3. Se determina el volúmen de cobertura requerida por mes y por año asumiendo un espesor de 0.3m:

$$V_{c-m} = A_{ST-m}(E) = 805\text{m}^2(0.3\text{m}) = 193\text{m}^3$$

$$V_{c-a} = A_{ST-a}(E) = (9,660\text{m}^2)(0.3\text{m}) = 2,318\text{m}^3$$

4. Se calcula la relación de volúmen de cobertura al volúmen de desechos:



$$\frac{\text{Cobertura}}{\text{Desechos}} = \frac{V_{c-m}}{V_m} = \frac{242\text{m}^3}{3,220\text{m}^3} = 0.075$$

5. Se calcula el volúmen de suelo excedente producido por año:

$$V_{SE-a} = V_a - V_{c-a} = \frac{12\text{meses}}{\text{año}} \left( \frac{3,220\text{m}^3}{\text{mes}} \right) - 2,898\text{m}^3/\text{año} = 35,742\text{m}^3/\text{año}$$

6. Se repiten los cálculos variando los valores de  $p$  y  $a$ .

Se determina los resultados de estos cálculos para diferentes combinaciones de profundidades de 3 a 5 metros y anchos de 2 a 5 metros para el año 2004 y 2014, el último año del diseño. Se concluye que las diferencias en anchos para una profundidad específica no tienen ningún efecto en los resultados finales del área superficial total y el volúmen de cobertura.

Se nota también que el volúmen de cobertura calculado que es necesario es poco relacionado al volúmen de desechos, de 6.0 a 10.0%, un rango de relación mucho menor del que se reportan en los estudios técnicos para rellenos sanitarios. También, la relación baja con profundidad de trinchera, lo que produce más excedente de suelo. Se concluye que se debe diseñar un sistema de trincheras con la profundidad máxima posible, tomando en cuenta las restricciones del sitio y la disponibilidad de una excavadora, para minimizar el área superficial del sistema. Se puede ajustar las dimensiones de ancho y largo, con las restricciones de los criterios de la celda diaria, para que sean apropiadas para el sitio específico del diseño.



## ***Diseño de la Celda Diaria para el Relleno Sanitario Semi-Mecanizado de Villanueva.***

1. Se asume, para empezar, que la profundidad es de 4m y el ancho es de 2m. El largo diario,  $l_{dia}$ , entonces es:

$$l_{dia} = \frac{V_d}{p \cdot a} = \frac{107m^3/día}{(4m)(2m)} = 13.4m/día \quad (\text{Deja suficiente espacio para la descarga de desechos.})$$

2. Se calcula el área superior, del frente, y superficial total:

Área Superior:  $A_{s-d} = a \cdot l_{dia} = (2m)(13.4m) = 26.8m^2$

Área del Frente:  $A_f = a \cdot p = (2m)(4m) = 8m^2$

Área Superficial Total:  $A_{ST-d} = A_{s-d} + A_f = a(l_{dia} + p) = 26.8m^2 + 8.0m^2 = 34.8m^2$

3. Se repiten los cálculos variando los valores de  $p$  y  $a$ .

El resumen de los cálculos se presenta en el Cuadro 1 y. En términos del área superficial total,  $AST-d$ , existe una disminución significativa con profundidad de las celdas de hasta 4 metros, y un ancho de 2 a 4 metros es mejor que uno más amplio. También, se puede concluir que hay un límite después de 4 metros de profundidad en lo cual el área de frente,  $A_f$ , domina más el área superficial total,  $AST-d$ , que el área superior,  $As-d$ .

Se concluye que una celda, y por ende una trinchera, con una profundidad de 4 a 5 metros y un ancho de 2 a 4 metros, será el mejor diseño para minimizar el área superficial total y particularmente el área superior y, por lo tanto, el volumen de materia



de cobertura. Como se ve en el Cuadro 1, esos rangos dejarían un largo diario suficiente para dos camiones en paralelo podrían descargar los desechos.

Cuadro 2.6: Área superior, Área de frente y Área Superficial total para varias Profundidades y Anchos de Celdas Diarias.  $V_d = 107 \text{ m}^3/\text{día}$ .

$V_d$ $\text{m}^3/\text{día}$	$p$ $m$	$A$ $m$	$l_{\text{día}}$ $m$	$A_{s'd}$ $\text{m}^2$	$A_f$ $\text{m}^2$	$A_{ST'd}$ $\text{m}^2$
107	5	2	10.7	21.4	10.0	31.4
107	5	3	7.1	21.4	15.0	36.4
107	5	4	5.4	21.4	20.0	41.4
107	5	5	4.3	21.4	25.0	46.4
107	5	6	3.6	21.4	30.0	51.4
107	4	2	13.4	26.8	8.0	34.8
107	4	3	8.9	26.8	12.0	38.8
107	4	4	6.7	26.8	16.0	42.8
107	4	5	5.4	26.8	20.0	46.8
107	4	6	4.5	26.8	24.0	50.8
107	3	2	17.8	35.7	6.0	41.7
107	3	3	11.9	35.7	9.0	44.7
107	3	4	8.9	35.7	12.0	47.7
107	3	5	7.1	35.7	15.0	50.7
107	3	6	5.9	35.7	18.0	53.7
107	2	2	26.8	53.5	4.0	57.5
107	2	3	17.8	53.5	6.0	59.5
107	2	4	13.4	53.5	8.0	61.5
107	2	5	10.7	53.5	10.0	63.5
107	2	6	8.9	53.5	12.0	65.5

Fuente: Guía práctica para la operación de celda diaria en rellenos sanitarios pequeños y medianos.



### ***Selección de Maquinaria para la Excavación de Trincheras.***

La ventaja fundamental de un relleno sanitario semi-mecanizado para una municipalidad es el ahorro que se obtiene al no tener que usar maquinaria a tiempo completo en el sitio. Porque una excavadora, o tal vez una retroexcavadora para poblaciones pequeñas, es el equipo más eficiente para excavar trincheras, se recomienda que se utiliza una de suficiente tamaño para que pueda excavar una trinchera mensual en uno o dos días como una regla práctica.

El Cuadro 3 muestra las horas requeridas de una retroexcavadora de 80 hp, y tres excavadoras de 84, 150, y 285 hp, para excavar una trinchera que dura un mes, para poblaciones de 1,000 a 75,000 personas. (Se asumió que la producción de los RSM per cápita es 0.60 kg/persona-día con una densidad de 200 kg/m<sup>3</sup>.) En los cálculos se asumió que el tiempo de ciclo de la excavadora (tiempo para excavar y llenar el cucharón, descargarlo, y volver otra vez al fondo de la trinchera) es aproximadamente de 30 segundos, lo que está más de los tiempos de ciclo para operación normal de todas las excavadoras (Caterpillar, 1998).



Cuadro 2.7: Horas Requeridas de Varias Excavadoras y Retroexcavadoras para Excavar Trincheras Mensuales. Tiempo de Ciclo = 30 segundos.

<i>Población</i>	<i>V<sub>m</sub></i> <i>m<sup>3</sup>/mes</i>	<i>Retroexcavadora</i> <i>Horas/mes</i>	<i>Excavadoras</i> <i>Horas/mes</i>		
		<i>80 hp<sup>1</sup></i>	<i>84 hp<sup>2</sup></i>	<i>150 hp<sup>3</sup></i>	<i>285 hp<sup>4</sup></i>
1,000	90	4	2	1	0.4
2,000	180	7	3	2	0.7
3,000	270	11	5	3	1.1
4,000	360	14	6	4	1.4
5,000	450	18	8	5	2
10,000	900	36	15	9	4
20,000	1,800	72	30	18	7
30,000	2,700	108	45	27	11
40,000	3,600	144	60	36	14
50,000	4,500	180	75	45	18
75,000	6,750	270	113	68	27

1. potencia = 80 hp; Capacidad del Cucharón = 0.2 m<sup>3</sup>; Producción = 25 m<sup>3</sup>/hora

2. Potencia = 84 hp; Capacidad del Cucharón = 0.5 m<sup>3</sup>; Producción = 60 m<sup>3</sup>/hora

3. Potencia = 150 hp; Capacidad del Cucharón = 1.0 m<sup>3</sup> Producción = 100 m<sup>3</sup>/hora

4. Potencia = 285 hp; Capacidad del Cucharón = 2.0 m<sup>3</sup>; Producción = 250 m<sup>3</sup>/hora.

Fuente: Guía práctica para la operación de celda diaria en rellenos sanitarios pequeños y medianos.

**CAPITULO III**  
**HISTORIA DE LOS RELLENOS SANITARIOS EN ESTUDIO.**



## **3.1 HISTORIA DEL RELLENO SANITARIO DE USULUTAN**

### **SOCINUS SEM.**

#### **3.1.1 CREACION DEL PROYECTO.**

El rediseño del relleno sanitario para la disposición final de los desechos sólidos municipales de los municipios atendidos por SOCINUS SEM se basa en tres aspectos fundamentales tales como: Salud Pública, Ambiente y Desarrollo Municipal.

Lo anterior permite iniciar el proceso de manejo integral de los desechos sólidos, partiendo de superar los problemas de disposición final, eliminando los basureros a cielo abierto y brindando atención a polos habitacionales ubicados en zonas sensibles de contaminación y que principalmente constituyen la zona de almacenamiento de agua para consumo humano.

#### **3.1.2 Zonificación.**

Primeramente se plantea el concepto general del diseño del relleno en donde se planifica el desarrollo de las obras que se construirán, este parte de una zonificación del uso del terreno que permite ordenar el relleno, para ello se identificaron las áreas potenciales con capacidad de almacenamiento de desechos y con el objeto de darle identidad al proyecto se le asignó un nombre a cada zona, bautizándola con el nombre de

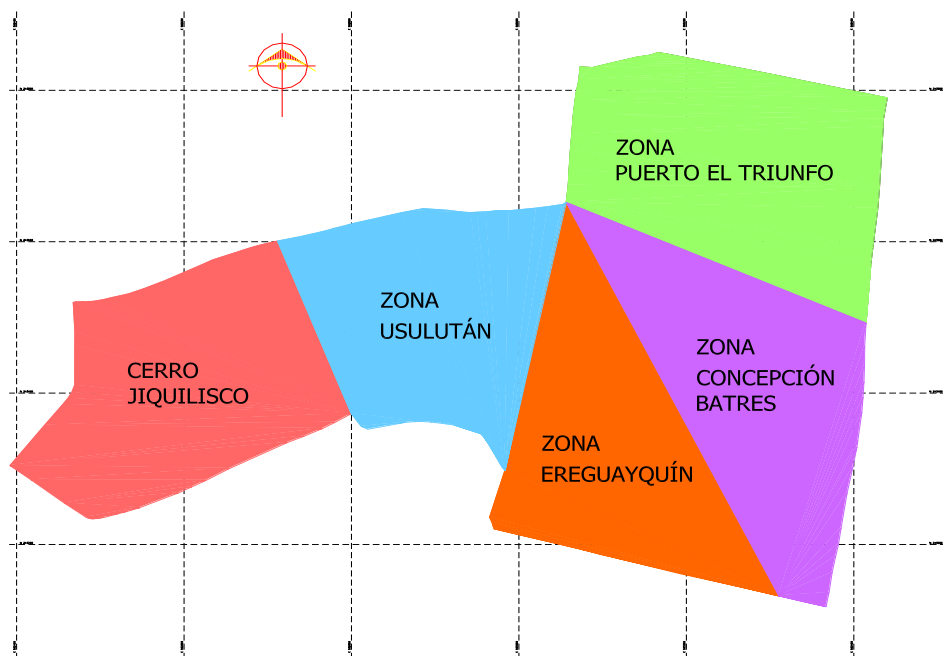


cada uno de los cuatro municipios socios, incluyendo la zona 5 que la constituye un cerro con mucho afloramiento de roca que no será utilizado como zona activa del relleno y por lo tanto se identificara como Cerro Jiquilisco en honor al primer municipio cliente que adquirió un contrato de servicios con SOCINUS SEM.

En la figura 3.1 se muestra la zonificación del proyecto, la primera zona de trabajo la constituye la Zona Puerto El Triunfo, debido a que en el diseño original se decidió trabajar primeramente esta zona y es en la que se tiene la infraestructura básica, como el acceso principal, la bascula y los accesos internos que conducen a la primera área habilitada del relleno.

Una establecida las Zonas de trabajo se puede hacer una distribución de áreas y definir los usos de las mismas, por ejemplo resulta que el área útil para disposición de la basura es de 24 manzanas y las restantes 36 manzanas son utilizadas para contención, accesos, zona de operación y áreas de reforestación, en la tabla 3.1 se presenta la distribución designada para los elementos de desarrollo del relleno.

Figura 3.1 Zonificación del proyecto SOCINUS SEM.



Fuente: rediseño del relleno regional de usulután.

Tabla 3.1 Resumen de áreas utilizadas en el desarrollo del relleno sanitario.

AREAS	M <sup>2</sup>	V <sup>2</sup>	Manzana
Terrazas y Zona de Tratamiento de Lixiviados	167,973.44	240,336.40	24.03
Calle Perimetral	21,334.20	30,524.97	3.05
Operaciones (Vivero Y Compostera)	8,941.41	12,793.37	1.28
Amortiguamiento	47,025.95	67,284.72	6.73
Reforestación Cerro Desparramo	76,895.82	110,022.54	11.00
Reforestación Cerro Jiquilisco	98,516.34	140,957.18	14.10
<b>AREA TOTAL DEL TERRENO</b>	<b>420,687.158</b>	<b>601,919.19</b>	<b>60.19</b>

Fuente: rediseño del relleno regional de usulután.



El área adicional no se debe ver como desperdiciada pues un relleno siempre contempla una área adicional, algunos autores sugieren un 20% a 40% adicional, en la práctica se tiene experiencia que este factor es mayor pues es muy difícil encontrar terrenos ideales que toda su área sea factible para almacenar basura, por que el factor es de 2 a 4 veces y en rellenos pequeños tiende a crecer por el simple hecho de retirarse de la colindancias que en forma conservadora se aplica 20 metros.

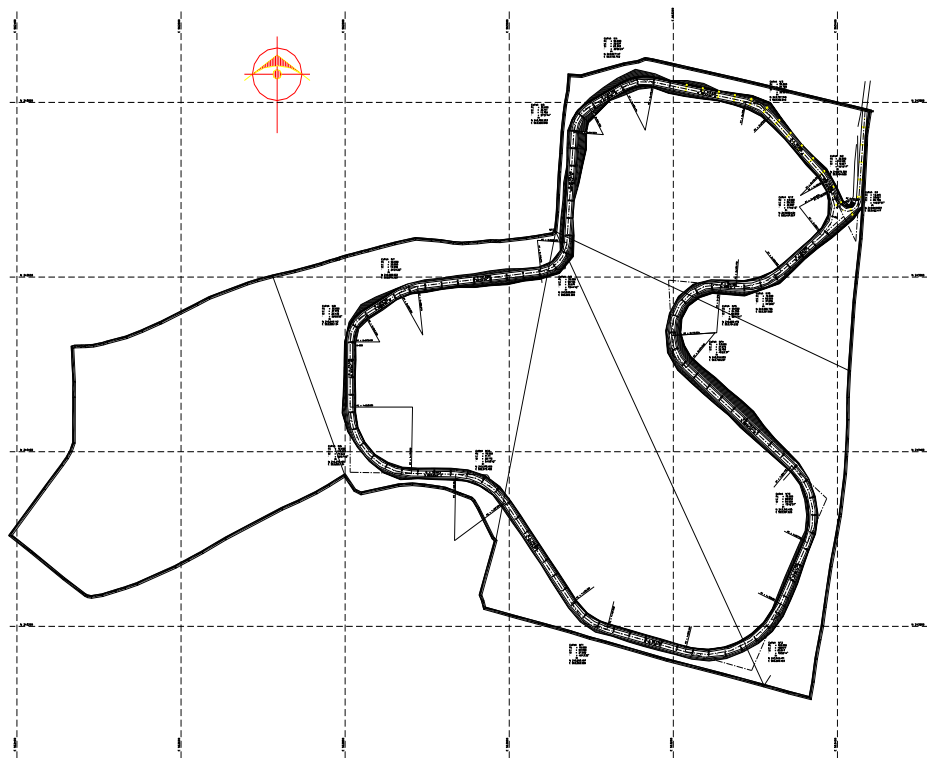
Esta infraestructura existente condiciona el rediseño del relleno, por ejemplo el acceso principal que a pesar de ser inadecuado, modificarlo involucraría dejar sin valor la inversión que se realizó en la compra de la servidumbre, construcción de un puente de concreto reforzado y apertura de 800 metros de calle, que conllevaría a mover la bascula, lo cual no es aconsejable desde el punto de vista económico y técnico pues en realidad la zona siempre será habilitada y ya se logró la aceptación de la población cercana a que este acceso se mantenga.

### **3.1.3 Accesos y Drenajes.**

El drenaje en un relleno sanitario es fundamental y este se establece tanto a nivel permanente como provisional de acuerdo al avance del mismo y de acuerdo al comportamiento del drenaje natural del terreno, para este caso se decidió diseñar una calle perimetral que permitirá controlar la escorrentía superficial de todas las zonas de trabajo, al mismo tiempo facilitara el acceso a las zonas de trabajo.

En la figura 3.2 se presenta el concepto de la calle perimetral.

Figura 3.2 Trazo de la calle perimetral que facilitara el acceso y el drenaje del área de trabajo en SOCINUS SEM.



Fuente: rediseño del relleno regional de usulután.

La calle perimetral no se construye de una sola vez, esta se ira construyendo cada vez que se inicien los trabajos de terracería en cada Zona, la idea es que se permita realizar aperturas de calles provisionales a las zonas de trabajo y que estas calles en su conjunto permitan controlar la escorrentía del agua de lluvia y descargarla esta en los drenajes naturales del terreno.

Las pendientes de las calles se mantendrá menor del 10% en todos los casos, excepto el tramo que ya fue construido que conduce al Cerro El Desparramo, que solo se



modifico el tramo de llegada, quedando al inicio con una pendiente del 17%, la cual se ha planteado en el presupuesto empedrar dicho tramo.

Los drenajes de la calle deberán construirse una vez esta sea habilitada, ya que son vitales para la conservación de la calle, estos han sido diseñados para conducir el agua sin ocasionar erosiones en el terreno y de tal forma que las zonas drenadas sean las mismas que actualmente en forma natural tiene el terreno de tal forma de no llevar mas agua a los drenajes fuera del terreno y ocasionar daños a terceros.

### **3.1.4 REDISEÑO DEL CONFINAMIENTO DE BASURA.**

El rediseño respeta todas las obras de terracería realizadas hasta el momento y las modificaciones tienen como finalidad mejorar la funcionalidad de las mismas, uno de los aspectos más fundamentales a ser fortalecido es el drenaje de las aguas lluvias, así como la definición de avance en la terracería, la cual se definirá en niveles por terraza con cortes a 90 ° y diferencias de nivel de 5 metros y no por cortes con taludes inclinados como estaba previsto originalmente.

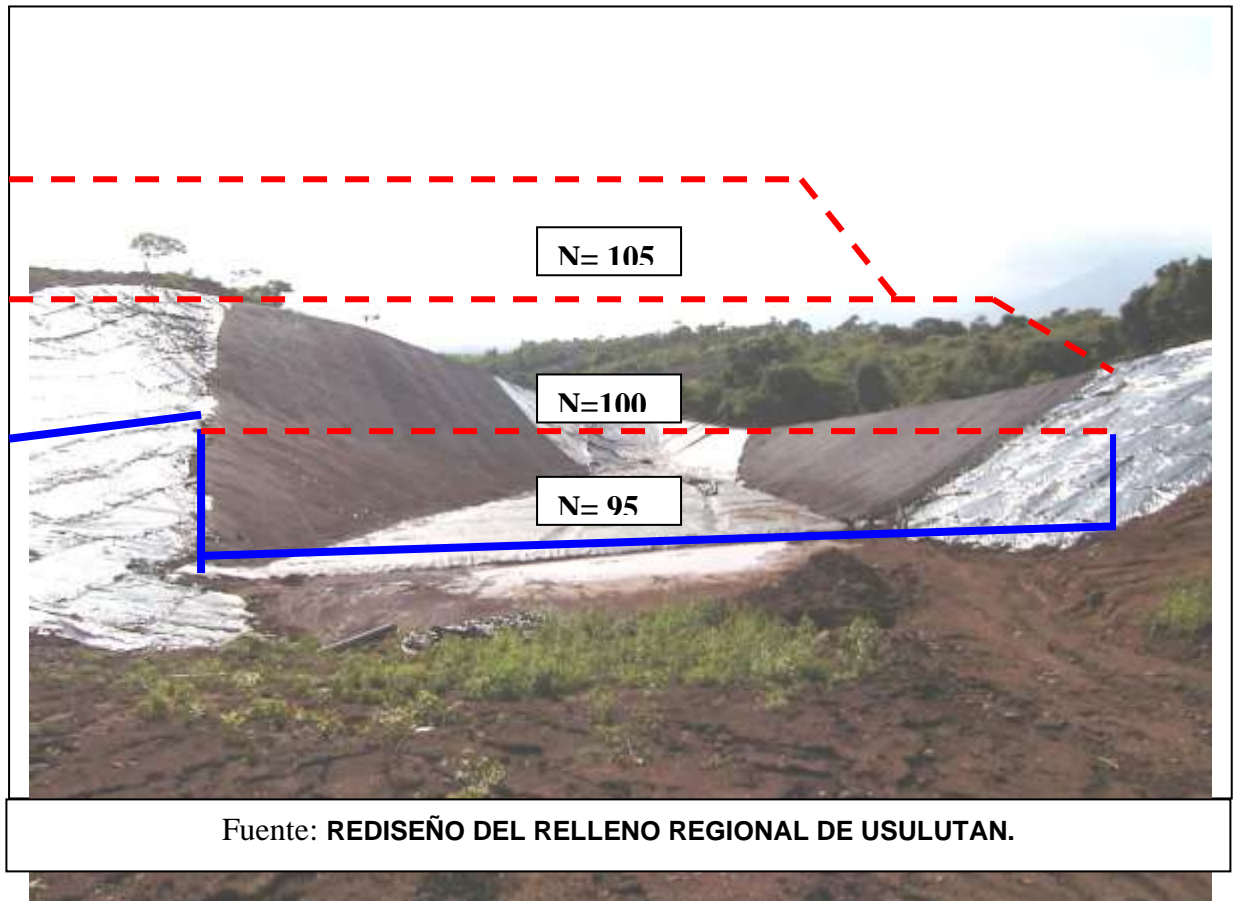
La conformación de terrazas se plantea en la fotografía 3.1, mostrando esquemáticamente el concepto básico de avance que permitirá conocer la capacidad de almacenamiento por terraza, esta forma de construcción no requiere diques para poder confinar los desechos y permite drenar más fácilmente el terreno.

Partiendo de la zonificación establecida se reconocen tres grandes áreas de trabajo que convierte al relleno en tres básicamente, la primera área es la Zona Puerto El



Triunfo, la segunda es la Zona Usulután y la última esta constituida por las Zonas de Ereaguayquín y Concepción Batres.

Fotografía 3.1. Área original habilitada que muestra el esquema de avance futuro





### **3.1.5 IMPACTO AMBIENTAL.**

#### **3.1.6 Descripción del sitio.**

##### **Ubicación.**

Sitio el Desparramo, entre los cerros El Desparramo y Desparrame, jurisdicción del municipio de Usulután.

#### **3.1.7 Aspecto físico.**

##### **Hidrografía.**

Este municipio encierra una formación hidrológica abundante que se distingue por los diferentes elementos que la constituyen y que va desde las quebradas, cañadas, ríos, etc. Hasta los esteros, islas, brazos y la península de San Juan del Gozo, diseminados en los alrededores de la bahía de Jiquilisco. El costado Sur del departamento es bañado por el Océano Pacífico que representa sobre todo para los habitantes de la costa una fuerte riqueza natural ya que les proporciona abundante pesca artesanal e industrial. Entre los elementos hidrográficos mas notables se destacan los ríos: Lempa, Grande de San Miguel, Gualcho, Mercedes Umaña, El Molino, El potrero, San Lazaro, Jiotique y la Bahía de Jiquilisco.

##### **Orografía.**

En este departamento se sitúan parte de dos accidentes orográficos prominentes llamados Sierra Tecaza - chinameca y cordillera Juacuarán – Intipucá, la primera comienza en le margen izquierdo del río Lempa y finaliza en el valle del río Grande de



San Miguel, entre los elementos orográficos más notables que conforman esta sierra y que pertenecen al departamento se destacan los volcanes de Usulután y Tecaza y los cerros: el tigre, La manita y el Taburete. La cordillera Jucuarán – intípica comprendida desde el lado Sur oriental del departamento, el golfo de Fonseca, contiene dentro de este departamento un grupo numeroso de elementos orográficos entre los que se destacan los cerros: el mono, el monito, de chiripa, y el chino. En general la topografía del departamento revela un terreno accidentado con algunas planicies aisladas o pequeños valles con poca inclinación que cubren parte de los municipios de: nueva granada, estancuelas, Mercedes Umaña, Berlín, Santa Elena, Santa María, Ereaguayquin, batres, Usulután, San Dionisio, Puerto El triunfo y Jiquilisco. El lado Sur del departamento forma parte de la planicie aluvial costera y en su mayor parte es un terreno llano, casi a nivel del mar.

### **Clima**

De acuerdo con la altura sobre el nivel del mar existen en el departamento los siguientes tipos de clima: sabanas tropicales calientes (tierra caliente) de 0 a 800 metros sobre el nivel del mar; Clima tropical caluroso de 800 a 1200 metros sobre el nivel del mar (tierra templada); de 1200 a 1800 metros sobre el nivel del mar, clima tropical de altura. El monto pluvial anual oscila entre 1600 a 2400 mm.

### **Vegetación**

Su flora está constituida por bosques húmedos subtropicales y bosque muy húmedo tropical cuyas especies arbóreas más comunes son: mangle, papaturro, conacaste, morro, madre cacao, nance, roble, níspero y ojushte.



### 3.1.8 IMPACTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS.

Se identificaron un total de 12 impactos de los cuales 10 fueron evaluadas como negativos, y 7 de esos impactos resultaron significativos (aplicando el método MEL–ENEL y tomando los que tiene un nivel de significancia igual o mayor a 50%). Los cuales se presentan en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 impactos ambientales significativos.

Nombre Clave	Nivel de Significancia (%)
Alteración del Aire	100
Cierre de Operación celdas	90
Disposición final D.S.	88
Alteración de suelos	60
Alteración de drenajes	60
Alteración de paisaje	55
Alteración de escorrentía	55

Fuente: rediseño del relleno regional de usulután.

## Medidas de mitigación

En el tabla 3.3 se mencionan las medidas de mitigación para los impactos generados por el proyecto, estas medidas de mitigación forman parte de la ingeniería del proyecto y no significan un costo adicional para el Programa de Manejo Ambiental.

Tabla 3.3 Medidas de Mitigación.

No.	Impacto Generado.	Medida de Mitigación.
1	Cambio de la calidad del aire por material particulado (polvo) , humo, ruido, ( maquinaria), gases resultantes del proceso de descomposición.	Riego de zonas y perforación del pozo
		Venteo y quema del biogas. Conservación e introducción de zonas forestadas como barrera sónica.
2	Incremento en la generación de lixiviados, acumulación de gases y riesgo en la salud por falta de manejo del sitio al cierre de operaciones.	Implantar un programa de manejo y monitoreo del sitio para cierre de operaciones.
3	Reducción de la vida útil del Relleno sanitario e incremento de riesgo de enfermedades infecto contagioso.	Controlar la cantidad y calidad de desechos vertidos.
4	Desestabilización del talud o pared y modificación de la calidad del suelo.	Mantener la inclinación adecuada en los taludes.
		Controlar el funcionamiento de los drenajes temporales y perimetrales de las zonas de terrazas.
5	Contaminación del agua por descomposición de los desechos sólidos.	Construcción de un sistema de drenaje y tratamiento de lixiviados.
6	Cambio de las canalizaciones naturales y de puntos de descarga, aumento de escorrentía por impermeabilización de las áreas.	Forjado de la canaleta perimetral externa.
7	Cambio en la cuenca visual debido al desarrollo del proyecto, además se pierde la conectividad de áreas vegetadas.	Limpieza periódica.
		Conservación e introducción de zonas forestadas.

Fuente: rediseño del relleno regional de usulután.



### 3.1.9 DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO SOCINUS SEM.

#### 3.1.10 CELDA DIARIA.

##### *Datos de diseño*

**Producción de desechos/día:** 59 ton/día

**Densidad en relleno recién compactada:** 0.600 ton/m<sup>3</sup>

**Factor de material de cobertura:** 1.26

**La basura en el relleno por día durante la semana laboral de 6 días será:**

$$Ds = 59 * 7/6 = 68.83 \text{ ton/día}$$

$$\text{Volúmen de desechos} = 68.83 / 0.600 = 114.72 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Volúmen de tierra diario} = 114.72 * 0.26 = 29.83 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Volúmen de la celda diaria} = 114.72 + 29.83 = 144.54 \text{ m}^3/\text{día}$$

**Area de celda = volúmen de material/ altura de la celda diaria (1.0 m)**

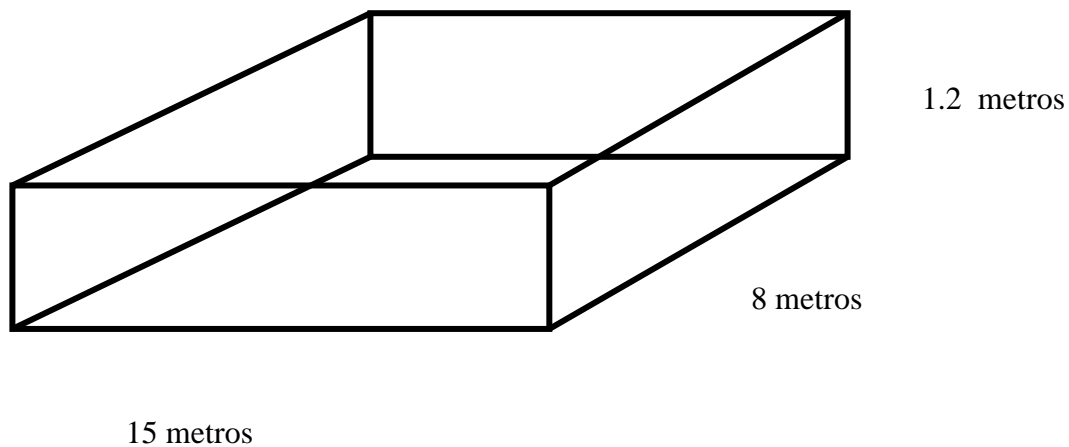
$$\text{Area la celda} = 144.54 \text{ m}^3 / 1.20 \text{ m}$$

$$\text{Area la celda} = 120.46 \text{ m}^2$$

**Frente de trabajo de 15 metros para permitir en hora pico que 4 camiones descarguen simultáneamente.**

$$\text{Largo de celda} = 121/15 = 8.0 \text{ m}$$

Figura 3.3 Dimensiones de la celda diaria de SOCINUS SEM.



Fuente: rediseño del relleno regional de Usulután.

#### **Pasos para la construcción de las celdas diarias.**

- Para la construcción de la primera celda se recomienda delimitar el área que ocupará de acuerdo con las dimensiones estimadas basadas en la cantidad de desechos y grado de compactación fundamentales, esto dará una visión rápida y aclarará las dudas de los trabajadores.
- Descargar la basura en el frente de trabajo, definido de 15 metros, a fin de mantener una sola y estrecha área descubierta durante la jornada y evitar el acarreo de larga distancia.
- Esparcir la basura en capas delgadas de 0.30 m y compactar hasta obtener la altura de 1 metro que es la altura de la celda diaria dimensionada por día, en caso



de alcanzar esta altura antes de finalizar la jornada del día ampliar el ancho de la celda, esto ocurrirá a medida ingresen mas desechos al relleno, tal y como ha sido proyectado, sin embargo la dimensión de la celda diaria se da para las cantidades actuales por lo que se debe conservar es la altura y las dimensiones de la base ir ampliando según el crecimiento normal del relleno.

- Al final del día y haber alcanzada la altura final de la celda diaria de 1 metro, se procede a cubrir la basura compactada con una capa de 15 a 20 cm para taparlas completamente y rellenar las irregularidades de la superficie, hasta obtener una superficie uniforme
- El esparcimiento y compactación se realizan en capas horizontales o inclinadas con una pendiente de 1:3 (altura: avance), lo cual proporciona mayor grado de compactación, mejor drenaje superficial, menor consumo de tierra, mejor contención y estabilidad del relleno.

### **Frente de Trabajo.**

Según el equipo de relleno sanitario, el ancho del frente de trabajo deberá ser de 15 metros esto se ha dimensionado de acuerdo al número de vehículos recolectores que llegan al relleno sanitario a la hora pico, para este caso se considero que llegan 12 vehículos al día y podrán estar llegando 4 simultáneamente por lo que se estableció un frente de 15 m.

El ancho de la celda diaria resulto de 8 metros para la cantidad de basura actual, esta dimensión es la que es variable pues el frente debe mantenerse lo mas pequeño





posible y la altura de 1 metro es la establecida de diseño, esta facilitara el trabajo del tractor y este trabajara mas eficientemente evitando grandes pendientes de trabajo, pues su altura máxima será 1.20 metros cuando termine de cubrir la celda diaria.

### **Zona de Descarga.**

El depósito o descarga de los residuos sólidos deberá efectuarse de tal forma que no se obstruyan las operaciones, el motorista debe acatar las órdenes del operador y la zona de descarga debe proporcionar una área estabilizada para que los camiones puedan hacer maniobras, esta área para este caso debe ser dos veces el tamaño de la celda diaria, es decir de 30 X 15 metros.

### **Material de Cubierta.**

El material de cubierta es vital este deberá estar disponible y cerca de la zona de operación pues al final de la jornada del día se utilizara para darle cobertura a la basura acomodada en la celda diaria.

### **Funciones del material de cubierta.**

- Evitar diseminación de residuos sólidos por efectos del viento
- Controlar malos olores
- Evitar la invasión al relleno de fauna nociva
- Controlar la proliferación de vectores y roedores



- Disminuir riesgos de incendio
- Estabilizar el relleno para que sea más transitable
- Evitar la infiltración de agua de lluvia
- Tipo de Material de cubierta
- Tipo: granular inerte
- Ideal: Areno-Arcilloso (30-70%)

**Bueno:** Tierra limpia libre de materia orgánica, raíces de árboles o ramas, rocas de más de 15 cm de diámetro, materiales voluminosos de construcción. El material de cubierta se protegerá, si es posible, mediante una lona o plástico.

**Malos:** Arena, barro y aluviones puros. Si se combinan con material de otro tipo podrán servir como material de cubierta.

### **Espesor de capas.**

- Capas intermedias: entre 15 y 20 cm compactados
- Capas superior: 40 a 60 cm, en el caso de contar con abundante material de cubierta se podrá utilizar para reparaciones y al final se puede aumentar en todas las zonas la capa de cubierta.

El diseño de las celdas se basa en la utilización del 25% de material de cubierta, es decir 4 metros de basura y 1 de material de cobertura, distribuidos en 4 capas intermedias de 20 cm y una final de 40 cm, con lo que se alcanzaran los 5 metros, se ha



contemplado incluso el material de los taludes en el cálculo por lo que el material de cubierta será obtenido en su totalidad del sitio.

### **3.1.11 VIDA UTIL.**

#### **Cálculo de Vida Útil.**

Con el diseño de las terrazas propuesto se obtuvo que el terreno tiene una capacidad volumétrica de 2,206,477.10 m<sup>3</sup>, esto es un dato importante pues es el resultado de un diseño y es la capacidad instalada del relleno, es decir no depende de proyecciones ni modelos matemáticos es el resultado de excavar y conformar una especie de guarda ropa o gavetas con una capacidad determinada, la pregunta es cuando se va llenar y aquí si entra la proyección la cual parte de indicadores que se rigen por condiciones de la naturaleza del residuo o desecho a depositar la tecnología que se utilice para depositarla, acomodarla, compactarla y sellarla o neutralizarla.

Una vez calculado la capacidad volumétrica del sitio y teniendo en cuenta el material de cubierta se puede ajustar el cálculo proyectado de los volúmenes estabilizados de basura que se pueden disponer en el sitio, determinando así la vida útil del sitio bajo las condiciones existentes.

A continuación se enuncian los datos del cálculo de proyección en donde se ha calculado la tasa ponderada de crecimiento poblacional de los 5 municipios participantes, definida como población de diseño y se ha considerado que la producción de desechos aumenta con una tasa anual de 1%. En la tabla 3.4 se observa que el



volúmen de que tiene el sitio con el diseño propuesto se llena en 31 años aproximadamente que indica que se depositaran, 1,315,982.00 toneladas de basura.

#### DATOS DE CÁLCULO.

<b><i>Población a servir año 2004 (5 Municipios)</i></b>	<b>86,089</b>	<b>hab</b>
	100	%
<b><i>Producción por persona por día ponderada</i></b>	0.69	kg/hab/día
<b><i>Tasa de crecimiento poblacional ponderada</i></b>	3.1	%
<b><i>Factor de material cobertura</i></b>	1.25	
<b><i>Factor de área adicional (zona de retiro y accesos)</i></b>	2.51	
<b><i>Densidad de desechos compactados en el relleno</i></b>	0.55	ton/m <sup>3</sup>
<b><i>Densidad de desechos estabilizados en el relleno</i></b>	0.75	ton/m <sup>3</sup>
<b><i>Tasa de crecimiento de producción de desecho hab/día/año</i></b>	1	%
<b><i>Altura Promedio de las terrazas (altura de celda diaria de 1 m)</i></b>	13.1	m

Obsérvese que sé esta condicionando un factor muy importante que es el grado de compactación de la basura que es de 550 kg/m<sup>3</sup>, que con el tractor de oruga tipo D6 se puede lograr pasando de 4 a 6 veces sobre la basura, ahora si se logra mayor compactación mejor, ahora la densidad de los desechos estabilizados se ha fijado en 750 kg/m<sup>3</sup>, que también podría ser mayor, pero este valor es conservador.

En la tabla 3.4 se presenta el cálculo del volúmen requerido, en donde se estima que el relleno tendrá una vida útil de 31 años de acuerdo a su capacidad volumétrica, basado en esta proyección se ha elaborado la tabla 3.5 en donde se proyecta la vida útil por terraza.



Tabla 3.4. Cálculo de volúmen y área requerida para determinar la vida útil del Relleno Sanitario Regional de Usulután

AÑO	HAB.	PPC kg/hab/día	CANTIDAD DE DESECHOS			VOLÚMEN DE DESECHOS SÓLIDOS (m <sup>3</sup> )					AREA REQUERIDA	
			Diaria (kg)	Anual (ton)	Acumulada (ton)	Compactados		Estabilizados por año	Rellenos Anual		Area rellenar (m <sup>2</sup> )	Area total del relleno (mz)
						Diario	Anual		(Ds + MC )	Acumulado		
1	86,089	0.69	59,401	21,681	21,681	108	39,421	28,909	36,136	36,136	2,758.45	0.9906
2	88,757	0.6969	61,855	22,577	44,258	112.5	41,049	30,103	37,628	73,764	5,630.84	2.0222
3	91,509	0.7039	64,410	23,510	67,768	117.1	42,745	31,346	39,183	112,947	8,621.90	3.0964
4	94,345	0.7109	67,071	24,481	92,249	121.9	44,511	32,641	40,801	153,748	11,736.52	4.2149
5	97,270	0.718	69,842	25,492	117,741	127	46,349	33,990	42,487	196,235	14,979.80	5.3797
6	100,286	0.7252	72,727	26,545	144,287	132.2	48,264	35,394	44,242	240,478	18,357.06	6.5926
7	103,394	0.7324	75,731	27,642	171,928	137.7	50,258	36,856	46,070	286,547	21,873.84	7.8556
8	106,600	0.7398	78,860	28,784	200,712	143.4	52,334	38,378	47,973	334,520	25,535.90	9.1707
9	109,904	0.7472	82,117	29,973	230,685	149.3	54,496	39,964	49,955	384,475	29,349.23	10.5402
10	113,311	0.7546	85,510	31,211	261,896	155.5	56,747	41,615	52,018	436,493	33,320.09	11.9663
11	116,824	0.7622	89,042	32,500	294,396	161.9	59,091	43,334	54,167	490,660	37,454.99	13.4512
12	120,445	0.7698	92,720	33,843	328,239	168.6	61,533	45,124	56,405	547,065	41,760.70	14.9976
13	124,179	0.7775	96,551	35,241	363,480	175.5	64,074	46,988	58,735	605,800	46,244.29	16.6077
14	128,029	0.7853	100,53	36,697	400,177	182.8	66,721	48,929	61,161	666,961	50,913.08	18.2845
15	131,998	0.7931	104,69	38,213	438,390	190.3	69,478	50,950	63,688	730,649	55,774.75	20.0304
16	136,090	0.8011	109,01	39,791	478,181	198.2	72,348	53,055	66,319	796,968	60,837.25	21.8485



AÑO	HAB.	PPC kg/hab/día	CANTIDAD DE DESECHOS			VOLÚMEN DE DESECHOS SÓLIDOS (m³)					AREA REQUERIDA	
			Diaria (kg)	Anual (ton)	Acumulada (ton)	Compactados		Estabilizados por año	Rellenos Anual		Area rellenar (m²)	Area total del relleno (mz)
						Diario	Anual		(Ds + MC )	Acumulado		
17	140,308	0.8091	113,521	41,435	519,616	206.4	75,336	55,247	69,058	866,026	66,108.89	23.7417
18	144,658	0.8172	118,210	43,147	562,763	214.9	78,449	57,529	71,911	937,938	71,598.29	25.7132
19	149,142	0.8253	123,093	44,929	607,692	223.8	81,689	59,905	74,882	1,012,819	77,314.46	27.766
20	153,766	0.8336	128,178	46,785	654,477	233.1	85,064	62,380	77,975	1,090,795	83,266.77	29.9037
21	158,533	0.8419	133,473	48,718	703,195	242.7	88,578	64,957	81,196	1,171,991	89,464.97	32.1296
22	163,447	0.8504	138,987	50,730	753,925	252.7	92,237	67,640	84,551	1,256,542	95,919.21	34.4475
23	168,514	0.8589	144,729	52,826	806,751	263.1	96,047	70,435	88,043	1,344,585	102,640.08	36.8612
24	173,738	0.8674	150,708	55,008	861,759	274	100,015	73,344	91,680	1,436,266	109,638.59	39.3746
25	179,124	0.8761	156,933	57,281	919,040	285.3	104,147	76,374	95,468	1,531,733	116,926.20	41.9918
26	184,677	0.8849	163,416	59,647	978,687	297.1	108,449	79,529	99,412	1,631,145	124,514.87	44.7171
27	190,402	0.8937	170,167	62,111	1,040,798	309.4	112,929	82,815	103,518	1,734,663	132,417.03	47.555
28	196,304	0.9027	177,197	64,677	1,105,475	322.2	117,594	86,236	107,795	1,842,458	140,645.62	50.5102
29	202,389	0.9117	184,517	67,349	1,172,823	335.5	122,452	89,798	112,248	1,954,705	149,214.14	53.5874
30	208,663	0.9208	192,139	70,131	1,242,954	349.3	127,510	93,508	116,885	2,071,590	158,136.62	56.7917

Fuente: rediseño del relleno regional de usulután.



Tabla 3.5 Definición de la capacidad volumétrica por año y definición en % de terrazas a ser habilitadas por año.

AÑO	HAB.	PPC kg/hab/día	CANTIDAD DE DESECHOS			VOLÚMEN DE DESECHOS SOLIDOS m <sup>3</sup>					capacidad volumétrica por año	
			Diaria (kg)	Anual (ton)	Acumulad a (ton)	Compactados		Estab. por año	Rellenos		Terraza/Año	% de Terraza habilitada/año
						Diario)	Anual		(Ds + MC ) Anual	Acumulado		
1	86,089	0.69	59,401	21,681	21,681	108	39,421	28,909	36,136	36,136	Terraza 95 Y	50%
2	88,757	0.6969	61,855	22,577	44,258	112.5	41,049	30,103	37,628	73,764	67,164	50%
3	91,509	0.7039	64,410	23,510	67,768	117.1	42,745	31,346	39,183	112,947	Terraza 105 Y	50%
4	94,345	0.7109	67,071	24,481	92,249	121.9	44,511	32,641	40,801	153,748	104,528	50%
5	97,270	0.718	69,842	25,492	117,741	127	46,349	33,990	42,487	196,235	Terraza 115 Y	50%
6	100,286	0.7252	72,727	26,545	144,287	132.2	48,264	35,394	44,242	240,478	106,506	50%
7	103,394	0.7324	75,731	27,642	171,928	137.7	50,258	36,856	46,070	286,547	Terraza 125 Y	50%
8	106,600	0.7398	78,860	28,784	200,712	143.4	52,334	38,378	47,973	334,520	71,933	50%
9	109,904	0.7472	82,117	29,973	230,685	149.3	54,496	39,964	49,955	384,475	Terraza 92	50%
10	113,311	0.7546	85,510	31,211	261,896	155.5	56,747	41,615	52,018	436,493	106,649	50%
11	116,824	0.7622	89,042	32,500	294,396	161.9	59,091	43,334	54,167	490,660	Terraza 95	30%
12	120,445	0.7698	92,720	33,843	328,239	168.6	61,533	45,124	56,405	547,065	212,971	30%
13	124,179	0.7775	96,551	35,241	363,480	175.5	64,074	46,988	58,735	605,800		40%
14	128,029	0.7853	100,53	36,697	400,177	182.8	66,721	48,929	61,161	666,961	Terraza 100	25%
15	131,998	0.7931	104,69	38,213	438,390	190.3	69,478	50,950	63,688	730,649	288,690	25%
16	136,090	0.8011	109,01	39,791	478,181	198.2	72,348	53,055	66,319	796,968		25%



AÑO	HAB.	PPC kg/hab/día	CANTIDAD DE DESECHOS			VOLÚMEN DE DESECHOS SOLIDOS (m <sup>3</sup> )					capacidad volumétrica por año	
			Diaria (kg)	Anual (ton)	Acumulad a (ton)	Compactados		Estab. por año	Rellenos		Terraza/Año	% de Terraza habilitada/año
						Diari o	Anual		(Ds + MC ) Anual	Acumulado		
17	140,308	0.8091	113,521	41,435	519,616	206.4	75,336	55,247	69,058	866,026		25%
18	144,658	0.8172	118,210	43,147	562,763	214.9	78,449	57,529	71,911	937,938	Terraza 105	25%
19	149,142	0.8253	123,093	44,929	607,692	223.8	81,689	59,905	74,882	1,012,819	320,798	25%
20	153,766	0.8336	128,178	46,785	654,477	233.1	85,064	62,380	77,975	1,090,795		25%
21	158,533	0.8419	133,473	48,718	703,195	242.7	88,578	64,957	81,196	1,171,991		25%
22	163,447	0.8504	138,987	50,730	753,925	252.7	92,237	67,640	84,551	1,256,542	Terraza 110	25%
23	168,514	0.8589	144,729	52,826	806,751	263.1	96,047	70,435	88,043	1,344,585	269,545	25%
24	173,738	0.8674	150,708	55,008	861,759	274	100,015	73,344	91,680	1,436,266		50%
25	179,124	0.8761	156,933	57,281	919,040	285.3	104,147	76,374	95,468	1,531,733	Terraza 115	50%
26	184,677	0.8849	163,416	59,647	978,687	297.1	108,449	79,529	99,412	1,631,145	247,451	50%
27	190,402	0.8937	170,167	62,111	1,040,798	309.4	112,929	82,815	103,518	1,734,663	Terraza 120	50%
28	196,304	0.9027	177,197	64,677	1,105,475	322.2	117,594	86,236	107,795	1,842,458	191,098	50%
29	202,389	0.9117	184,517	67,349	1,172,823	335.5	122,452	89,798	112,248	1,954,705	Terraza 125 Y	50%
30	208,663	0.9208	192,139	70,131	1,242,954	349.3	127,510	93,508	116,885	2,071,590	219,145	25%
31	215,132	0.93	200,076	73,028	1,315,982	363.8	132,778	97,370	121,713	2,193,303		25%

Fuente: **REDISEÑO DEL RELLENO REGIONAL DE USULUTAN.**





La tabla 3.5 es muy útil para ir chequeando el llenado de las terrazas de acuerdo a la basura que el relleno recibe y poder programar con tiempo la habilitación de nueva terraza o ampliación de la misma, lo cual se recomienda ejecutarse en época seca.

Con la finalidad de ofrecer varios escenarios de acuerdo al número de municipios que se podrían anexar en el futuro se ha elaborado la tabla 3.6, en donde se puede observar como varia la vida útil del relleno a medida se incorporan mas municipios y como influye la cobertura de recolección que estos ofrezcan a sus ciudades.

El listado de los municipios a que se hace referencia se presenta en la tabla 3.7, los primeros 4 son los municipios socios, cuando se habla de 5 se incluye a Jiquilisco y cuando se habla de los 12 municipios es agregando los 7 municipios más cercanos, en la tabla 3.7 aparecen en negrillas estos municipios en forma correlativa, para que se puedan identificar.

Tabla 3.6. Resumen de cálculo de vida útil de acuerdo al # de municipios y cobertura.

N° MUNICIPIOS	CONCEPTO	VIDA UTIL SEGÚN COBERTURA DE RECOLECCION					
		100%	90%	80%	70%	60%	50%
<b>4</b>	TON/DÍA	54	48	43	38	32	27
	AÑOS	32	34	36	39	42	45
<b>5</b>	TON/DÍA	59	53	48	42	36	30
	AÑOS	31	33	35	38	41	44
<b>12</b>	TON/DÍA	91	82	73	64	55	46
	AÑOS	24	26	28	31	34	37
<b>29</b>	TON/DÍA	118	106	95	82	71	59
	AÑOS	22	23	25	28	31	35

Fuente: REDISEÑO DEL RELLENO REGIONAL DE USULUTAN.



Tabla 3.7. Listado de municipios en el área geográfica de influencia del relleno sanitario.

N°	MUNICIPIO	N°	MUNICIPIO
1	USULUTAN	16	SAN AGUSTIN
2	PUERTO EL TRIUNFO	17	SAN FRANCISCO JAVIER
3	EREGUAYQUIN	18	CALIFORNIA
4	CONCEPCION BATRES	19	TECAPAN,
5	JIQUILISCO	20	ALEGRIA
6	SANTA MARIA	21	NUEVA GRANADA
7	SANTA ELENA	22	SAN BUENA VENTURA
8	SANTIAGO DE MARIA	23	MERCEDES UMAÑA
9	BERLIN	24	JUCUAPA
10	SAN RAFAEL ORIENTE (San Miguel)	25	EL TRIUNFO
11	EL TRANSITO (San Miguel)	26	ESTANZUELA
12	SAN JORGE (San Miguel)	27	CHINAMECA (San Miguel)
13	OZATLAN	28	NUEVA GUADALUPE (San Miguel)
14	SAN DIONISIO	29	LOLOTIQUE (San Miguel)
15	JUCUARAN		

Fuente: rediseño del relleno regional de usulután.

Obsérvese que en la tabla 3.7, se han contemplado los municipios de Chinameca, Nueva Guadalupe y Lolotique que ha pesar de estar mas alejados, existe la posibilidad que al pavimentar la calle que conduce de Santa Elena a Jucuapa estos municipios vean atractivo venir al relleno pues este les quedaría a menos de 26 kilómetros y no ha 45 kilómetros como actualmente, situación que inclusive afecta a Jucuapa que a pesar que es de los mayores productores de basura del departamento de Usulután la distancia es un problema.



### **3.1.12 INGRESO DE DESECHOS SÓLIDOS.**

#### **Recepción.**

El horario de operación el relleno sanitario se establecerá de acuerdo con el horario del sistema de recolección de los residuos sólidos, usualmente un relleno está en servicio de cinco a seis días a la semana y de ocho a diez horas por día.

El horario deberá colocarse a la entrada del relleno y se indicará el tipo de residuos permisibles a la entrada. Además de advertir que no se admiten pepenadores pues esto es fundamental para un Relleno Sanitario, pues debe borrar la imagen de lo que se tiene de un botadero a cielo abierto además de lo peligroso que es estar en un relleno con la operación constante de un tractor el cual se concentra en acomodar la basura en capas, compactándola y cubriéndola con tierra, por lo que la presencia de personal alrededor puede ocasionar un accidente lamentable.

Una vez autorizada la entrada al vehículo o camión y después de haber sido pesado, se le asignará el frente de operación a que deba ir a descargar y la ruta a seguir siguiendo los señalamientos del camino.

Los señalamientos de los caminos incluirán dirección, velocidad máxima permisible, entronques con los caminos programados y las celdas en operación.

Un buen señalamiento en los caminos agilizará la disposición de los residuos, evitará accidentes y congestión, elevando la eficiencia de la disposición.



Se recomienda que tanto los caminos permanentes como los temporales (es decir caminos que se abrirán, de acuerdo a la planeación del terreno) lleven algún nombre o algún color para facilitarle al chofer la localización del frente de trabajo en donde se descargará ese día.

El chofer llegará al frente de trabajo asignado y descargará o depositará los residuos e inmediatamente volverá a salir de la zona de operaciones y regresará a la báscula para ser nuevamente pesado el vehículo.

La localización de las celdas del relleno deberá estacarse para identificar los límites de las mismas. La elevación del nivel de los residuos y de la altura de material de cubierta (tierra) deberá darse también sobre el estacado.

#### **Tipo de Residuos por disponer.**

El relleno en principio sólo aceptará residuos sólidos municipales y no aceptará residuos sólidos industriales, incompatibles, peligrosos, y potencialmente peligrosos.

SOCINUS SEM, podrá ofrecer servicios de disposición final para otro tipo de desechos, siempre que cuente con el permiso ambiental para hacerlo, como es el caso de los desechos hospitalarios u otros desechos de origen industrial que requieren de un diseño especial de celdas y que en este diseño no fueron proyectadas.

**Cantidad:** El relleno sanitario recibirá los residuos sólidos generados por la comunidad y recolectados por los municipios que decidan llevar los desechos al relleno se ha proyectado que este recibirá en promedio 59 ton/día, llegando los días lunes y martes de 70 a 80 toneladas, estas cantidades irán aumentando con el tiempo, la cantidad de los



residuos sólidos, dependerá de la cobertura ofrecida a la ciudad, sin embargo en la memoria de cálculo se ha proyectado la producción de basura para cada municipio para diferentes coberturas de recolección de tal forma de contar con parámetros de referencia.

**Composición:** El relleno sanitario solo podrá recibir residuos sólidos municipales, que son aquellos provenientes de las viviendas y las actividades comerciales de la ciudad cuya composición la constituyen en mayor cantidades la materia orgánica (desperdicios de comida, frutas y la poda de árboles y jardinería), los plásticos, papeles y cartones y otros componentes de pequeñas proporciones que son considerados como no peligrosos.

### 3.1.13 TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS.

#### DISEÑO DE DRENAJE Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS.

El cálculo de los diámetros del drenaje de lixiviados se realizó utilizando los siguientes criterios.

CAUDAL DE LIXIVIADOS  
DONDE :

$$Q = P A K$$

Q =Caudal de lixiviados en m<sup>3</sup>/día

P = Precipitación media anual en m/m<sup>2</sup>/día

A =Area de la zona de confinamiento de la basura en m<sup>2</sup>

K =Coeficiente que depende de la compactación de la basura

La precipitación según las isoyetas media anual de la zona es de 1,800 mm/año y en el caso del coeficiente de compactación se utilizó una relación directa del peso volumétrico de la basura recién compactada en el relleno (0.55 ton/m<sup>3</sup>), con respecto al peso volumétrico de la basura estabilizada en el mismo (0.75 ton/m<sup>3</sup>) de tal forma que



K1 es igual a 0.73, mayor que el sugerido por este método que indica que para grados de compactación mayores de 0.7 kg/m<sup>3</sup> el valor de K es de 0.25, que es mas conservador y recomendado para el dimensionamiento de las lagunas.

$$K1 = \frac{\text{Peso volumétrico de basura recién compactada en el relleno}}{\text{Peso volumétrico de basura estabilizada en el relleno}}$$

Ahora se sabe que la cantidad de lixiviados es lo mas difícil de estimar por muchos factores que afectan y que el método utilizado en este caso es el mas sencillo pues no es exigente con el nivel de información meteorológica requerida y factores de la composición de la basura, por lo que se aplicara un factor adicional que se utiliza mucho para el dimensionamiento de alcantarillados de aguas negras que tiene relación con la magnitud de variaciones de caudales, en donde para los diámetros menores se recomienda prever el diámetro de la tubería con factor de 2 veces su capacidad hidráulica.

De acuerdo a este criterio se adoptara un valor de  $F = 2$  y además se tomara en cuenta que la precipitación media anual de los 1800 mm/año ocurre en mayor proporción en la estación lluviosa que para esta región hidrográfica es de mayo a octubre, teniéndose 3 meses de mayor precipitaciones que es la condición más desfavorable de gran producción de lixiviados y el drenaje debe ser capaz de evacuar dicho volumen de liquido percolado.



Con todos estos criterios la fórmula para encontrar el caudal de lixiviados en cada terraza y conducirlos a través de una red de colectores hacia las lagunas de tratamiento, resulta de la siguiente manera:

$$Q = \frac{P A F K 1}{365 / 4 * 86400} \text{ (m}^3\text{/s)}$$

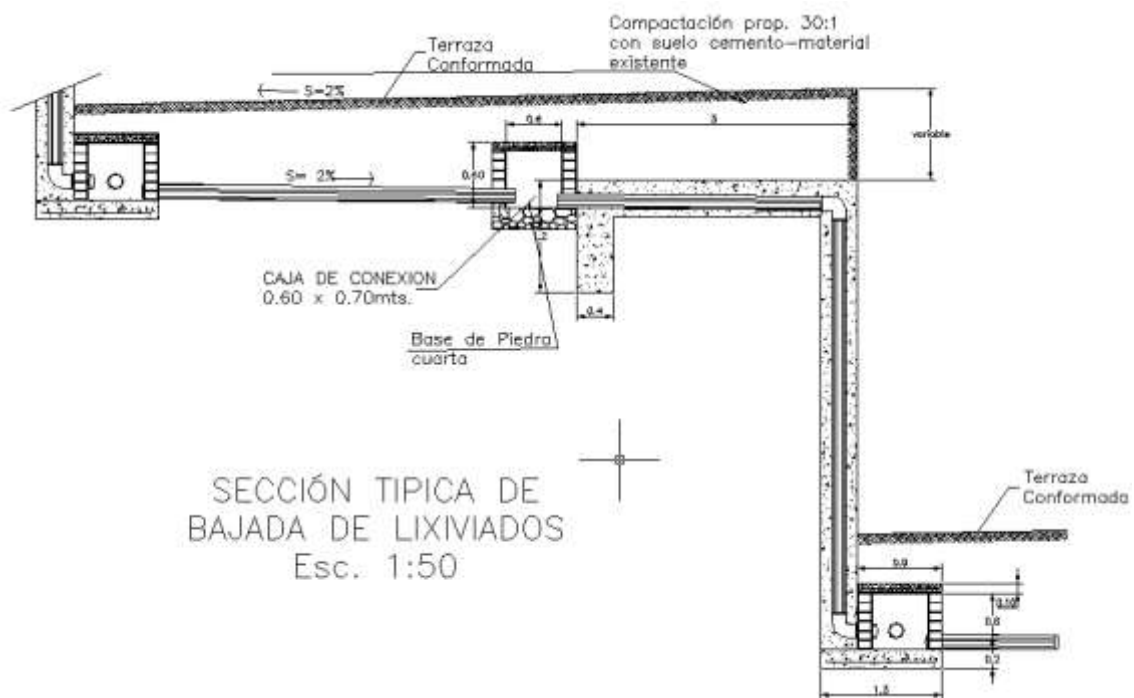
Utilizando la fórmula anterior se encontraron los caudales de diseño y aplicando la fórmula de Manning y continuidad se realizaron los cálculos hidráulicos chequeando la velocidad y la relación de caudal de tubo lleno (Qll) contra el caudal de diseño, para verificar de estar bajo las normas de diseño de conductos de drenaje, los cuales trabajan parcialmente llenos, dado que los drenajes son tuberías perforadas tipo drenaje francés se fijo que estas no sobrepasen un 50% y en el caso de los colectores que están cerrados el criterio es del 80%.

El resultado de los cálculos fue que las tuberías perforadas llamadas secundarias serán de 4", los colectores no estarán perforados y resultaron de 6" y los colectores principales de 8" y 10", las tuberías perforadas en este caso son ranuradas ya que la tubería de polietileno trae unos anillos en el exterior y para no dañarlos es preferible hacer una ranura entre los anillos de 5 mm y 8 cm de largo los cuales estarán protegidos por una capa de grava con espesor mínimo de 40 cm, para evitar que las ranuras se obstruyan y la grava será protegida con un geotextil que será asegurado con una capa de 50 cm de arena.

Existen dos detalles especiales en esta red diseñada una es las bajadas de los lixiviados de terraza en terraza, para lo cual se ha dispuesto construir una columna de concreto embebida en el corte a 90° de la terraza.

Estas columnas de concreto pretende proteger la tubería de bajada pues esta se coloca antes de depositar la basura en la terraza junto con el drenaje horizontal y queda como chimenea expuesta, lo cual con los movimientos de maquinaria puede golpearse o simplemente perder su posición, para evitar que esta se mueva se le construirá una zapata y cuando se habilite la terraza superior se anclara en esta proyectándose tres metros adentro de la terraza superior, anclada por una pequeña columna de 1.20 m (muerto de anclaje), el detalle constructivo se puede observar en la figura siguiente.

Figura 3.4 Bajado especial de lixiviados de terraza a terraza.



Fuente: Plano hoja 15 de diseño del relleno sanitario.





El otro detalle especial es la conducción de los lixiviados de las Zonas de Concepción Batres y Ereguayquín, las cuales quedan a 700 metros de las lagunas de tratamiento, con una pendiente del 1% se requiere un desnivel de 7 metros y la tubería se entierra de 3 a 5 metros en el área de las terrazas, lo cual es denominado como un drenaje profundo y las terrazas 92 de la Zona Usulután y 95 de la Zona Ereguayquín, se les diseñó unos drenajes secundarios normales con profundidades mínimas de 40 cm y máxima de 1.4 m, descargando estos en el drenaje profundo que se ubicara abajo en la misma zanja de los drenajes secundarios tal y como se hace en el diseño de alcantarillas de aguas negras.

De no aplicar estas técnicas se corre el riesgo de conducir la contaminación de lixiviados a mayor profundidad y los drenajes funcionarían más como zanjas de absorción profundas, por lo que la excavación y compactación e impermeabilización de la zona donde se colocara el drenaje profundo es muy importante.

Las tuberías secundarias estarán colocadas en forma perimetral en el fondo del corte de cada terraza dividiendo el caudal de lixiviados en dos dándole bombeo hacia los extremos con pendiente de 1%. En el caso de los colectores que bajan cada terraza la pendiente es del 2% lo que permitirá que estén más profundos y queden protegidos ya que los camiones y la maquinaria pesada pasara sobre ellos, además se evitaran azolvamiento de la tubería pues la velocidad será mayor, los detalles aparecen en el juego de planos en la hoja 15 y 16.



## DISEÑO DEL TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS

CAUDAL DE LIXIVIADOS  $Q = P A K$

DONDE :

$Q =$  Caudal de lixiviados en  $m^3/día$   
 $P =$  Precipitación media anual en  $m/m^2/día$   
 $A =$  Area de la zona de confinamiento de la basura en  $m^2$   
 $K =$  Coeficiente que depende de la compactación de la basura

Precipitación media anual en la ciudad de Usulután es de 1800 mm/año  
 esta precipitación equivale a decir que en un año cae 1.8 m de lluvia por  $m^2$

$P =$  1.8  $m/m^2/año$

Esta precipitación cae mayormente en los meses de mayo a octubre  
 es decir que se consideraran 6 meses de lluvia de esta manera se tiene

$P =$   $1.8 / (365 \text{ días} / 2)$

$P =$  0.009863  $m/m^2/día$

Tabla 3.8. Areas de confinamiento de desechos sólidos

ZONAS	M <sup>2</sup>	V <sup>2</sup>	Manzana
PUERTO EL TRIUNFO	30,695.89	43,919.68	4.39
USULUTAN	41,810.36	59,822.26	5.98
EREGUAYQUIN	65,679.41	93,974.11	9.39
CONCEPCION BATRES	27,407.78	39,215.04	3.92
	165,593.44	236,931.09	23.68

Fuente: **rediseño del relleno regional de usulután.**

Tabla 3.9 Valores del coeficiente K

GRADO DE COMPATACION	VALORES DE K	
	MENOR	MAYOR
0.4 - 0.7 ton/m <sup>3</sup>	25%	50%
Mayor de 0.7 ton/m <sup>3</sup>	15%	25%

Fuente: **rediseño del relleno regional de usulután.**



Tabla 3.10 Cálculo de caudal de lixiviados

ZONAS	P	AREA	K	CAUDAL
	m/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>		(m <sup>3</sup> /día)
PUERTO EL TRIUNFO	0.009863	30,695.89	25%	75.69
USULUTAN	0.009863	41,810.36	25%	103.09
EREGUAYQUIN	0.009863	65,679.41	25%	161.95
CONCEPCION BATRES	0.009863	27,407.78	25%	67.58
		165,593.44		408.31

Fuente: rediseño del relleno regional de usulután.

Cálculo de volúmen de las lagunas

$$V = Q t$$

DONDE :

V= Volúmen de la laguna en m<sup>3</sup>  
 Q= Caudal de lixiviados en m<sup>3</sup>/día  
 t= tiempo de retención de 12 a 24 hr

Las lagunas le darán servicio a las 4 zonas de trabajo, sin embargo estas tendrán diferencias en tiempos de trabajo y maduración por lo que se proponen % de aporte para dimensionar las lagunas de tal forma de dimensionarlas de forma funcional y evitar así un sobre dimensionamiento.

Tabla 3.11 Cálculo de volúmen de laguna de lixiviados

ZONAS	CAUDAL	t	VOLÚMEN	%	VOLÚMEN
	(m <sup>3</sup> /día)	día	m <sup>3</sup>	APORTE	DE DISEÑO
PUERTO EL TRIUNFO	75.69	0.5	37.84	30%	11.35
USULUTAN	103.09	0.5	51.55	60%	30.93
EREGUAYQUIN	161.95	0.5	80.97	75%	60.73
CONCEPCION BATRES	67.58	0.5	33.79	100%	33.79
<b>TOTAL</b>	<b>408.31</b>		<b>204.16</b>		<b>136.80</b>

Fuente: rediseño del relleno regional de usulután.



Los lixiviados recibirán únicamente un tratamiento de sedimentación el cual es posible con un tiempo de retención de 12 horas, sin embargo esto demandaría una recirculación diaria en la época lluviosa por lo que se recomienda agregar 2 lagunas de las mismas dimensiones.

Se proponen 3 lagunas de 12 x 12 metros de área, con taludes a 45° y una profundidad de 2 metros, con una altura útil de agua de 1.50 metros, lo que resulta de un volumen de 138.75 m<sup>3</sup>, en condiciones de máxima demanda proporcionaría una capacidad de almacenamiento de 1.5 días, sin embargo durante el desarrollo del relleno su capacidad de almacenamiento estará entre los 3 y 7 días, lo que permitirá programar la recirculación de 2 a 3 veces por semana en época lluviosa a partir del año 15 de funcionamiento, pues al inicio el área de lixiviación es pequeña y la recirculación se programara de 2 a 4 veces al mes en época lluviosa.

### **Drenaje y Tratamiento de Lixiviados**

La superficie del relleno no necesitara impermeabilización ya que el suelo natural alcanza una tasa de permeabilidad de 10<sup>-6</sup> cm/s, las terrazas tendrán una pendiente de 2% drenando hacia dentro para conducir los lixiviados a los drenajes y evitar encharcamientos, lo anterior contribuye a brindar mayor estabilidad de las terrazas

El volumen estimado de producción anual de lixiviados se realizo utilizando la ecuación que se basa en la relación de la compactación de la basura y define que  $Q =$



KPA, en donde K equivale al 25% del total de la lámina de precipitación media anual ( $\text{litros/m}^2 = \text{mm/año}$ ), la cual en la zona es de 1800 mm/año.

Los lixiviados serán tratados por un juego de tres lagunas de estabilización con un tiempo de retención de 2 a 5 días, al final en la tercera laguna se mantendrá un control para que esta no supere una altura de 1.50 m, pues al llegar a este nivel esta será vaciada a través de una bomba achicadora que llenara un camión cisterna de 8 m<sup>3</sup> que en 6 horas podrá extraer 32 m<sup>3</sup> de lixiviados que rociará sobre las celdas terminadas del relleno, dicho proceso se conoce como recirculación.

La condición más importante para la excavación, colocación de la red de lixiviados es la preparación de la superficie, la cual debe estar compactada con una capa de 20 cm de suelo cemento a 95% proctor del valor obtenido en laboratorio bajo el método de la AASHTO-T135, el suelo utilizado será el obtenido de la excavación.

La preparación y compactación de la superficie incluye el fondo de la zanja en donde se colocara la tubería, la pendiente correspondiente (generalmente 1%), la profundidad mínima o de inicio es de 40 cm, para evitar tener zanjas muy profundas al final del tramo.

### **Lagunas de tratamiento de lixiviado.**

Debido a la actividad de sedimentación que las lagunas realizaran estas irán disminuyendo su capacidad de almacenamiento poco a poco, lo que hace necesaria su limpieza. Se debe extraer este material en época seca para mantener siempre la capacidad de diseño todo el tiempo, esta actividad es una vez al año.



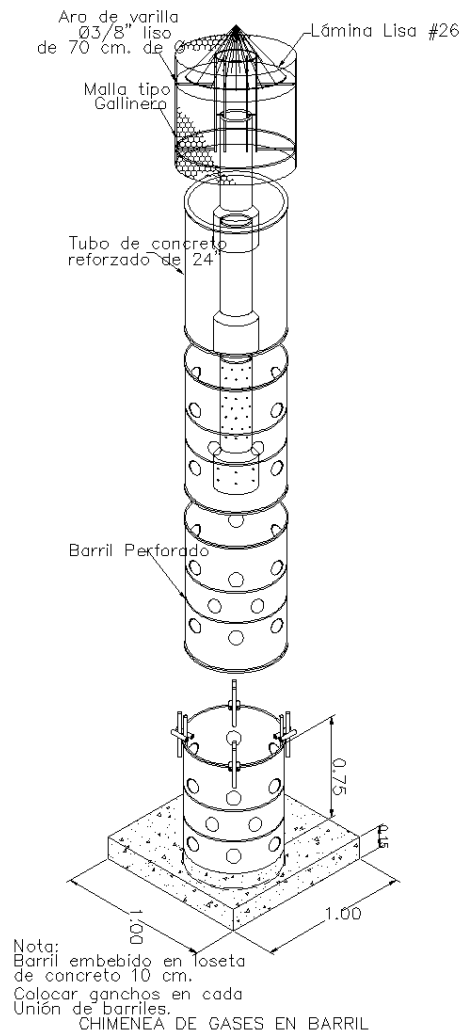
### 3.1.14 TRATAMIENTO DE GASES.

El drenaje o captación de gases esta constituido por un sistema de ventilación con piedra en forma de chimenea con sección circular utilizando barriles de lámina de 200 litros perforados con orificios de 5 cm cada 15 cm y rellenos de piedra cuarta.

Estas chimeneas se construyen en forma vertical a medida que avanza el relleno, estarán ubicadas a cada 30 metros. Al final de las chimeneas se colocara un tubo de concreto que saldrá a la superficie al menos 60 cm, el cual estará sellado con tierra y solo dejara pasar un tubo de concreto con el cual se extraerá el gas. El detalle se puede observar en la figura 3.5.

El extremo de las chimenea esta compuesto por tres tubos de concreto de 10", el primer tubo estará perforado y embebido en el ultimo barril perforado antes de la capa de tierra de sello final de 60 cm y luego saldrá a la superficie mediante los otros 2 tubos de concreto que no serán perforados y todos se rellenarán de piedra de 5 cm o grava # 2, en su extremo (tendrá una altura no mayor de 1.40 m) se le colocará un sombrero de metal rodeado con malla metálica para evitar la introducción de agua y el contacto directo con la chimenea, ya que el gas se extraerá con el fin de quemarlo, eliminando así los efectos de olores y la creación de contaminantes secundarios.

Figura 3.5 Detalle de Chimenea en SOCINUS SEM.



Fuente: Plano hoja 17 de diseño del relleno sanitario.

Los detalles constructivos del terminal de la chimenea deben seguirse para obtener la mayor seguridad y eficiencia de la colocación y evacuación y tratamiento de gases a través de la quema de los mismos cuyo proceso inicia cuando la zona de trabajo esta alejada a unos 50 metros de la terraza terminada y esta ya tiene 2 años de cerrada.



### 3.1.15 MÉTODO DE OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO

#### UTILIZADO.

El relleno se clasifica como de **Tipo Área**, en este caso se trata de un relleno desarrollado en ladera, con el concepto de estabilizar terrazas con alturas de corte de 5 metros, las celdas de basura tendrán una altura de 5 metros y se construirán a partir de celdas diarias de 1.2 metros de altura, hasta alcanzar la altura de 5 metros.

Las operaciones básicas en el relleno sanitario son las siguientes:

**DEPOSITAR:** Consiste en colocar los residuos sólidos de una manera planeada y controlada, en el frente de trabajo designado.

**ACOMODAR:** Es el trabajo de adecuar los residuos sólidos sobre el apoyo inclinado de la celda correspondiente, en capas no mayores de 30 cm, de espesor.

**COMPACTAR:** Los residuos sólidos son comprimidos por medio de equipo mecánico pasando sobre ellos de 4 a 6 veces. Esta operación se hará siempre de abajo hacia arriba.

**CUBRIR:** La cubierta será a base de una capa de tierra compactada de espesor, entre 15 y 20 cm. Cubrirá a los residuos sólidos depositados en un día, tanto en el terraplén como en los taludes de la celda. Este material se compactará de la misma forma que los residuos sólidos hasta dejar la basura completamente cubierta y uniforme.





Se vigilará que las celdas por construirse cada día sean identificadas por medio de estacas en donde se localicen los límites de las mismas y se mostrarán a los operadores de los tractores.

La elevación del nivel de los residuos y del piso de cubierta diaria o final deberá darse también sobre el estacado.

### **3.1.16 OPERACIÓN EN EPOCA DE LLUVIAS.**

En épocas de lluvia y/o invierno, dentro del diseño se tendrá una zona asignada a emergencia para facilitar la operación del relleno, además en estas épocas se contarán con lonas, plásticos, residuos provenientes de demoliciones, grava o residuos sólidos provenientes del barrido de calles para cubrir los residuos sólidos orgánicos y evitar la dispersión y arrastre de los mismos y que ocasionen daños a la ecología y a la salud pública.

En los períodos de lluvias se presentan los mayores problemas de operación en un relleno sanitario, a saber:

- Difícil ingreso de los vehículos recolectores por encima de las celdas ya conformadas.



- Dificultad para extraer y transportar el material de cobertura y arduo el trabajo de conformación de las celdas. Estos factores conducen a un menor rendimiento por parte de los operarios
- En ocasiones, debido a las fuertes lluvias, sólo es posible descargar la basura y el material de cobertura sobre la terraza, quedando retrasada la conformación y compactación de las celdas. Por consiguiente, si no se toman las medidas apropiadas a tiempo, se va deteriorando la apariencia del relleno por la basura dispersa y la presencia de zopilotes.
- Mayor producción de lixiviado debido a la lluvia que cae directamente sobre las áreas rellenadas.

Estas condiciones deben ser previstas por tanto los trabajos de terracería y construcción de canaletas provisionales deben hacerse en época seca y además es necesario tomar las siguientes previsiones:

- Reservar algunas áreas en los lugares menos afectados por las lluvias, con accesos conservados para operar en las peores condiciones, esta zona se denomina zona de emergencia.
- Aprovechar los escombros, producto de la demolición de viejas construcciones para conformar y mantener algunas vías internas.



- Durante uno o varios días en la semana reforzar la mano de obra, con una cuadrilla de dos o tres trabajadores más, para mantener el relleno en buenas condiciones mientras subsistan los factores adversos.
- Programar el movimiento de tierra para los períodos secos, ya sea para la extracción del material de cobertura como para la apertura de terrazas o las trincheras, dejando para la época de lluvias sólo el enterramiento de la basura.
- Introducir como práctica de rutina en la operación del relleno, el cubrir las celdas con material plástico en épocas extremas para impedir que las aguas de lluvia se infiltren a través de las basuras.

Mantener áreas estrechas de trabajo, apoyando las celdas sobre el talud del terreno, y superponer tres o más celdas cerca de la vía interna para que el avance sea más en altura que en extensión.



## **3.2 HISTORIA DEL RELLENO SANITARIO ASINORLU, LA UNION.**

### **3.2.1. CREACION**

El relleno sanitario cuenta con dos formas de impermeabilización: una zona se impermeabilizó con 30 cm de arcilla y 30 cm de suelo cemento y otra zona con geomembrana HDPE de 1.5 mm.

En la zona de la laguna de lixiviados se colocó en la superficie primeramente un geotextil no tejido de 1.7 mm de espesor y posteriormente la geomembrana de HDPE de 2.0 mm.

La geomembrana fue colocada en una superficie nivelada, libre de alteraciones o material granular, para evitar que esta se perforara.

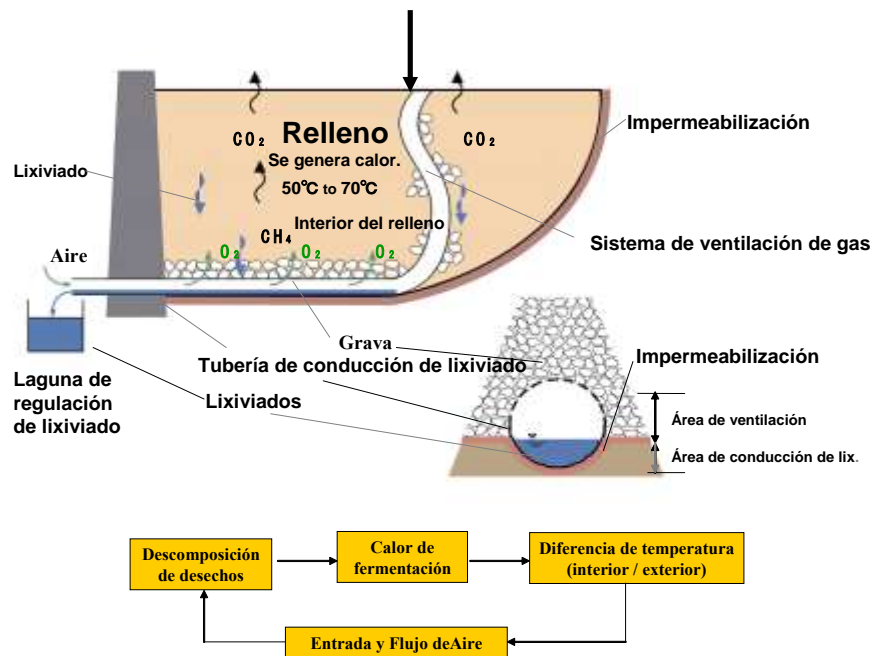
Para el mantenimiento el auxiliar deberá revisar el área de las celdas donde está colocada la geomembrana con el fin de verificar que la maquinaria pesada no la haya dañado.

Si esta ha sido dañada informar inmediatamente al responsable del sitio para reparar al instante y evitar la filtración de los lixiviados hacia los mantos acuíferos.

El relleno sanitario de ASINORLU utiliza la técnica semi-aeróbica, también llamada, “método Fukuoka”, que consiste en una técnica eficiente de rellenos sanitarios que minimiza las cargas contaminantes en el ambiente, usando para ello el sistema de tubería de recolección de lixiviado, y el sistema de venteo (chimeneas de gas), a través de las cuales se facilita la circulación del aire, agilizando así la rápida estabilización de los

desechos sólidos y el pronto desalojo de los lixiviados hacia la laguna (Ver Fig. 3.4). El diámetro de la tubería para la conducción de los lixiviados debe ser lo suficientemente grande, que permita el paso del aire a través de las tuberías.

Figura 3.6. Sistema semi-aeróbico.



Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento para el Relleno Sanitario de ASINORLU.

Como parte del desarrollo de la operación del relleno sanitario se verán involucrados diferentes actores que actúan directa o indirectamente en el proceso como son: en supervisión de la parte ambiental el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales MARN, juntamente con el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social MSPAS, el Instituto Salvadoreño de Desarrollo Municipal ISDEM, en la parte supervisión y asistencia técnica, y ASINORLU como el ente directo en el proceso.



En el relleno sanitario serán depositados los desechos sólidos que generan los nueve municipios que integran ASINORLU, siendo estos los entes beneficiarios con el proyecto. Además con la autorización de la Asociación es posible que se incorporen otros municipios aledaños a la zona a depositar sus desechos.

### 3.2.2 Zonificación de Uso de Suelo.

Con la finalidad de ordenar el desarrollo y el uso del suelo del sitio de disposición final se estructuró una zonificación por fases e identificar las áreas que serán utilizadas, quedando de la siguiente forma:

Tabla 3.12 Zonificación de Uso de Suelo.

Fase	Descripción	Área (m <sup>2</sup> )	Capacidad de almacenamiento (m <sup>3</sup> )
Fase I	Esta fase comprende, la primera etapa donde se reconvirtió el basurero existente en el sitio y luego el sitio fue rehabilitado para ser utilizado como relleno sanitario	3,836.06	
Fase II	Esta fase es la que actualmente ha sido construido el relleno sanitario	12,991.93	64, 323.95
Fase III	Esta fase contempla la continuación del relleno sanitario actual. De ser necesario se construirá otra laguna de lixiviados	10, 382.39	43, 033.98
Fase IV	Esta fase es la ultima que se desarrollara en el sitio para el relleno sanitario	13, 335.34	172,786.28

Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento para el Relleno Sanitario de ASINORLU.





### **3.2.3 CALLES DE ACCESO INTERNAS.**

El camino interno se usará para el acceso de los vehículos recolectores y puedan dirigirse al frente de trabajo a disponer los desechos sólidos.

- El largo del camino es de 666.57 metros y un ancho de 6 metros
- El camino está formado por una capa compactada de balasto de 20 cm de espesor. A los lados cuenta con drenajes de aguas lluvias.
- A medida que progresa las actividades de disposición es necesario construir nuevos caminos internos que permitan a los vehículos recolectores descargar los desechos directamente en el frente de trabajo.

#### **Mantenimiento:**

- Riego periódico de los caminos con aceite quemado o agua tratada, preferentemente en las horas pico de operación, para evitar la generación de polvo.
- Rellenar los baches para después compactar con pisón de mano.
- Las cunetas de los caminos deberán estar siempre libres de rocas, arena o desechos para evitar su azolvamiento.
- Mantenimiento de las condiciones de rodamiento de los caminos, preferentemente en horas inhábiles, para aprovechar el equipo pesado con el que dispone.
- En tiempo de lluvia revisar si hay derrumbes sobre las calles (limpiarlas).
- Para las vía de acceso concreteadas debe revisarse y verificar si existen baches, si se encuentran se deberá reportar al responsable del sitio y repararlas inmediatamente para evitar su deterioro.





### **3.2.4 Drenajes de aguas superficiales.**

La función principal del drenaje de aguas superficiales es prevenir que el agua entre al sitio desde áreas elevadas. El agua es recolectada en el drenaje y transportada a desagües, que se encuentran fuera de la zona.

- Las canaletas están construidas sobre el suelo natural y forjadas con piedra cuarta y revestimiento de concreto
- Para referencia de ubicación y detalles constructivos consultar la hoja 5 de los planos de construcción del relleno sanitario. ( fase II)

#### **Mantenimiento:**

- Revisar que no estén saturadas de tierra en época de lluvia.
- Limpiar por los menos 2 veces a la semana de desechos o tierra que se encuentren sobre ellos.



### **3.2.5 IMPACTO AMBIENTAL.**

#### **3.2.6 Descripción del sitio.**

Ubicación.

Santa rosa de lima departamento La Unión.

#### **3.2.7 Aspecto físico.**

##### **Hidrografía.**

El Municipio es regado por los siguientes ríos: Chiquito o Agua Caliente, El Camarón, Las Marías, Alboroz, San Sebastián o Santa Rosa, La Chorrera y pasaquina; las quebradas: Cuyanizas o El Zapote, El Obraje, Capulín o Monte Alto, Las Cañas, Los Vinos, Los Mojones, El Paraíso u Ojusthe, El Picacho, Los Toriles, San Bartola o Las Cañas, Santa Rita, El Hervedero, Chacale, Agua Fría, El Guacuco, El Algodón, El Tamarindo, El Chilamate, El Terrero, El Papalón, El Castillo, Los Marzia, los Mangos, El Tambor, El Castaño, Don Chendo, El Puente o Los Giron, Mendoza, El Achiote, El Limón, Los Melgar, El Jicaro, Los Ventura, El Caracol, El Paso Tapado, El Pezote, Las Marías, Grande, El Ojusthe, El Mango, La Presa y Los Chaguites.

##### **Orografía.**

Los rasgos orográficos más notables en el municipio son los cerros: El Carrizal, El Mojón, Los Mendoza, El Jimerito, El Jiote, Los Mojones, El Zopilote, Los Vinos, Salamanca, San Roque, Las Arias, Caballo, Coyol, La Cruz, Las Granadillas, El Coyote, Barranca Vaca, La Cuchilla, san Sebastián, La Leona, Cortezal, El Chato, Pulpito,



Vides, Ventarrón, Portillo, El Gancho, San Cristóbal, El Calichal, El Divisadero, Mostacero, El Tablón, El Jiote, La Coyotera, El Ojusthe, La Mala Barranca, y Peñas Blandas; las lomas: El Farallón, Los Caguanos, Piedra Parada, La Pedregosa, El Cimarrón, El Jimerito, El Coyote, Redonda, El Picacho, La Herradura, La Fila, La Crucita, Salamanca, El Jacalate, El Copalío, El Papalón, La Cruz, Don León, El Zapote, La Chaparrera, El Tigre, Don Emilio, La Mina, El Jiote, Los Potreros, Redonda, El Tamarindo, El Nance, El Algodón, Larga, Los Caraguitos, Tintillal, La Crucita, o Redonda, La Montañita, El Caracol y La Zacatera.

### **Clima.**

El Clima es cálido y pertenece al tipo de tierra caliente. Las precipitaciones pluviales oscilan entre 1800 y 2200 mms anuales.

### **Vegetación.**

La flora está constituida por bosques húmedos subtropical. Las especies arbóreas que predominan son: morro, madrecaao, chaparro, pintadillo, copinol, guacuci, quebracho, carbón y almendro de río.

### **Suelos.**

Los tipos de suelo que se encuentran son: latosotes Arcillo Rojizos y Litosoles, Alfisoles (Fase pedregosa superficial, de ondulada a montañosa muy accidentada); Grumosotes, Litosoles y Latosotes Arcillo Rojizos, Vertisoles y Alfisoles. (Fase de casi a nivel a fuertemente alomadas).



### 3.2.8 IMPACTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS.

Se identificaron un total de 12 impactos de los cuales 10 fueron evaluadas como negativos, y 7 de esos impactos resultaron significativos (aplicando el método MEL–ENEL y tomando los que tiene un nivel de significancia igual o mayor a 50%). Los cuales se presentan en la tabla 3.

Tabla 3.13 impactos ambientales significativos.

Nombre Clave	Nivel de Significancia (%)
Alteración del Aire	100
Cierre de Operación celdas	92
Disposición final D.S.	90
Alteración de suelos	50
Alteración de drenajes	65
Alteración de paisaje	50
Alteración de escorrentía	55

Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento para el Relleno Sanitario de ASINORLU

### Medidas de mitigación

En el cuadro 3.14 se mencionan las medidas de mitigación para los impactos generados por el proyecto, estas medidas de mitigación forman parte de la ingeniería del proyecto y no significan un costo adicional para el Programa de Manejo Ambiental.



Tabla 3.14 Medidas de Mitigación.

No.	Impacto Generado.	Medida de Mitigación.
1	Cambio de la calidad del aire por material particulado (polvo) , humo, ruido, ( maquinaria), gases resultantes del proceso de descomposición.	Riego de zonas y perforación del pozo Venteo y quema del biogas. Conservación e introducción de zonas forestadas como barrera sónica.
2	Incremento en la generación de lixiviados, acumulación de gases y riesgo en la salud por falta de manejo del sitio al cierre de operaciones.	Implantar un programa de manejo y monitoreo del sitio para cierre de operaciones.
3	Reducción de la vida útil del Relleno sanitario e incremento de riesgo de enfermedades infecto contagioso.	Controlar la cantidad y calidad de desechos vertidos.
4	Desestabilización del talud o pared y modificación de la calidad del suelo.	Mantener la inclinación adecuada en los taludes. Controlar el funcionamiento de los drenajes temporales y perimetrales de las zonas de terrazas.
5	Contaminación del agua por descomposición de los desechos sólidos.	Construcción de un sistema de drenaje y tratamiento de lixiviados.
6	Cambio de las canalizaciones naturales y de puntos de descarga, aumento de escorrentía por impermeabilización de las áreas.	Forjado de la canaleta perimetral externa.
7	Cambio en la cuenca visual debido al desarrollo del proyecto, además se pierde la conectividad de áreas vegetadas.	Limpieza periódica. Conservación e introducción de zonas forestadas.

Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento para el Relleno Sanitario de ASINORLU.

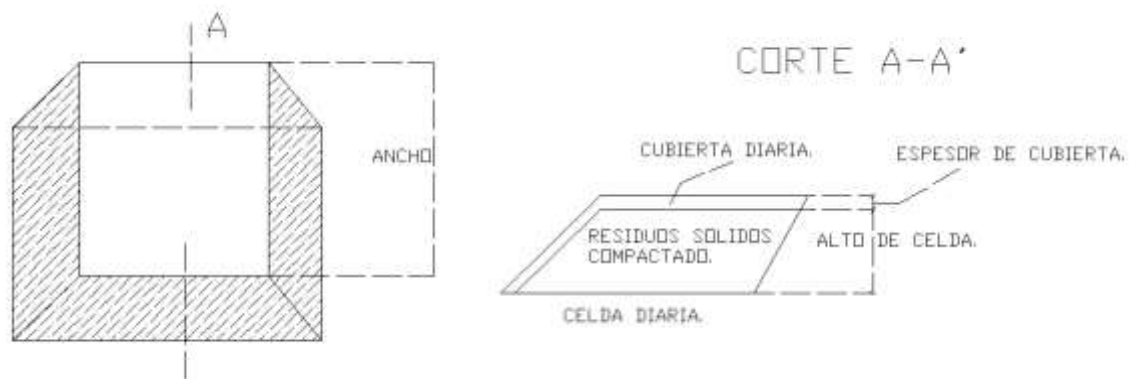
### 3.2.9 DISEÑO ORIGINAL DEL RELLENO.

#### 3.2.10 CELDA DIARIA.

Una celda es construida mediante la compactación de desechos sobre una pendiente en capas sucesivas del mismo espesor. Los desechos son depositados al pie del frente de trabajo y empujados sobre el talud. Los pasos adecuados para la construcción de la celda se describen a continuación:

1. Descargar los desechos sólidos sobre el área que conformará el correspondiente frente de trabajo del día.
2. Usar estacas de nivelación para el control de la altura de la celda y dar la pendiente adecuada para facilitar el drenaje por gravedad. El nivel de la superficie superior de la celda debe ser entre 2 y 5 por ciento, mientras que la altura de celda comúnmente es de aproximadamente 2.5 m. o menos.

Fig. 3.8 Forma de celda diaria



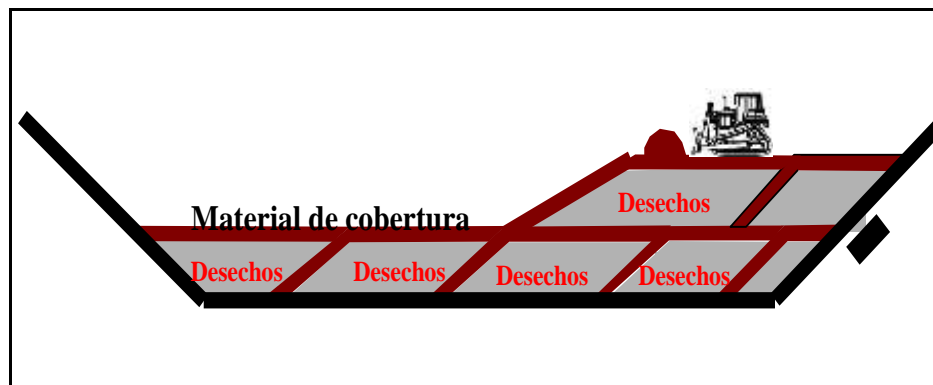
Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento para el Relleno Sanitario de ASINORLU



3. Sin embargo, si por alguna razón no se conocen las dimensiones que deberá tener la celda o es necesario modificarlas de manera emergente, algunas recomendaciones útiles son las siguientes;
  - a) En cuanto a la altura adecuada para las celdas no existe regla alguna, sin embargo, algunos diseñadores prefieren 2.5 m. o menos, presumiblemente porque esta altura no causará problemas de asentamientos severos;
  - b) La densidad recomendable para los desechos sólidos de una celda terminada es superior a  $600 \text{ Kg/m}^3$ .
  - c) La celda puede diseñarse conforme a los volúmenes de desechos que ingresan durante la semana.
  
4. Para la formación de celdas en época de lluvia se debe considerar lo siguiente:
  - a) Cuando se presentan lluvias de alta intensidad sobre el frente de trabajo, el agua acumulada debe ser bombeada hacia los canales de agua lluvia o fuera del sitio, antes de proceder a la descarga de desechos sólidos.
  - b) Esparcir y compactar los desechos por la mañana o aprovechar cuando las lluvias han disminuido.
  - c) Si las lluvias no permiten dar cobertura a los desechos hacerlo el siguiente día, dejando solamente conformada la celda al final de la jornada.
  - d) Mantener un acopio del material de cobertura protegido con plástico.
  - e) Remover cualquier acumulación de agua lluvia sobre las superficies rellenas, dentro de un período no mayor a 24 horas, después de haber identificado el problema.

Para la formación de celda diaria se utilizara el método de celda, en el cual los desechos quedan completamente cubiertos al final del día. Esto se da de acuerdo al Programa de Adecuación Ambiental PAA.

Fig. 3.9 Método de celda.-



Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento para el Relleno Sanitario de ASINORLU

Cuando el operador este conformando la celda, deberá tener precaución en lo siguiente:

- (a) La seguridad alrededor del lugar de disposición.
- (b) Mantener el grosor de la capa de cobertura.
- (c) El grosor de la capa de cobertura diaria no debe ser variado ni exageradamente grueso. El grosor de la capa deberá ser de 15 a 20 cm,
- (d) La cobertura intermedia del alto total del relleno en una terraza deberá no ser menor de 40 cm y la cobertura al final de la terraza deberá ser de 60 cm. o más.
- (e) La compactación de los desechos deberá irse haciendo a medida se vaya alcanzando la altura proyectada de desechos para luego al finalizar el día aplicar el material de cobertura.





- (f) Los días que hace mucho viento, los desechos deberán compactarse rápidamente, evitándose el esparcimiento de estos.
- (g) En época de lluvia se deberá buscar estrategias de esparcimientos y compactación de desechos y la cobertura diaria.

### **3.2.11 VIDA UTIL.**

Con el diseño de las terrazas propuestas para el relleno sanitario se obtuvo que el terreno con el que cuenta el relleno sanitario tiene una capacidad volumétrica de 280,144.21 m<sup>3</sup> este es un dato que usaremos para calcular la vida útil del relleno sanitario, este dato se obtuvo del resultado de excavar y conformar una especie de guarda ropa o gavetas con una capacidad determinada, la pregunta es cuando se va llenar y aquí si entra la proyección la cual parte de indicadores que se rigen por condiciones de la naturaleza del residuo o desecho a depositar la tecnología que se utilice para depositarla, acomodarla, compactarla y sellarla o neutralizarla.

Una vez calculado la capacidad volumétrica del sitio y teniendo en cuenta el material de cubierta se puede ajustar el cálculo proyectado de los volúmenes estabilizados de basura que se pueden disponer en el sitio, determinando así la vida útil del sitio bajo las condiciones existentes.

A continuación se enuncian los datos del cálculo de proyección en donde se ha calculado la tasa ponderada de crecimiento poblacional de los 9 municipios socios, definida como población de diseño y se ha considerado que la producción de desechos



aumenta con una tasa anual de 1%. En la tabla 3.15 se observa que el volúmen de que tiene el sitio con el diseño propuesto se llena en 18 años aproximadamente que indica que se depositaran 163,995.5 toneladas de basura.

#### DATOS DE CÁLCULO.

<b>Población a servir año 2008 (9 Municipios)</b>	<b>30,911.0</b>	<b>hab</b>
	100	%
Producción por persona por día ponderada	0.56	kg/hab/día
Tasa de crecimiento poblacional ponderada	3.1	%
Factor de material cobertura	1.25	
Factor de área adicional (zona de retiro y accesos)	2.51	
Densidad de desechos compactados en el relleno	0.55	ton/m <sup>3</sup>
Densidad de desechos estabilizados en el relleno	0.75	ton/m <sup>3</sup>
Tasa de crecimiento de producción de desecho hab/día/año	1	%

Obsérvese que sé esta condicionando un factor muy importante que es el grado de compactación de la basura que es de 550 kg/m<sup>3</sup>, que con el tractor de cadenas (Bulldozer) se puede lograr pasando de 4 a 6 veces sobre la basura, ahora si se logra mayor compactación mejor, ahora la densidad de los desechos estabilizados se ha fijado en 750 kg/m<sup>3</sup>, que también podría ser mayor, pero este valor es conservador.

En la tabla 3.15 se presenta el cálculo del volúmen requerido, en donde se estima que el relleno tendrá una vida útil de 18 años de acuerdo a su capacidad volumétrica.



Tabla 3.15 Cálculo de volúmen y área requerida para determinar la vida útil del Relleno Sanitario ASINORLU.

AÑO	HAB.	PPC kg/hab/día	CANTIDAD DE DESECHOS			VOLÚMEN DE DESECHOS SÓLIDOS (m <sup>3</sup> )				
			Diaria (kg)	Anual (ton)	Acumulada (ton)	Compactados		Estabilizados por año	Rellenos Anual	
						Diario	Anual		(Ds + MC )	Acumulado
1	30,911.0	0.560	17,310.2	6,318.2	6,318.2	31.5	11,487.7	8,424.3	10,530.3	10,530.3
2	31,869.2	0.566	18,025.2	6,579.2	12,897.4	32.8	11,962.2	8,772.3	10,965.4	21,495.7
3	32,857.2	0.571	18,769.9	6,851.0	19,748.4	34.1	12,456.4	9,134.7	11,418.3	32,914.0
4	33,875.8	0.577	19,545.2	7,134.0	26,882.4	35.5	12,970.9	9,512.0	11,890.0	44,804.1
5	34,925.9	0.583	20,352.7	7,428.7	34,311.2	37.0	13,506.8	9,905.0	12,381.2	57,185.3
6	36,008.6	0.589	21,193.4	7,735.6	42,046.8	38.5	14,064.7	10,314.1	12,892.7	70,077.9
7	37,124.9	0.594	22,068.9	8,055.2	50,101.9	40.1	14,645.7	10,740.2	13,425.3	83,503.2
8	38,275.8	0.600	22,980.6	8,387.9	58,489.8	41.8	15,250.8	11,183.9	13,979.9	97,483.1
9	39,462.3	0.606	23,929.9	8,734.4	67,224.3	43.5	15,880.8	11,645.9	14,557.4	112,040.4
10	40,685.6	0.612	24,918.5	9,095.2	76,319.5	45.3	16,536.8	12,127.0	15,158.7	127,199.2
11	41,946.9	0.619	25,947.9	9,471.0	85,790.5	47.2	17,219.9	12,628.0	15,784.9	142,984.1
12	43,247.2	0.625	27,019.8	9,862.2	95,652.7	49.1	17,931.3	13,149.6	16,437.0	159,421.1
13	44,587.9	0.631	28,135.9	10,269.6	105,922.3	51.2	18,672.0	13,692.8	17,116.0	176,537.2
14	45,970.1	0.637	29,298.2	10,693.9	116,616.2	53.3	19,443.4	14,258.5	17,823.1	194,360.3
15	47,395.2	0.644	30,508.6	11,135.6	127,751.8	55.5	20,246.6	14,847.5	18,559.4	212,919.7
16	48,864.5	0.650	31,768.9	11,595.6	139,347.4	57.8	21,083.0	15,460.8	19,326.1	232,245.7
17	50,379.3	0.657	33,081.2	12,074.7	151,422.1	60.1	21,953.9	16,099.5	20,124.4	252,370.1
18	51,941.0	0.663	34,447.8	12,573.5	163,995.5	62.6	22,860.8	16,764.6	20,955.8	273,325.9

Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento para el Relleno Sanitario de ASINORLU.



### 3.2.12 INGRESO DE DESECHOS SÓLIDOS.

En el relleno se recibirá únicamente:

Los desechos sólidos considerados como no peligrosos por la legislación ambiental vigente y no se recibirán:

- Cualquier tipo de residuo cuyo estado o clasificación no estén adecuadamente definidos, requiere de una aprobación por escrito, de la autoridad correspondiente, previamente a su aceptación.
- En ningún caso el relleno deberá aceptar desechos considerados como peligrosos por los listados o las pruebas de laboratorio establecidas por la legislación ambiental vigente por ejemplo: Cadáveres o partes de animales, Desechos hospitalarios (contaminados), materiales altamente combustibles o explosivos (Gasolinas, aceites, etc.), excremento o estiércol sin previa estabilización biológica, desechos de procesos industriales.
- No se deben aceptar líquidos o semisólidos.
- Ripio
- Partes y accesorios automotrices.
- Baterías automotrices o industriales.
- Animales muertos

El permiso ambiental solo admite desechos municipales, cualquier otro, deberá solicitarse el permiso ambiental correspondiente.



En el sitio de disposición final no se permitirán el ingreso de personas que se dediquen a recuperar desechos en el frente de trabajo, por el riesgo a la salud que esto representa al andar sobre estos. No se permitirá que los desechos que ingresen en el sitio sean depositados en otro lugar que no sea el frente de trabajo para ser procesados a excepción de las llantas y/o aquellos que tengan autorización ambiental.

#### **Control de acceso y pesaje de camiones recolectores en báscula instalada:**

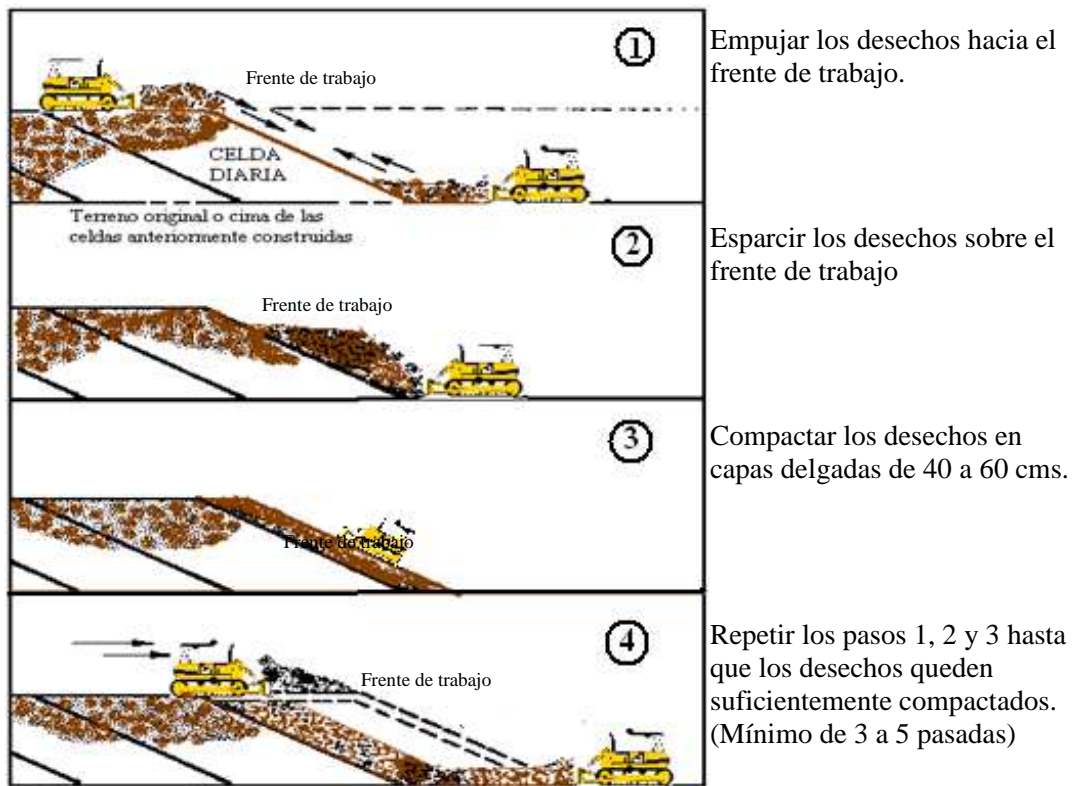
- 1) Registro de vehículo que ingresará (El vigilante del sitio)
  
- 2) El operador de báscula da instrucciones al motorista del vehículo recolector.
  
- 3) El operador de báscula toma la información del vehículo (placa, municipio, motorista, etc.) y luego lo pesa e imprime los datos de entrada del vehículo.
  
- 4) Un auxiliar indicará al motorista donde depositará los desechos en el frente de trabajo.

Cuando el vehículo ha depositado los desechos en el frente de trabajo se pesa nuevamente a la salida y se imprimen los datos de salida del vehículo.

- 5) Una vez pesado el vehículo el operador de báscula, elabora recibo de pagos y este es firmado por el motorista.

Una vez que los desechos sólidos son ubicados en el frente de trabajo asignado para ese día, el proceso que se hace con los desechos es el siguiente (Ver figura 3.10):

**Fig. 3.10** Esparcimiento y compactación de desechos.-



Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento para el Relleno Sanitario de ASINORLU



### 3.2.13 TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS.

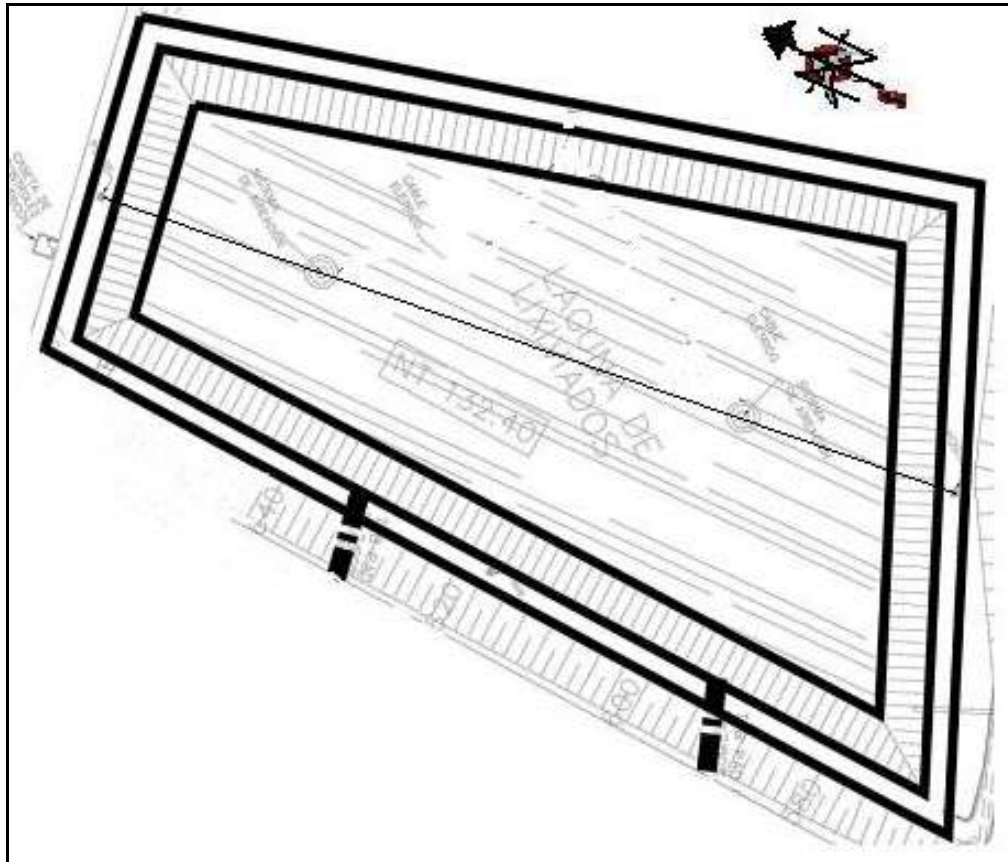
#### Laguna de lixiviados

Almacena los lixiviados que han sido transportados por el sistema de recolección de lixiviados. La laguna cuenta con dos aireadores para proveer tratamiento biológico.

#### Descripción:

- La laguna de lixiviados tiene una capacidad de almacenamiento de  $9,361.99 \text{ m}^3$
- En el costado poniente se encuentra la conexión al pozo donde están las bombas del sistema de recirculación, para lo cual se utiliza una tubería de 8" y esta colocada a 60 cm del fondo de la laguna. (Ver Fig. 3.11).
- La laguna de lixiviados tiene una profundidad 3.20 metros, taludes con pendiente de 1.5 en horizontal y 1 en vertical.
- Las paredes y el fondo de la laguna están impermeabilizadas con geomembrana de 2 mm de polietileno de alta densidad, debajo de esta se colocó geotextil no tejido con el fin que proteja la geomembrana y anclada perimetralmente a la laguna.
- La laguna cuenta con una cerca de malla ciclón con el propósito de restringir el paso de personas y animales.

Fig. 3.11 Laguna de lixiviados de ASINORLU.-



Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento para el Relleno Sanitario de ASINORLU

### **Aireador**

El aireador tiene la función de introducir oxígeno dentro de los lixiviados con el propósito de proveer las condiciones aeróbicas para favorecer la presencia de bacterias y disminuir los malos olores.





### **Descripción:**

- Se han instalado dos aireadores de 7.5 kw, equivalente a 10 HP de una fase, que trabajaran en forma simultánea o alterna de acuerdo a los volúmenes alcanzados por la laguna. Estos aireadores tienen una estructura flotante que permite movilizar y mantener el equipo de aireación en la superficie de la laguna.
- Para sostener lo aireadores dentro de la laguna se han instalado cables de acero inoxidable anclados en tubos galvanizados de 3” empotrados en el suelo con concreto ubicados en los extremos oriente y poniente, que evitan el movimiento lateral y el volteo.

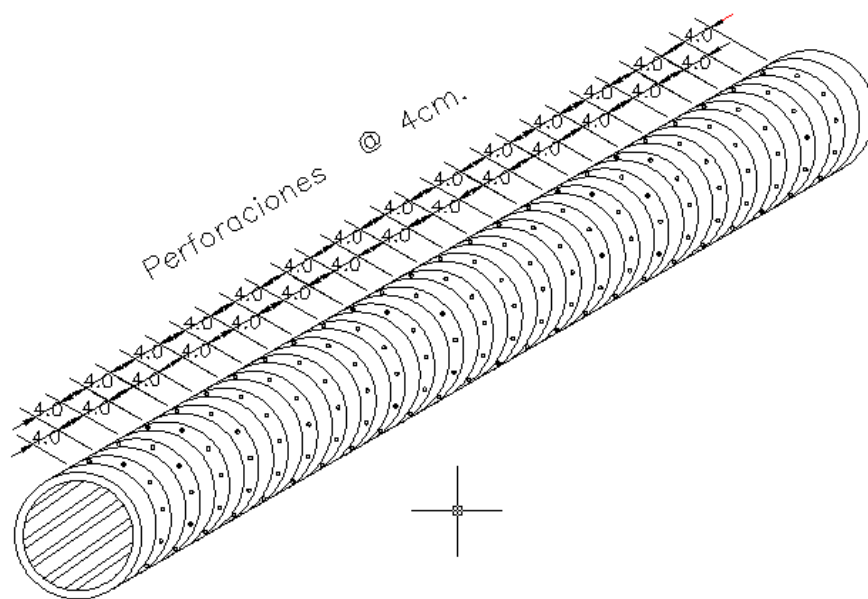
El sistema de recolección de lixiviados tendrá dos funciones básicas; transportar los lixiviados generados durante las actividades de disposición hacia la laguna de lixiviados y permitir que el aire se filtre a las capas de desechos dispuestos en las terrazas.

### **Descripción:**

- La tubería a usar es de polietileno de alta densidad y se utilizara de diámetro de 15” para la primaria y 8” para las redes secundarias. (Ver fig. 3.12)
- La tubería primaria se instalara una en la zona de geomembrana y la otra en la de arcilla- suelo cemento, con pendiente del 3% a lo largo de las tres terrazas y las secundarias llevaran una pendiente del 1%.
- Ambas tuberías deberán estar perforadas o ranuras de acuerdo al detalle de la hoja 13 de los planos constructivos y luego se les colocará una capa de grava. La tubería que

se colocara fuera de las celdas no será perforada. Es necesario que las tuberías y cajas se revisen periódicamente y mas en época de invierno.

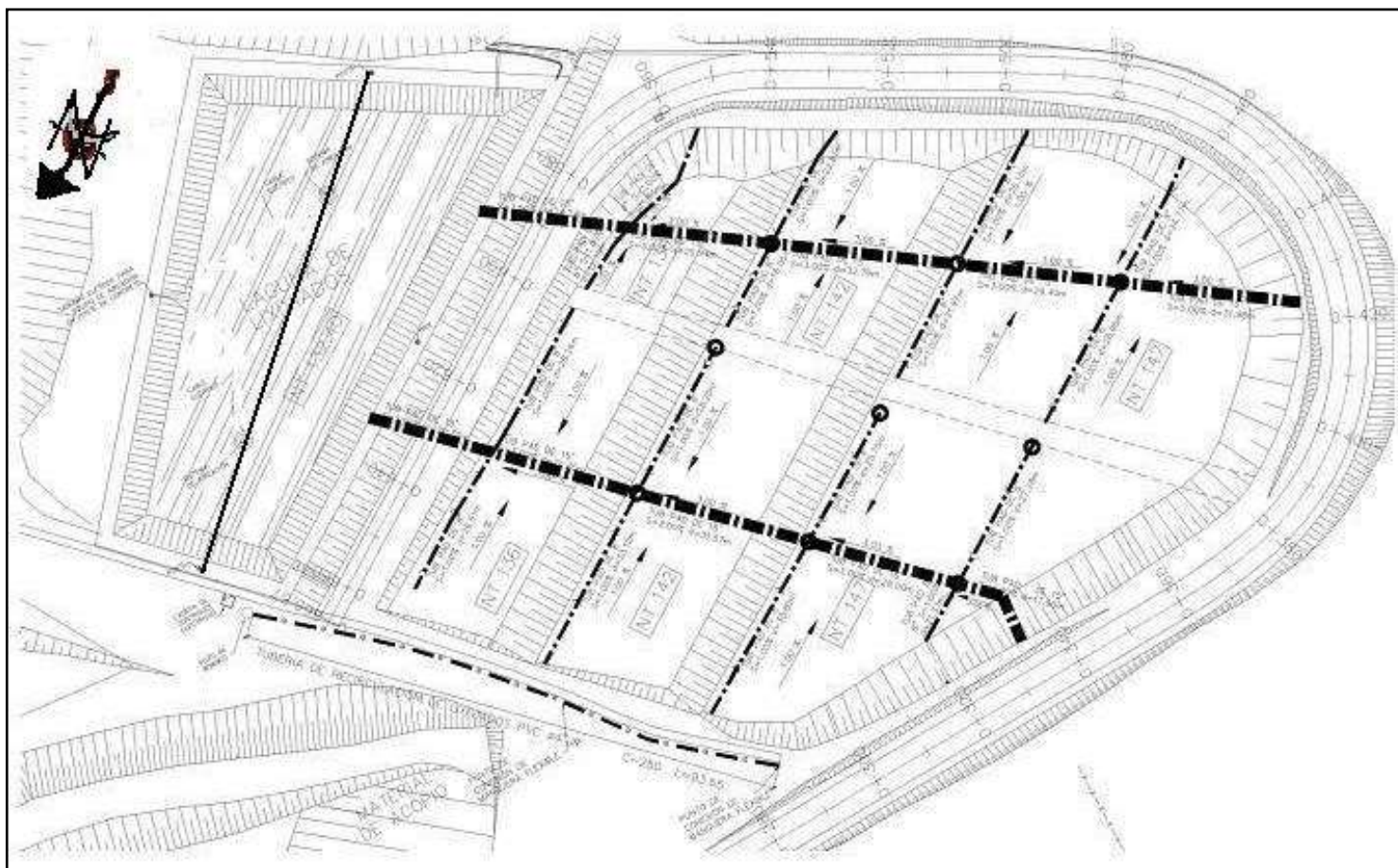
Figura 3.12 Detalle de Perforación de ranuras Colector de 15”



**DETALLE DE ESPACIAMIENTO Y  
PERFORACIÓN DE RANURAS TUB 15"  
(DETAIL OF SPACING AND PERFORATION OF GROOVES PIPE 15")**

Fuente: Planos de Diseño del relleno sanitario.

Fig. 3.13 Sistema de recolección de lixiviados.



Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento para el Relleno Sanitario de ASINORLU.



## **Sistema de recirculación de lixiviados**

El sistema de recirculación de lixiviados sirve para mejorar la calidad de estos, la cual se verifica con la disminución o acercamiento de los parámetros a los niveles de calidad de agua establecidos en la línea base a través del monitoreo programado. Lográndose esto con el bombeo y esparcimiento de los lixiviados sobre los desechos ya procesados.

La recirculación de los lixiviados sobre los desechos agiliza el proceso de descomposición de estos y acelera la estabilidad especialmente durante la época seca.

### **Descripción:**

El sistema se compone principalmente por dos bombas, tubería fija de 4" y flexible de 2", las cuales se detallan:

- Tubería fija de 4"

Su longitud es de 93.65 m , diámetro 4" PVC, resistencia a la presión 250 psi de junta rápida. Instalada en el hombro del talud del costado poniente de las terrazas Esta tubería va superficial sujeta por anclajes de concreto enterrado de 40 cm de largo, 40 cm de ancho y 25 cm de alto, dos pernos de acero con diámetro de 5/8" y la abrazadera de platina de 2"x1/8. Esta tubería cuenta con dos bocatomas roscadas de 2" debidamente tapadas donde se conecta la manguera flexible de 2", y están colocadas de la siguiente manera: la primera a 55 m del pozo de bombeo y la segunda al final de los 93.65 m.

Bomba sumergible de 5 HP para aguas negras o residuales, salida de 4", 230 v monofásicas de 60 Hz. que son usadas para bombear los lixiviados.



### **Mantenimiento:**

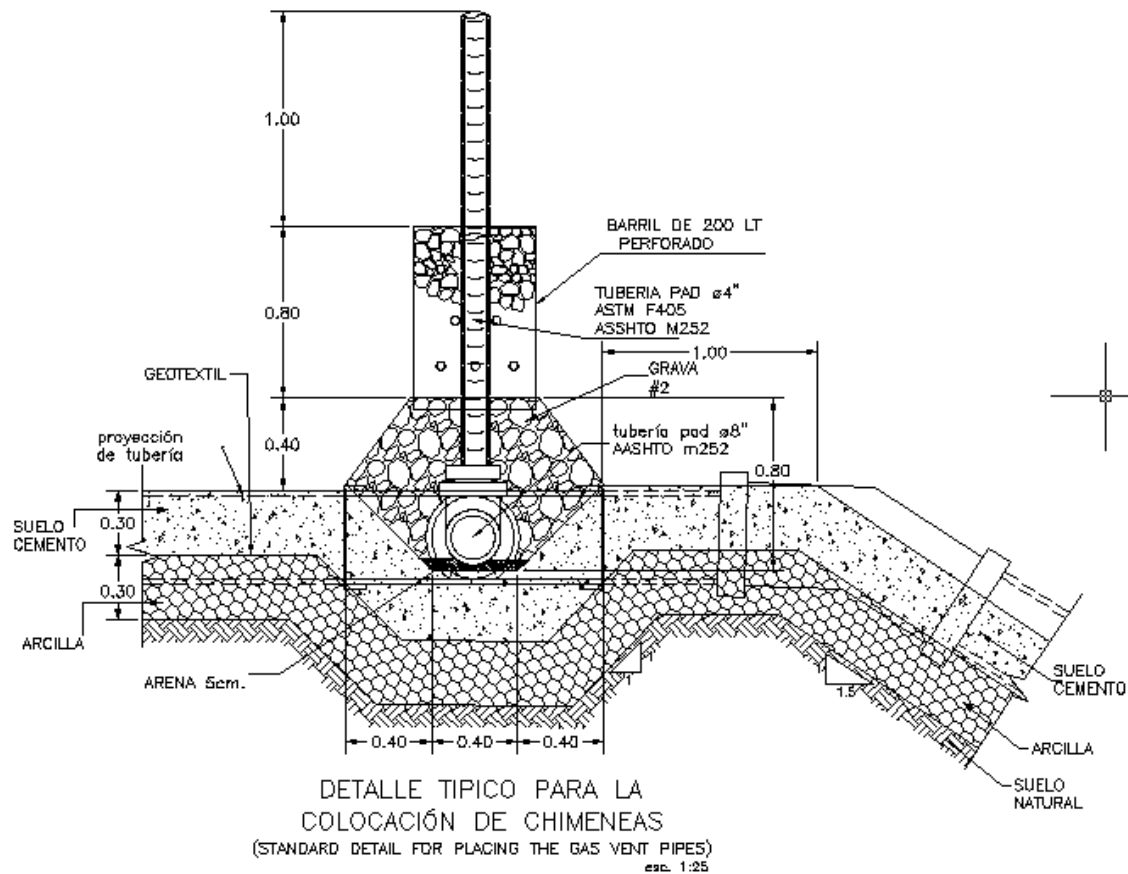
- Constantemente se debe de verificar la disminución de la capacidad de la bomba ya sea que este obstruida o tapada por lodo, etc., además se debe revisar periódicamente que las partes como conexiones y extensiones estén en buenas condiciones.
- El auxiliar debe revisar que la tubería de recirculación de lixiviados no este obstruida o que presente fugas por estar rota o perforada, evitando posible filtraciones de lixiviados a los mantos acuíferos.

## **3.2.14 TRATAMIENTO DE GASES.**

### **Chimeneas de gas**

Las chimeneas de gas instaladas verticalmente permiten la salida de gases generados en la descomposición de los desechos (venteo de gas pasivo). Las chimeneas funcionan también para introducir aire a los desechos y ayudar al sistema semi aeróbico. Las chimeneas se instalaran desde el fondo del terreno (preferentemente conectadas a la tubería de lixiviados) hasta el nivel final construyéndose a medida se avanza en altura.

Fig. 3.14 Detalle de chimenea en ASINORLU.



Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento para el Relleno Sanitario de ASINORLU.

### Descripción:

- Se han instalado 9 chimeneas conformadas con barriles metálicos de 200 litros (Fig. 3.14), en el centro se colocó una tubería perforada o ranurada de polietileno de alta densidad de 4" de diámetro y se rellenaron con piedra cuarta.

Para la unión de barriles y conservar la verticalidad se utilizó alambre de amarre, sujetando al menos tres puntos de los barriles y ensamblar uno encima de otro.



### 3.2.15 MÉTODO DE OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO

#### UTILIZADO.

El relleno sanitario ASINORLU está diseñado con el método Fukuoka el cual es un relleno sanitario para el tratamiento de los residuos sólidos de tipo semi-aeróbico que ayuda en la descomposición de los residuos y permite el mejoramiento del sitio de depósito de basura, pasando de un depósito de residuos al aire libre a un relleno sanitario. Esta técnica reduce significativamente el impacto medio ambiental.

El relleno se clasifica como de **Tipo Area**, en este caso se trata de un relleno desarrollado en ladera, con el concepto de estabilizar terrazas con alturas de corte de 5 metros, las celdas de basura tendrán una altura de 5 metros y se construirán a partir de celdas diarias de 1.2 metros de altura, hasta alcanzar la altura de 5 metros.

Las operaciones básicas en el relleno sanitario son las siguientes:

**DEPOSITAR:** Consiste en colocar los residuos sólidos de una manera planeada y controlada, en el frente de trabajo designado.

**ACOMODAR:** Es el trabajo de adecuar los residuos sólidos sobre el apoyo inclinado de la celda correspondiente, en capas no mayores de 30 cm, de espesor.



**COMPACTAR:** Los residuos sólidos son comprimidos por medio de equipo mecánico pasando sobre ellos de 4 a 6 veces. Esta operación se hará siempre de abajo hacia arriba.

**CUBRIR:** La cubierta será a base de una capa de tierra compactada de espesor, entre 15 y 20 cm. Cubrirá a los residuos sólidos depositados en un día, tanto en el terraplén como en los taludes de la celda. Este material se compactará de la misma forma que los residuos sólidos hasta dejar la basura completamente cubierta y uniforme.

Se vigilará que las celdas por construirse cada día sean identificadas por medio de estacas en donde se localicen los límites de las mismas y se mostrarán a los operadores de los tractores.

La elevación del nivel de los residuos y del piso de cubierta diaria o final deberá darse también sobre el estacado.





### **3.2.16 OPERACIÓN EN EPOCA DE LLUVIAS.**

Para la formación de celdas en época de lluvia se debe considerar lo siguiente:

- a) Cuando se presentan lluvias de alta intensidad sobre el frente de trabajo, el agua acumulada debe ser bombeada hacia los canales de agua lluvia o fuera del sitio, antes de proceder a la descarga de desechos sólidos.
- b) Esparcir y compactar los desechos por la mañana o aprovechar cuando las lluvias han disminuido.
- c) Si las lluvias no permiten dar cobertura a los desechos hacerlo el siguiente día, dejando solamente conformada la celda al final de la jornada.
- d) Mantener un acopio del material de cobertura protegido con plástico.
- e) Remover cualquier acumulación de agua lluvia sobre las superficies rellenas, dentro de un período no mayor a 24 horas, después de haber identificado el problema.



### **3.3 HISTORIA DEL RELLENO SANITARIO ASIGOLFO, LA UNION.**

#### **3.3.1 CREACIÓN DEL PROYECTO.**

##### **Descripción del proyecto**

El sitio donde se localizará el relleno sanitario, que es propiedad de ASIGOLFO, se ubica a la altura del desvío de La Cruzadilla (frente al desvío hacia el cantón El Gavilán) a 3 km sobre la calle que conduce al cantón Tihuilotal, municipio de La Unión y departamento de la Unión.

El lugar tiene una extensión de 54.87 mz distribuidas de la siguiente manera: Área de terrazas, 25.44 mz, Área de contención, 3.50 mz, Área forestada, 22.82 mz, Área de caseta de operación, 0.23 mz y Área de compostera, vivero y tratamiento de lixiviados, 2.88 mz.

El diseño del relleno sanitario para la disposición final de los desechos sólidos municipales de los municipios miembros de la Asociación Intermunicipal del Golfo de Fonseca se basa en tres aspectos fundamentales tales como: Salud Pública, Ambiente y Desarrollo Municipal.

Lo anterior permite iniciar el proceso de manejo integral de los desechos sólidos, partiendo de superar los problemas de disposición final, eliminando los basureros a cielo abierto y brindando atención a polos habitacionales ubicados en zonas sensibles de



contaminación y que principalmente constituyen la zona de almacenamiento de agua para consumo humano.

En este contexto el proyecto promoverá un aspecto importante dirigido a la elaboración de compost a través de un proyecto demostrativo que se operara para capacitar y sensibilizar a la población para que se sumen a esta forma amigable de tratar la basura, no promoverá que las municipalidades elaboren compost en forma centralizada y con separación al final del proceso como esta previsto en el diseño original.

La idea es promover que la población realice la separación en el origen y elabore su propio compost, que es la manera mas limpia de producirlo, pues este no se contamina como sucede al recoger la materia orgánica revuelta con la inorgánica y llevarla a un centro de separación, por otra parte los costos de producir compost no se introducen en la tasa de aseo, ya que este es mayor de 3 a 5 veces la disposición en un relleno sanitario.

A continuación se describen los elementos y criterios utilizados en el diseño del relleno sanitario del Golfo de Fonseca.

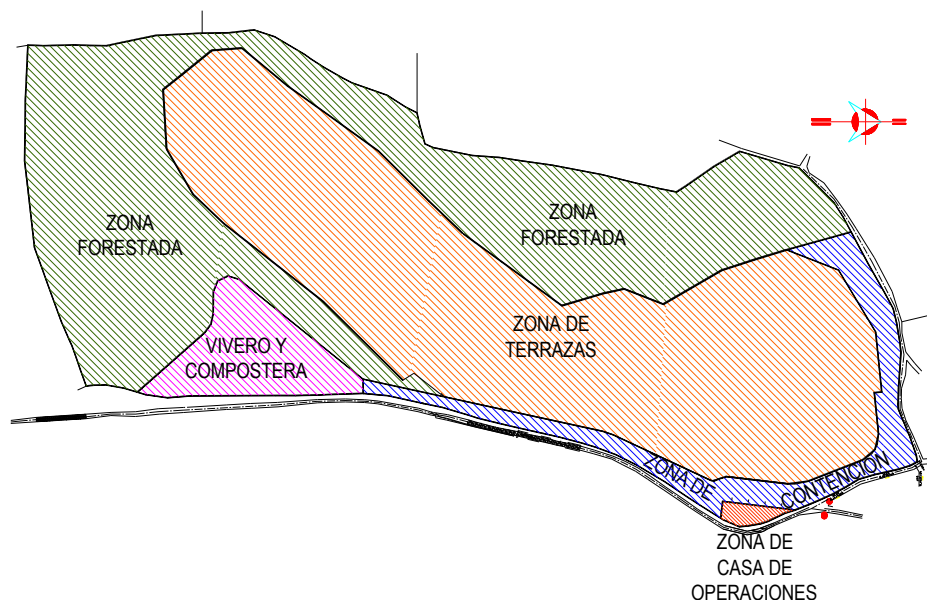
### **3.3.2 Zonificación.**

Primeramente se plantea el concepto general del diseño del relleno en donde se planifica el desarrollo de las obras que se construirán, este parte de una zonificación del uso del terreno que permite ordenar el relleno, para ello se identificaron las áreas

potenciales con capacidad de almacenamiento de desechos. En la figura 3.15 se muestra un esquema de la zonificación realizada.

Una vez establecida las Zonas de trabajo se puede hacer una distribución de áreas y definir los usos de las mismas, por ejemplo resulta que el área útil para disposición de la basura es de 25.44 manzanas (177,786.45 m<sup>2</sup>), pues existe una área con pendientes mayor al 30 % que no puede ser desarrollada y constituye la zona con mayor cobertura vegetal que es 22.82 manzanas, en ella se encuentra un drenaje de aguas lluvias importante que no podrá desviarse pues conduce 24.60 m<sup>3</sup>/s, el resto de área 6.61 manzana son utilizadas para contención, accesos y zona de operación, es decir es una área útil que sumada a las terrazas constituyen el 58.41 % del área total.

FIGURA 3.15 ZONIFICACION DE USO DE SUELO EN EL SITIO DEL RELLENO ASIGOLFO.



Fuente: diseño del relleno de la asociación intermunicipal del gofo de Fonseca.



El área adicional no se debe ver como desperdiciada pues un relleno siempre contempla una área adicional, algunos autores sugieren un 20% a 40% adicional, en la práctica se tiene experiencia que este factor es mayor pues es muy difícil encontrar terrenos ideales que toda su área sea factible para almacenar basura, por lo que el factor es de 2 a 4 veces más y en rellenos pequeños tiende a crecer por el simple hecho de retirarse de las colindancias que en forma conservadora se aplica 20 metros.

TABLA 3.16 resumen de áreas utilizadas en el desarrollo del relleno sanitario

AREAS	M <sup>2</sup>	V <sup>2</sup>	Manzana
Compostera, Vivero y Tratamiento de Lixiviados	20,134.15	28,807.94	2.88
Área de Casa de Operaciones	1597.15	2,285.20	0.23
Área de Contención	24,468.94	35,010.16	3.50
Área de Terrazas	177,786.45	254,376.85	25.44
Área Forestada	159,471.71	228,172.12	22.82
<b>AREA TOTAL DEL TERRENO</b>	<b>383,458.71</b>	<b>548,652.28</b>	<b>54.87</b>

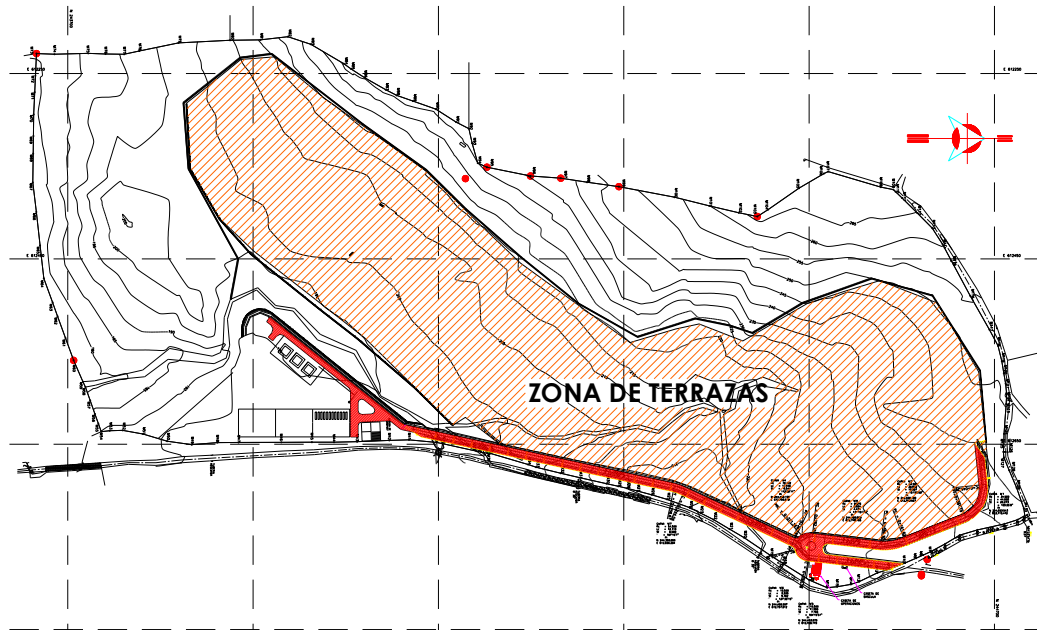
Fuente: diseño del relleno de la asociación intermunicipal del gofo de Fonseca.

### 3.3.3 Accesos y Drenajes.

El drenaje en un relleno sanitario es fundamental y este se establece tanto a nivel permanente como provisional de acuerdo al avance del mismo y de acuerdo al comportamiento del drenaje natural del terreno, para este caso se decidió diseñar una calle en el sector oriente que permitirá controlar la escorrentía superficial de todas las zonas de trabajo, al mismo tiempo facilitara el acceso a estas.

En la figura 3.16 se presenta el concepto de la calle de acceso al relleno.

Figura 3.16 Trazo de calle que facilitara el acceso y el drenaje del área de trabajo en ASIGOLFO.



Fuente: diseño del relleno de la asociación intermunicipal del gofo de Fonseca.

La calle de acceso al relleno se construirá desde el inicio pues es por este medio que se llegara a la zona de las lagunas de lixiviados, la zona de compostera, vivero y el almacenaje del compost, y es la zona donde da inicio la construcción del relleno, la idea es que se permita realizar aperturas de calles provisionales a las zonas de trabajo y que estas calles en su conjunto permitan controlar la esorrentía del agua de lluvia y descargarla esta en los drenajes naturales del terreno.

Las pendientes de las calles se mantendrá menor del 10% en todos los casos. Los drenajes de la calle deberán construirse una vez está sea habilitada, ya que son vitales para la conservación de la calle, estos han sido diseñados para conducir el agua sin ocasionar erosiones en el terreno y de tal forma que las zonas drenadas sean las mismas



que actualmente en forma natural tiene el terreno de tal forma de no llevar más agua a los drenajes fuera del terreno y ocasionar daños a terceros.

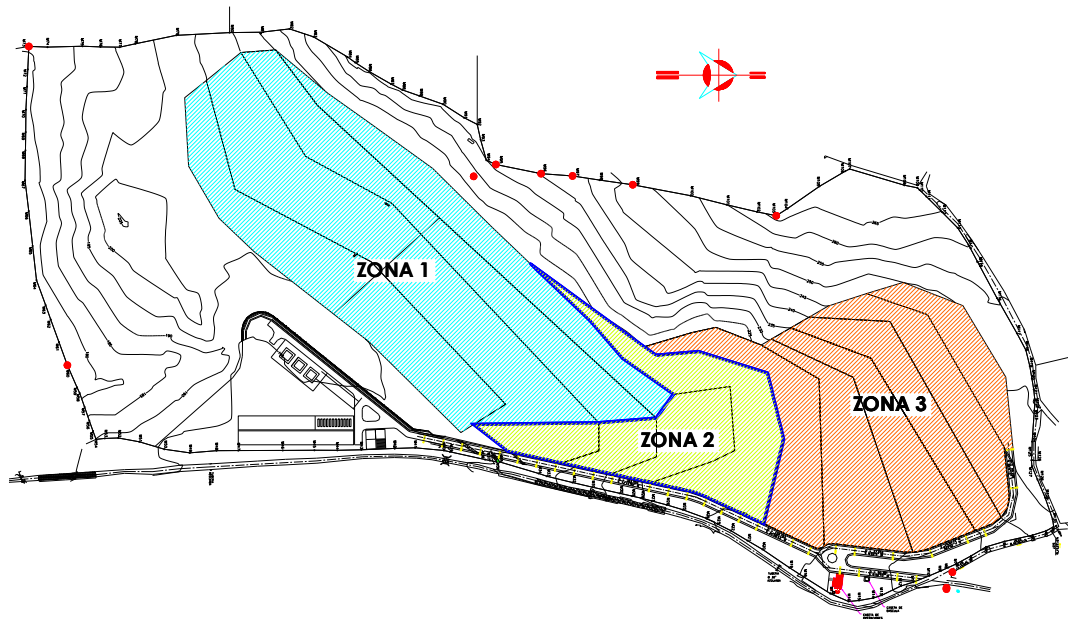
### **3.3.4 DISEÑO DEL CONFINAMIENTO DE BASURA.**

En el diseño de las obras de terracería se tiene que analizar la factibilidad de drenaje de los lixiviados ya que esto define el nivel inicial del relleno, en este caso se ha establecido en 197 msnm, para la construcción de las terrazas se requiere fundamentalmente prever los drenajes de las aguas lluvias, así como la definición de avance en la terracería, la cual se ha definido en Celdas que se habilitaran en niveles por terraza con cortes a  $90^\circ$  y diferencias de nivel de 5 metros, excepto la primera que tendrá 3 metros.

Sin embargo hay que reconocer que el terreno tiene un afloramiento de roca que en algunas celdas afectaran su diseño previsto y se tendrá que realizar cambios en el momento de la ejecución de la obra, uno de los cambios previstos será dejar cortes con taludes inclinados o zonas sin cortes que obligaran a cambiar drenajes de lixiviados, estos obstáculos han sido previstos en el cálculo de la vida útil del relleno y en el cálculo de la obtención del material de cobertura.

La conformación de terrazas se plantea en la figura 3.17, en donde se puede observar la planta general del relleno y la distribución de las terrazas proyectadas por zona de trabajo, está figura muestra el concepto básico de avance del relleno.

Figura 3.17 Planta general de conjunto del relleno sanitario ASIGOLFO.

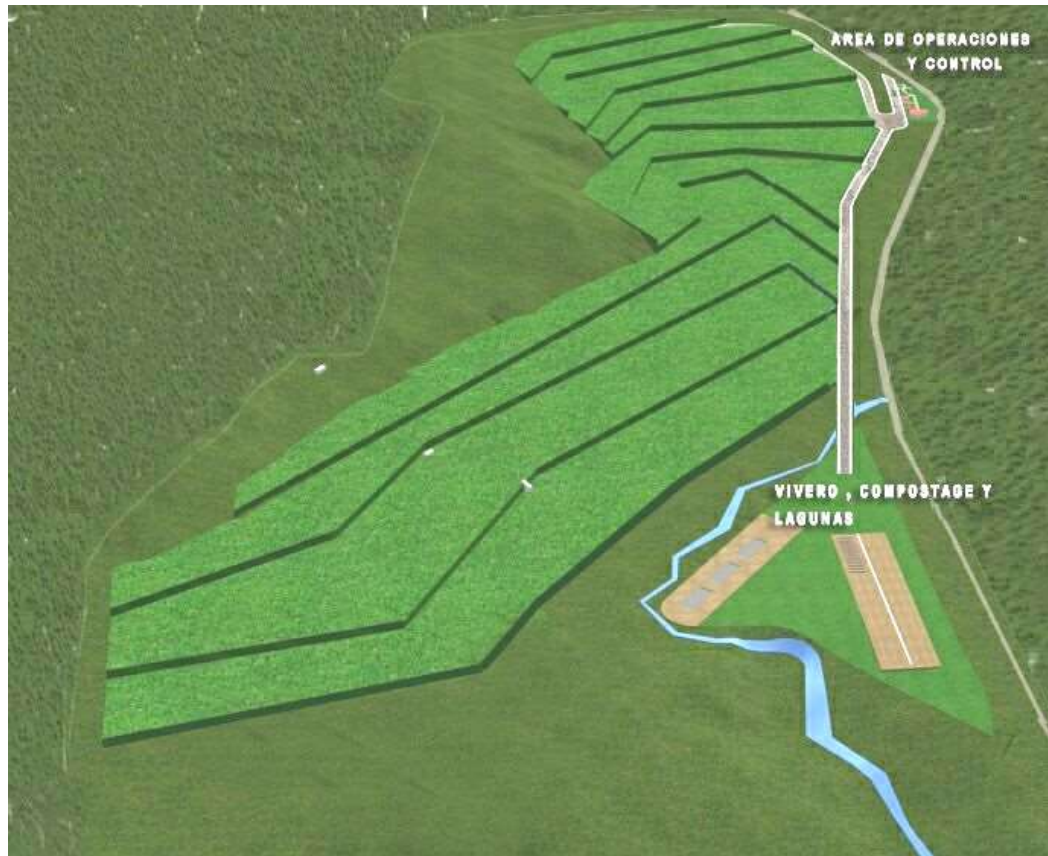


Fuente: diseño del relleno de la asociación intermunicipal del gofo de Fonseca.

En la figura 3.18 se muestra una perspectiva del desarrollo de los cortes de las terrazas, las cuales no se ejecutan de una sola vez, pues un relleno se construye poco a poco y solamente se va habilitando terraza por terraza y en el caso que estas sean muy grandes solamente se ejecuta una parte, que para este caso se les ha denominado CELDAS, el principio es habilitar tramos suficientemente grandes para al menos un año o dos pues de esta manera las obras de protección contra la erosión y la escorrentía superficial son menores.



Figura 3.18 Perspectivas de conformación de las terrazas en ASIGOLFO.



Fuente: diseño del relleno de la asociación intermunicipal del gofo de Fonseca.



### **3.3.5 IMPACTO AMBIENTAL.**

#### **3.3.6 Descripción del sitio.**

#### **3.3.7 Medio físico.**

El área se encuentra ubicada en la parte alta de la cuenca conocida como Managuara o Bananera en la Región Sirama que drena hacia el golfo de Fonseca.

El paisaje natural del área está conformado por lomas discontinuas, parches de vegetación y zonas de cultivos anuales. Los rangos altitudinales del terreno se encuentran entre los 193 a 265 msnm, ubicándose las mayores elevaciones en la zona norte con pendientes que varían del 6% al 15.7%. Por otra parte, en la zona sur la elevación es menor, 193 msnm, pero las pendientes varían desde 21% y 25% en las colindancias sur y oeste, y solo 4.5% en el centro.

El rumbo dominante del viento es sur-oeste, con una velocidad promedio de 8 km/hora, con velocidades superiores a los 13.0 km/hora en los meses con mayor presencia de viento (octubre-enero).

En la zona se presenta el rango de precipitación anual oscila entre 1565 y 1673 mm. Mientras que un promedio mensual de temperatura en 27.9°C; sin embargo los valores diarios pueden oscilar entre los 36.6° C (durante el día) y 21.8° C (durante la noche). Pero valores superiores a los 36 °C se reportan en los meses más secos.



En el terreno inicia la quebrada de invierno conocida como el Poshotal. El área total de las vertientes es de 1,005,616 metros cuadrados, y genera un caudal total de 37.66 m<sup>3</sup>/s.

No hay especies forestales que indiquen la presencia del manto acuífero superficial y se observan afloramientos rocosos en el terreno.

El entorno natural esta modificado por la presencia de caminos vecinales, una calle principal, la presencia de ganado y el establecimiento de cultivos anuales. La propiedad ha sido utilizada como área de pastoreo de ganado, lo que ha generado una mayor sustitución de las especies silvestres dada la necesidad de manejar pastizales, así como por efecto del fuego y el mismo ramoneo del ganado, de tal forma que las especies arbóreas y arbustivas existentes han sido las que mejor se han adaptado a este efecto antropogénico.

De acuerdo a los sondeos realizados el sitio presenta una estratigrafía regular conformada básicamente por dos tipos de suelos, que son Limo Arcilloso color café (MH) oscuro, que contiene un 10% de arena fina y Limo arcilloso color beige (MH1), que contiene un 40% de arena fina, y Arena Arcillosa color café (SC) que contiene el 70% de arena fina a gruesa.

Asimismo la capacidad de carga admisible vario desde 1.5 kg/cm<sup>2</sup> a un 1m de profundidad hasta 7 kg/cm<sup>2</sup> a 4 m de profundidad. Los contenidos naturales de humedad del suelo varían de normales a saturados predominando los valores altos. El coeficiente de permeabilidad registrado es del orden de 10<sup>-6</sup>.



### **Medio biológico**

El sitio está ubicado en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical Caliente (Holdridge, 1975), dentro de las unidades de paisaje Llanuras y lomas de Yayantique-San Alejo y Valle del Tihuilotal y en la formación de zonas de cultivo o mezclas de sistemas productivos.

El muestreo de vegetación mostró que el estrato arbustivo presenta una mayor parte de especies reportadas, siguiéndole la mezcla de árboles jóvenes y maduros y finalmente la categoría de árboles maduros. Ninguna de las plantas y árboles existentes en el sitio está considerada en los listados de especies amenazadas o en peligro de extinción o es representante de una comunidad vegetal única.

Se han reportado 4 especies de anfibios, 4 especies de reptiles, 23 especies de aves y 3 especies de mamíferos. Únicamente el gato zonto (*Herpailurus yaguaroundi*) está incluido en los listados de especies amenazadas, pero dada la conducta de la especie, no se considera que las acciones planificadas pudieran afectar las poblaciones de la especie.

### **Medio social**

El proyecto pretende beneficiar a un total de 10,402 viviendas con servicios de recolección, lo que equivale a una población total de 202,614 habitantes. Se estima que en el 2005 se generan alrededor de 32 ton/día de desechos sólidos, de los cuales casi el 50% los genera un municipio, La Unión.



### 3.3.8 IMPACTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS.

Se identificaron un total de 12 impactos de los cuales 10 fueron evaluadas como negativos, y 7 los cuales se representan en la tabla 3.17 de esos impactos resultaron significativos (aplicando el método MEL-ENEL y tomando los que tiene un nivel de significancia igual o mayor a 50%).

Tabla 3.17 Identificación de Impacto Ambientales.

Nombre Clave	Nivel de Significancia (%)
Alteración del Aire	100
Cierre de Operación celdas	95
Disposición final D.S.	92
Alteración de suelos	65
Alteración de drenajes	58
Alteración de paisaje	55
Alteración de escorrentía	52

#### Medidas de mitigación

Se han incluido las medidas de tratamiento aunque estas forman parte de la ingeniería del proyecto y no signifiquen un costo adicional para el Programa de Manejo Ambiental. Los costos totales del Programa son de \$ 100,925.21.



Tabla 3.18 Medidas de Mitigación.

No.	Impacto Generado.	Medida de Mitigación.
1	Cambio de la calidad del aire por material particulado (polvo), humo, ruido, (maquinaria), gases resultantes del proceso de descomposición.	Riego de zonas y perforación del pozo
		Conservación e introducción de zonas forestadas como barrera sónica.
		Venteo y quema del biogas.
2	Incremento en la generación de lixiviados, acumulación de gases y riesgo en la salud por falta de manejo del sitio al cierre de operaciones.	Implantar un programa de manejo y monitoreo del sitio para cierre de operaciones.
3	Reducción de la vida útil del Relleno sanitario e incremento de riesgo de enfermedades infecto contagioso.	Controlar la cantidad y calidad de desechos vertidos.
4	Desestabilización del talud o pared y modificación de la calidad del suelo.	Mantener la inclinación adecuada en los taludes y las alturas d diseño recomendadas en cada terraza.
		Controlar el funcionamiento de los drenajes temporales y perimetrales de las zonas de terrazas.
5	Contaminación del agua por descomposición de los desechos sólidos.	Construcción de un sistema de drenaje y tratamiento de lixiviados.

6	Cambio de las canalizaciones naturales y de puntos de descarga, aumento de escorrentía por impermeabilización de las áreas.	Forjado de la canaleta perimetral externa.
		Obras de protección en el punto de descarga propuesto entre canaleta perimetral y quebrada.
		Utilización de la calle como interceptor de la escorrentia externa (1 km aproximadamente).
7	Cambio en la cuenca visual debido al desarrollo del proyecto, además se pierde la conectividad de áreas vegetadas.	Conservación e introducción de zonas forestadas como barrera sónica y conectividad de áreas.
		Utilización de vallas móviles.
		Limpieza periódica.

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental.



### 3.3.9 DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO ASIGOLFO.

#### 3.3.10 CELDA DIARIA.

##### Dimensionamiento de la Celda Diaria.

##### *Datos de diseño*

**Producción de desechos/día:** 32 ton/día

**Densidad en relleno recién compactada:** 0.500 ton/m<sup>3</sup>

**Factor de material de cobertura:** 1.25

**La basura en el relleno por día durante la semana laboral de 6 días será:**

$$D_s = 32 * 7/6 = 37.33 \text{ ton/día}$$

$$\text{Volúmen de desechos} = 37.33 / 0.500 = 74.67 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Volúmen de tierra diario} = 74.67 * 0.25 = 18.67 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Volúmen de la celda diaria} = 74.67 + 18.83 = 93.34 \text{ m}^3/\text{día}$$

**Area de celda = volúmen de material/ altura de la celda diaria (1.0 m)**

$$\text{Area la celda} = 93.34 \text{ m}^3 / 1.20 \text{ m}$$

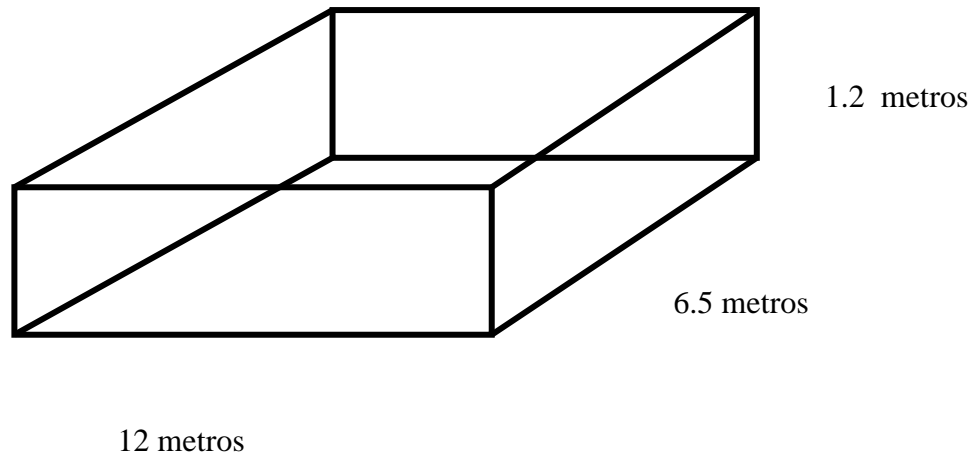
$$\text{Area la celda} = 77.80 \text{ m}^2$$

**Frente de trabajo de 12 metros para permitir en hora pico que 3 camiones descarguen simultáneamente.**

$$\text{Largo de celda} = 77.80/12 = 6.50 \text{ m}$$



### Dimensiones de la celda diaria



### Pasos para la construcción de las celdas diarias

- Para la construcción de la primera celda se recomienda delimitar el área que ocupará de acuerdo con las dimensiones estimadas basadas en la cantidad de desechos y grado de compactación fundamentales, esto dará una visión rápida y aclarará las dudas de los trabajadores.
- Descargar la basura en el frente de trabajo, definido de 15 metros, a fin de mantener una sola y estrecha área descubierta durante la jornada y evitar el acarreo de larga distancia.
- Esparcir la basura en capas delgadas de 0.30 m y compactar hasta obtener la altura de 1 metro que es la altura de la celda diaria dimensionada por día, en caso de alcanzar esta altura antes de finalizar la jornada del día ampliar el ancho de la celda,



esto ocurrirá a medida ingresen más desechos al relleno, tal y como ha sido proyectado, sin embargo la dimensión de la celda diaria se da para las cantidades actuales por lo que se debe conservar es la altura y las dimensiones de la base se ampliarán según el crecimiento normal del relleno.

- Al final del día y haber alcanzada la altura final de la celda diaria de 1 metro, se procede a cubrir la basura compactada con una capa de 15 a 20 cm para taparlas completamente y rellenar las irregularidades de la superficie, hasta obtener una superficie uniforme
- El esparcimiento y compactación se realizan en capas horizontales o inclinadas con una pendiente de 1:3 (altura: avance), lo cual proporciona mayor grado de compactación, mejor drenaje superficial, menor consumo de tierra, mejor contención y estabilidad del relleno.

### **Frente de Trabajo**

Según el equipo de relleno sanitario, el ancho del frente de trabajo deberá ser de 12 metros esto se ha dimensionado de acuerdo al número de vehículos recolectores que llegan al relleno sanitario a la hora pico, para este caso se considero que llegan 9 vehículos al día y podrán estar llegando 3 simultáneamente por lo que se estableció un frente de 15 m.

El ancho de la celda diaria resulto de 6.50 metros para la cantidad de basura actual, esta dimensión es la que es variable pues el frente debe mantenerse lo mas pequeño posible y la altura de 1 metro es la establecida de diseño, esta facilitara el trabajo del tractor y este



trabajara mas eficientemente evitando grandes pendientes de trabajo, pues su altura máxima será 1.20 metros cuando termine de cubrir la celda diaria.

### **Zona de Descarga**

El depósito o descarga de los residuos sólidos deberá efectuarse de tal forma que no se obstruyan las operaciones, el motorista debe acatar las órdenes del operador y la zona de descarga debe proporcionar una área estabilizada para que los camiones puedan hacer maniobras, esta área para este caso debe ser dos veces el tamaño de la celda diaria, es decir de 30 X 15 metros.

### **Material de Cubierta.**

El material de cubierta es vital este deberá estar disponible y cerca de la zona de operación pues al final de la jornada del día se utilizara para darle cobertura a la basura acomodada en la celda diaria.

#### Funciones del material de cubierta

- Evitar diseminación de residuos sólidos por efectos del viento
- Controlar malos olores
- Evitar la invasión al relleno de fauna nociva
- Controlar la proliferación de vectores y roedores



- Disminuir riesgos de incendio
- Estabilizar el relleno para que sea más transitable
- Evitar la infiltración de agua de lluvia

### **Tipo de Material de cubierta**

Tipo: granular inerte

Ideal: Areno-Arcilloso (30-70%)

Bueno: Tierra limpia libre de materia orgánica, raíces de árboles o ramas, rocas de más de 15 cm de diámetro, materiales voluminosos de construcción. El material de cubierta se protegerá, si es posible, mediante una lona o plástico.

Malos: Arena, barro y aluviones puros. Si se combinan con material de otro tipo podrán servir como material de cubierta.

### **Espesor de capas.**

- Capas intermedias: entre 15 y 20 cm compactados
- Capas superior: 40 a 60 cm, en el caso de contar con abundante material de cubierta se podrá utilizar para reparaciones y al final se puede aumentar en todas las zonas la capa de cubierta.

El diseño de las celdas se basa en la utilización del 25% de material de cubierta, es decir 4 metros de basura y 1 de material de cobertura, distribuidos en 4 capas intermedias de



20 cm y una final de 40 cm, con lo que se alcanzaran los 5 metros, se ha contemplado incluso el material de los taludes en el cálculo por lo que el material de cubierta será obtenido en su totalidad del sitio.

### **3.3.11 VIDA UTIL.**

#### **Conformación de Terrazas.**

La conformación de terrazas es el resultado de unos análisis de estabilidad de terrazas basados en espacio de movimiento de los camiones que descargaran en el relleno y del balance de terracería que proporciona el material de cobertura necesario para confinar la basura. En la figura 3.4.4 se muestra los niveles por terrazas.

Debido a que las terrazas son grandes y con el objeto de evitar tener grandes áreas abiertas se tomo la disposición de habilitar áreas denominadas **Celda de Trabajo**, las cuales permitirán desarrollar el relleno mas en altura que en área, disminuyendo así las cantidades de lixiviados.

En la tabla 3.19 se presenta la distribución de áreas de cada celda.



Tabla 3.19 Distribución de áreas por celda de trabajo ubicada en cada terraza.

ZONAS	NOMBRE DE TERRAZA	NIVEL DE TERRAZA msnm	CELDA DE TRABAJO	AREA m <sup>2</sup>
ZONA 1	La Unión	197	C - 1	10,861.16
			C - 4	12,567.23
	Conchagua	200	C - 2	15,151.90
			C - 5	17,042.95
	El Carmen	205	C - 3	7,485.37
			C - 6	11,470.06
	Yyantique	210	C - 7	13,687.64
<b>SUB-TOTAL</b>				<b>88,266.31</b>
ZONA 2	MULTIPLE	200, 205 Y 210	C - 8	13,805.38
	Golfo	215	C - 9	14,089.67
<b>SUB-TOTAL</b>				<b>27,895.05</b>
ZONA 3	San Alejo	220	C - 10	11,819.78
	Yucuaiquín	225	C - 11	12,315.26
	San José	230	C - 12	11,404.18
	Pasaquina	235	C - 13	9,825.57
	Intipucá	240	C - 14	9,722.15
	Chirilagua	245	C - 15	6,538.17
<b>SUB-TOTAL</b>				<b>61,625.09</b>
<b>TOTAL</b>				<b>177,786.45</b>

Fuente: diseño del relleno de la asociación intermunicipal del gofo de Fonseca.

### Cálculo de Movimiento de Tierra.

### Conformación de Terrazas Zona I

En esta zona fueron definidas 4 terrazas que parten del nivel 197 al nivel 210, constituidas por 7 Celdas de trabajo, alcanzando una altura final en está zona en la cota 220 msnm, que significan una altura de 23 metros.



En la tabla 3.20 se presenta el resultado del cálculo de movimiento de tierra que se realiza tanto en el corte de terrazas como en la conformación de la calle principal que por requerirse desde el inicio le corresponde a esta zona.

Tabla 3.20. Volúmen de corte y relleno de Zona I

TERRAZA	AREA (m <sup>2</sup> )	VOLÚMEN TERRAZA		VOLÚMEN DE CALLE		DIFERENCIA
		CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO	
Terraza 197	23,428.39	57,601.06	3,094.78	5,925.30	1,796.37	58,635.22
Terraza 200	28,782.20	114,311.04	14.38			114,296.66
Terraza 205	16,140.55	52,549.70	1,255.28			51,294.42
Terraza 210	9,198.09	47,983.84	6,208.10			41,775.74
<b>TOTAL</b>	<b>77,549.23</b>	<b>272,445.64</b>	<b>10,572.54</b>	<b>5,925.30</b>	<b>1,796.37</b>	<b>266,002.04</b>

Fuente: diseño del relleno de la asociación intermunicipal del gofo de Fonseca.

## Conformación de Terrazas Zona II

En esta zona fueron definidas 4 terrazas que se encuentran en el nivel 200, 205, 210 y 215, esta zona se ubica en el cause del drenaje interno del terreno el cual será anulado y desviado aguas arriba, se ha dividido en 2 celdas, la primera es básicamente la continuación de las terrazas de la zona I, que corresponde a los niveles 200, 205 y 210, la otra celda la constituye la terraza 215 que alcanzara a llenar por completo el drenaje existente.

En esta zona el relleno alcanzara su máximo nivel en la cota 220 msnm, que significan llegar a unirse al nivel final de la Zona I, con una altura de 20 metros, en la



tabla 3.21 se presenta el resultado del cálculo de movimiento de tierra que se realiza en el corte de terrazas.

Tabla3.21 Volúmen de corte y relleno Zona II

TERRAZA	AREA (m <sup>2</sup> )	VOLÚMEN TERRAZA		DIFERENCIA
		CORTE	RELLENO	
Terraza Múltiple	23,224.32	53,297.80	522.80	54,843.51
Terraza 215	18,586.04	60,652.30	0.00	60,652.30
<b>TOTAL</b>	<b>41,810.36</b>	<b>113,950.10</b>	<b>522.80</b>	<b>115,495.81</b>

Fuente: diseño del relleno de la asociación intermunicipal del gofo de Fonseca.

### Conformación de Terrazas Zona III

En esta zona fueron definidas 6 terrazas que parten del nivel 220 al nivel 245, debido a su tamaño pequeño estas constituirán una celda de trabajo por terraza y la basura confinada en ellas se apoyara en las conformadas por la zona II.

En está Zona el relleno alcanzara su máximo nivel en la cota 250 msnm, resultando una altura de 30 metros, en la tabla 3.22 se presenta el resultado del cálculo de movimiento de tierra que se realiza en el corte de terrazas que le corresponde a esta zona.





Tabla 3.22 Volúmen de corte y relleno de la Zona III

TERRAZA	AREA (m <sup>2</sup> )	VOLÚMEN TERRAZA		DIFERENCIA
		CORTE	RELLENO	
Terraza 220	11,819.78	32,478.98	2,915.38	29,563.60
Terraza 225	12,315.26	40,972.62	71.04	40,901.58
Terraza 230	11,404.18	43,665.05	314.46	43,350.59
Terraza 235	9,825.57	48,511.98	132.56	48,379.42
Terraza 240	9,722.15	37,083.24	79.12	37,004.12
Terraza 245	6,538.17	19,334.36	124.90	19,209.46
	<b>61,625.09</b>	<b>222,046.23</b>	<b>3,637.46</b>	<b>218,408.77</b>

Fuente: diseño del relleno de la asociación intermunicipal del gofo de Fonseca.

### **Cálculo de la Capacidad Volumétrica del Sitio.**

Este dato es el más importante y es el resultado del diseño final del relleno, ya que para llegar a establecer la capacidad de almacenamiento del sitio se requiere de cálculos de Terracería minuciosos, en este diseño se utilizó un levantamiento topográfico con detalle de curvas a cada metro y se elaboraron perfiles a cada 20 metros trazando cada terraza dentro de estos perfiles y luego se calculó la capacidad volumétrica de cada terraza proyectada con el nivel de basura de diseño que se estableció en 5 metros, incluyendo el material de cobertura.

En la tabla 3.23 se presentan los cálculos de la capacidad volumétrica por cada zona del relleno, cuyo resultado total resulta que el relleno tiene una capacidad volumétrica de 2,037,103.33 m<sup>3</sup>, sin embargo debido al afloramiento de roca existente en el sitio se estima que a partir de la terraza del nivel 215 msnm, se tendrán dificultades para realizar los cortes de acuerdo al diseño propuesto por lo que se ha considerado una



perdida de capacidad de carga del 30 % en esa zona quedando una capacidad volumétrica de 1,676,859.29 m<sup>3</sup>.

Tabla 3.23. Cálculo de capacidad volumétrica del relleno sanitario

ZONAS	TERRAZA	NIVEL msnm	CELDA	Area promedio	Altura de terraza	Capacidad / terraza en m <sup>3</sup>
ZONA 1	La Unión	197	C - 1	9,210.51	3.00	27,631.52
			C - 4	18,298.25	5.00	91,491.25
	Conchagua	200	C - 2	19,876.59	5.00	99,382.93
			C - 5	10,656.85	3.00	31,970.55
	El Carmen	205	C - 3	23,434.83	5.00	117,174.13
			C - 6	29,179.41	5.00	145,897.05
	Yayantique	210	C - 7	50,733.49	5.00	253,667.43
<b>SUB-TOTAL</b>						<b>767,214.84</b>
ZONA 2	MULTIPLE	200, 205 y 210	C - 8	13,815.02	5.00	69,075.10
	Golfo	215	C - 9	54,642.26	5.00	273,211.28
<b>SUB-TOTAL</b>						<b>342,286.38</b>
ZONA 3	San Alejo	220	C - 10	28,200.71	5.00	141,003.53
	Yucuaiquín	225	C - 11	31,958.40	5.00	159,792.02
	San José	230	C - 12	33,028.47	5.00	165,142.34
	Pasaquina	235	C - 13	30,920.63	5.00	154,603.16
	Intipucá	240	C - 14	31,710.68	5.00	158,553.42
	Chirilagua	245	C - 15	29,701.53	5.00	148,507.65
<b>SUB-TOTAL</b>						<b>927,602.11</b>
<b>TOTAL</b>						<b>2,037,103.33</b>

Fuente: diseño del relleno de la asociación intermunicipal del gofo de Fonseca.

Se establece que el volúmen que se puede almacenarse en el terreno bajo el diseño de corte propuesto y altura de las terrazas es de 1.68 millones de metros cúbicos, con este dato se procede a calcular cuanta es la basura que se podría acondicionar, incluyendo su material de cobertura y cuantos años duraría en funcionamiento el relleno, esto se conoce como vida útil del relleno y su cálculo se presenta a continuación.



## Cálculo de Vida Útil.

Una vez calculado la capacidad volumétrica del sitio y teniendo en cuenta el material de cubierta se puede ajustar el cálculo proyectado de los volúmenes estabilizados de basura que se pueden disponer en el sitio, determinando así la vida útil del sitio bajo las condiciones existentes.

A continuación se enuncian los datos del cálculo de proyección en donde se ha calculado la tasa ponderada de crecimiento poblacional de los 10 municipios participantes, definida como población de diseño y se ha considerado que la producción de desechos aumenta con una tasa anual de 1%.

En la tabla 3.24 se observa que el volumen de 1,676,135 m<sup>3</sup> que tiene el sitio con el diseño propuesto se llena en 33 años aproximadamente que indica que se depositaran 1,315,982 toneladas de basura.

### DATOS DE CÁLCULO

<b>Población a servir año 2005 (10 Municipios)</b>	<b>61,620</b>	<b>Hab.</b>
Cobertura de recolección	100	%
Producción por persona por día	0.52	kg/hab/día
Tasa de crecimiento poblacional	4	%
Factor de material cobertura	1.25	
Factor de área adicional (zona de retiro y accesos)	2.65	
Densidad de desechos compactados en el relleno	0.5	ton/m <sup>3</sup>
Densidad de desechos estabilizados en el relleno	0.7	ton/m <sup>3</sup>
Tasa de crecimiento de producción de desecho hab/día/año	1	%
Altura Promedio de las terrazas (altura de celda diaria de 1 m)	11.6	m

Fuente: diseño del relleno de la asociación intermunicipal del gofo de Fonseca.



En la tabla 3.25 se proyecta la vida útil por terraza de forma que esta tabla representa una programación para ir planificando el avance del relleno, la cual debe servir de guía y chequearla de acuerdo a la cantidad de desechos que se están registrando y los grados de compactación logrados.



TABLA 3.24 Calculo de volúmen y área requerida para determinar la vida útil del Relleno Sanitario del Golfo de Fonseca.

AÑO	Poblacion (habitante)	PPC kg/hab/día	CANTIDAD DE DESECHOS			VOLÚMEN DE DESECHOS SÓLIDOS					AREA REQUERIDA	
			Diaria (kg)	Anual (ton)	Acumulada (ton)	Compactados		Estabilizados por año (m³)	Rellenos		Área a rellenar (m²)	Área total del relleno (mz)
						Diario (m³)	Anual (m³)		(Ds + MC ) Anual (m³)	Acumulado (m³)		
1	61,620	0.5172	31,873	11,633	11,633	63.7	23,267	16,619	20,774	20,774	1,790.87	0.679
2	64,085	0.5224	33,479	12,220	23,853	67	24,440	17,457	21,821	42,595	3,672.00	1.3923
3	66,648	0.5276	35,166	12,836	36,689	70.3	25,671	18,337	22,921	65,516	5,647.94	2.1415
4	69,314	0.5329	36,939	13,483	50,172	73.9	26,965	19,261	24,076	89,592	7,723.46	2.9284
5	72,086	0.5382	38,800	14,162	64,334	77.6	28,324	20,232	25,290	114,882	9,903.59	3.7551
6	74,970	0.5436	40,756	14,876	79,210	81.5	29,752	21,251	26,564	141,446	12,193.60	4.6234
7	77,969	0.5491	42,810	15,626	94,835	85.6	31,251	22,322	27,903	169,349	14,599.03	5.5354
8	81,087	0.5546	44,968	16,413	111,248	89.9	32,826	23,447	29,309	198,658	17,125.69	6.4934
9	84,331	0.5601	47,234	17,240	128,489	94.5	34,481	24,629	30,786	229,444	19,779.69	7.4997
10	87,704	0.5657	49,615	18,109	146,598	99.2	36,219	25,870	32,338	261,783	22,567.46	8.5567
11	91,212	0.5714	52,115	19,022	165,620	104.2	38,044	27,174	33,968	295,750	25,495.73	9.667
12	94,861	0.5771	54,742	19,981	185,601	109.5	39,961	28,544	35,680	331,430	28,571.58	10.8333
13	98,655	0.5828	57,501	20,988	206,589	115	41,976	29,983	37,478	368,908	31,802.46	12.0583
14	102,602	0.5887	60,399	22,046	228,634	120.8	44,091	31,494	39,367	408,276	35,196.17	13.345
15	106,706	0.5946	63,443	23,157	251,791	126.9	46,313	33,081	41,351	449,627	38,760.93	14.6967
16	110,974	0.6005	66,640	24,324	276,115	133.3	48,647	34,748	43,435	493,062	42,505.34	16.1164



AÑO	POBLACION (habitante)	PPC kg/hab/día	CANTIDAD DE DESECHOS			VOLÚMEN DE DESECHOS SÓLIDOS					AREA REQUERIDA	
			Diaria (kg)	Anual (ton)	Acumulada (ton)	Compactados		Estabilizado s por año (m³)	Rellenos		Área a rellenar (m²)	Área total del relleno (mz)
						Diario (m³)	Anual (m³)		(Ds + MC ) Anual (m³)	Acumulado (m³)		
17	115,413	0.6065	69,999	25,550	301,664	140	51,099	36,500	45,624	538,686	46,438.48	17.6077
18	120,029	0.6126	73,527	26,837	328,502	147.1	53,675	38,339	47,924	586,610	50,569.85	19.1742
19	124,830	0.6187	77,233	28,190	356,692	154.5	56,380	40,271	50,339	636,950	54,909.44	20.8196
20	129,824	0.6249	81,125	29,611	386,302	162.3	59,221	42,301	52,876	689,826	59,467.75	22.5479
21	135,017	0.6311	85,214	31,103	417,406	170.4	62,206	44,433	55,541	745,367	64,255.79	24.3634
22	140,417	0.6374	89,509	32,671	450,076	179	65,341	46,672	58,341	803,708	69,285.15	26.2703
23	146,034	0.6438	94,020	34,317	484,394	188	68,635	49,025	61,281	864,989	74,567.99	28.2733
24	151,875	0.6503	98,759	36,047	520,441	197.5	72,094	51,496	64,370	929,358	80,117.09	30.3774
25	157,950	0.6568	103,736	37,864	558,304	207.5	75,727	54,091	67,614	996,972	85,945.86	32.5874
26	164,268	0.6633	108,964	39,772	598,076	217.9	79,544	56,817	71,021	1,067,993	92,068.40	34.9088
27	170,839	0.67	114,456	41,777	639,853	228.9	83,553	59,681	74,601	1,142,594	98,499.51	37.3473
28	177,673	0.6767	120,225	43,882	683,735	240.4	87,764	62,689	78,361	1,220,955	105,254.76	39.9086
29	184,780	0.6834	126,284	46,094	729,829	252.6	92,187	65,848	82,310	1,303,265	112,350.47	42.599
30	192,171	0.6903	132,649	48,417	778,245	265.3	96,834	69,167	86,459	1,389,724	119,803.80	45.425
31	199,858	0.6972	139,334	50,857	829,103	278.7	101,714	72,653	90,816	1,480,540	127,632.78	48.3935
32	207,852	0.7041	146,357	53,420	882,523	292.7	106,841	76,315	95,393	1,575,934	135,856.34	51.5116
33	216,166	0.7112	153,733	56,113	938,635	307.5	112,225	80,161	100,201	1,676,135	144,494.37	54.7868

Fuente: diseño del relleno de la asociación intermunicipal del gofo de Fonseca.



Tabla 3.25 Definición de la capacidad volumétrica por Celda/año y definición en % de terrazas a ser habilitadas por año.

AÑO	POBLACION (habitante)	PPC kg/hab/día	CANTIDAD DE DESECHOS			VOLÚMEN DE DESECHOS SÓLIDOS					VOLÚMEN AÑO/CELDA	
			Diaria (kg)	Anual (ton)	Acumulada (ton)	Compactados		Estabilizados por año (m³)	Rellenos		Capacidad volumétrica año/terrazza	% Terraza habilitada
						Diario (m³)	Anual (m³)		(Ds + MC ) Anual (m³)	Acumulad o (m³)		
1	61,620	0.5172	31,873	11,633	11,633	63.7	23,267	16,619	20,774	20,774	CELDA 1 27,631	T-197-50%
2	64,085	0.5224	33,479	12,220	23,853	67	24,440	17,457	21,821	42,595	CELDA 2 91,491.25	T-200-10%
3	66,648	0.5276	35,166	12,836	36,689	70.3	25,671	18,337	22,921	65,516		T-200-10%
4	69,314	0.5329	36,939	13,483	50,172	73.9	26,965	19,261	24,076	89,592		T-200-10%
5	72,086	0.5382	38,800	14,162	64,334	77.6	28,324	20,232	25,290	114,882		T-200-10%
6	74,970	0.5436	40,756	14,876	79,210	81.5	29,752	21,251	26,564	141,446	CELDA 3 99,382.93	T-205-10%
7	77,969	0.5491	42,810	15,626	94,835	85.6	31,251	22,322	27,903	169,349		T-205-10%
8	81,087	0.5546	44,968	16,413	111,248	89.9	32,826	23,447	29,309	198,658		T-205-10%
9	84,331	0.5601	47,234	17,240	128,489	94.5	34,481	24,629	30,786	229,444		T-205-10%
10	87,704	0.5657	49,615	18,109	146,598	99.2	36,219	25,870	32,338	261,783	CELDA 4 31,970.55	T-197-50%
11	91,212	0.5714	52,115	19,022	165,620	104.2	38,044	27,174	33,968	295,750	CELDA 5 117,174.13	T-200 -15%
12	94,861	0.5771	54,742	19,981	185,601	109.5	39,961	28,544	35,680	331,430		T-200 -15%
13	98,655	0.5828	57,501	20,988	206,589	115	41,976	29,983	37,478	368,908		T-200 -20%
14	102,602	0.5887	60,399	22,046	228,634	120.8	44,091	31,494	39,367	408,276	CELDA 6 145,897.05	T-205-10%
15	106,706	0.5946	63,443	23,157	251,791	126.9	46,313	33,081	41,351	449,627		T-205-10%
16	110,974	0.6005	66,640	24,324	276,115	133.3	48,647	34,748	43,435	493,062		T-205-15%
17	115,413	0.6065	69,999	25,550	301,664	140	51,099	36,500	45,624	538,686		T-205-15%



AÑO	POBLACION (habitante)	PPC kg/hab/día	CANTIDAD DE DESECHOS			VOLÚMEN DE DESECHOS SÓLIDOS					VOLÚMEN AÑO/CELDA	
			Diaria (kg)	Anual (ton)	Acumulada (ton)	Compactados		Estabilizado s por año (m³)	Rellenos		Capacidad volumétrica año/terrazza	% Terraza habilitada
						Diario (m³)	Anual (m³)		(Ds + MC ) Anual (m³)	Acumulado (m³)		
18	120,029	0.6126	73,527	26,837	328,502	147.1	53,675	38,339	47,924	586,610	CELDA 7 253,667.43	T-210-15%
19	124,830	0.6187	77,233	28,190	356,692	154.5	56,380	40,271	50,339	636,950		T-210-15%
20	129,824	0.6249	81,125	29,611	386,302	162.3	59,221	42,301	52,876	689,826		T-210-20%
21	135,017	0.6311	85,214	31,103	417,406	170.4	62,206	44,433	55,541	745,367		T-210-20%
22	140,417	0.6374	89,509	32,671	450,076	179	65,341	46,672	58,341	803,708		T-210-20%
23	146,034	0.6438	94,020	34,317	484,394	188	68,635	49,025	61,281	864,989	CELDA 8 69,075.10	T-200-205- 210
24	151,875	0.6503	98,759	36,047	520,441	197.5	72,094	51,496	64,370	929,358	CELDA 9 195,247.89	T-215-30%
25	157,950	0.6568	103,736	37,864	558,304	207.5	75,727	54,091	67,614	996,972		T-215-35%
26	164,268	0.6633	108,964	39,772	598,076	217.9	79,544	56,817	71,021	1,067,993		T-215-35%
27	170,839	0.67	114,456	41,777	639,853	228.9	83,553	59,681	74,601	1,142,594	CELDA 10 Y 11 210,556.88	T-220-100%
28	177,673	0.6767	120,225	43,882	683,735	240.4	87,764	62,689	78,361	1,220,955		T-225-50%
29	184,780	0.6834	126,284	46,094	729,829	252.6	92,187	65,848	82,310	1,303,265		T-225-50%
30	192,171	0.6903	132,649	48,417	778,245	265.3	96,834	69,167	86,459	1,389,724	CELDA 12 Y 13 223,821.84	T-230-100%
31	199,858	0.6972	139,334	50,857	829,103	278.7	101,714	72,653	90,816	1,480,540		T-235-100%
32	207,852	0.7041	146,357	53,420	882,523	292.7	106,841	76,315	95,393	1,575,934	CELDA 14 Y 15 214,942.75	T-240-100%
33	216,166	0.7112	153,733	56,113	938,635	307.5	112,225	80,161	100,201	1,676,135		T-245-100%

Fuente: diseño del relleno de la asociación intermunicipal del gofo de Fonseca.





Tabla 3.26 Resumen de la capacidad de almacenamiento y vida útil del relleno por zona.

<b>ZONAS</b>	<b>CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO (m<sup>3</sup>)</b>	<b>VIDA ÚTIL (Años )</b>	<b>% VIDA POR ZONA</b>
ZONA 1	767,214.84	22	66.67
ZONA 2	191,247.89	4	12.12
ZONA 3	649,321.48	7	21.21
<b>TOTAL</b>	<b>1,607,784.21</b>	<b>33</b>	<b>100.00</b>

Fuente: diseño del relleno de la asociación intermunicipal del gofo de Fonseca.

**NOTA:** En las zonas 2 y 3 se consideró una disminución en sus capacidades de almacenamiento en un 30%, debido a la existencia abundante de rocas en estos sectores.



### **3.3.12 INGRESO DE DESECHOS SÓLIDOS.**

#### **Recepción.**

El horario de operación el relleno sanitario se establecerá de acuerdo con el horario del sistema de recolección de los residuos sólidos, usualmente un relleno está en servicio de cinco a seis días a la semana y de ocho a diez horas por día.

El horario deberá colocarse a la entrada del relleno y se indicará el tipo de residuos permisibles a la entrada. Además de advertir que no se admiten pepenadores pues esto es fundamental para un Relleno Sanitario, pues debe borrar la imagen de lo que se tiene de un botadero a cielo abierto además de lo peligroso que es estar en un relleno con la operación constante de un tractor el cual se concentra en acomodar la basura en capas, compactándola y cubriéndola con tierra, por lo que la presencia de personas alrededor puede ocasionar un accidente lamentable.

Una vez autorizada la entrada al vehículo o camión y después de haber sido pesado, se le asignará el frente de operación a que deba ir a descargar y la ruta a seguir respetando los señalamientos del camino.

Los señalamientos de los caminos incluirán dirección, velocidad máxima permisible, entronques con los caminos programados y las celdas en operación.

Un buen señalamiento en los caminos agilizará la disposición de los residuos, evitará accidentes y congestionamiento, elevando la eficiencia de la disposición.



Se recomienda que tanto los caminos permanentes como los temporales (es decir caminos que se abrirán, de acuerdo a la planeación del terreno) lleven algún nombre o algún color para facilitarle al chofer la localización del frente de trabajo en donde se descargará ese día.

El chofer llegará al frente de trabajo asignado y descargará o depositará los residuos e inmediatamente volverá a salir de la zona de operaciones y regresará a la báscula para ser nuevamente pesado el vehículo.

La localización de las celdas del relleno deberá estacarse para identificar los límites de las mismas. La elevación del nivel de los residuos y de la altura de material de cubierta (tierra) deberá darse también sobre el estacado.

### **Tipo de Residuos por disponer.**

El relleno en principio sólo aceptará residuos sólidos municipales y no aceptará residuos sólidos industriales, incompatibles, peligrosos, y potencialmente peligrosos.

Posteriormente se podrá ofrecer servicios de disposición final para otro tipo de desechos, siempre que cuente con el permiso ambiental para hacerlo, como es el caso de los desechos hospitalarios u otros desechos de origen industrial que requieren de un diseño especial de celdas y que en este diseño no fueron proyectadas.



**Cantidad:** El relleno sanitario recibirá los residuos sólidos generados por la comunidad y recolectados por los municipios que decidan llevar los desechos al relleno se ha proyectado que este recibirá en promedio 32 ton/día, llegando los días lunes y martes de 40 a 50 toneladas, estas cantidades irán aumentando con el tiempo, la cantidad de los residuos sólidos, dependerá de la cobertura ofrecida a la ciudad, sin embargo en la memoria de cálculo se ha proyectado la producción de basura para cada municipio para diferentes coberturas de recolección de tal forma de contar con parámetros de referencia.

**Composición:** El relleno sanitario solo podrá recibir residuos sólidos municipales, que son aquellos provenientes de las viviendas y las actividades comerciales de la ciudad cuya composición la constituyen en mayor cantidades la materia orgánica (desperdicios de comida, frutas y la poda de árboles y jardinería), los plásticos, papeles y cartones y otros componentes de pequeñas proporciones que son considerados como no peligrosos.



### 3.3.13 TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS.

#### Control y Tratamiento de Lixiviados.

La superficie del relleno no necesitara impermeabilización ya que el suelo natural alcanza una tasa de permeabilidad de  $1.15 \times 10^{-6}$  cm/s y  $3.6 \times 10^{-7}$  cm/s, las terrazas tendrán una pendiente de 2% drenando hacia dentro para conducir los lixiviados a los drenajes y evitar encharcamientos, lo anterior contribuye a brindar mayor estabilidad de las terrazas.

El volumen estimado de producción anual de lixiviados se realizará utilizando la ecuación que se basa en la relación de la compactación de la basura y define como  $Q = KPA$ , en donde K equivale al 25% del total de la lámina de precipitación media anual ( $\text{litros/m}^2 = \text{mm/año}$ ), que corresponde a 1,637 mm/año (Tomando como referencia la Estación Olomega).

Los lixiviados serán tratados por un juego de tres lagunas de estabilización con un tiempo de retención de 2 a 5 días, al final en la tercera laguna se mantendrá un control para que esta no supere una altura de 1.50 m, pues al llegar a este nivel esta será vaciada a través de una bomba achicadora que llenará un camión cisterna de  $8 \text{ m}^3$ , el cual en 6 horas podrá extraer  $32 \text{ m}^3$  de lixiviados que rociará sobre las celdas terminadas del relleno, dicho proceso se conoce como recirculación.



## DISEÑO DE DRENAJE Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS.

### Diseño del drenaje.

El cálculo de los diámetros del drenaje de lixiviados se realizó utilizando los siguientes criterios.

CAUDAL DE LIXIVIADOS  $Q = P A K$

DONDE :

$Q$  =Caudal de lixiviados en  $m^3/día$

$P$  = Precipitación media anual en  $m/m^2/día$

$A$  =Area de la zona de confinamiento de la basura en  $m^2$

$K$  =Coeficiente que depende de la compactación de la basura

La precipitación según los datos hidrológicos de la zona es de 1,650 mm/año y en el caso del coeficiente de compactación se utilizó una relación directa del peso volumétrico de la basura recién compactada en el relleno ( $0.55 \text{ ton}/m^3$ ), con respecto al peso volumétrico de la basura estabilizada en el mismo ( $0.75 \text{ ton}/m^3$ ) de tal forma que  $K_1$  es igual a 0.73, mayor que el sugerido por este método que indica que para grados de compactación mayores de  $0.7 \text{ kg}/m^3$  el valor de  $K$  es de 0.25, que es mas conservador y recomendado para el dimensionamiento de las lagunas.

K1 =	Peso volumétrico de basura recién compactada en el relleno
	Peso volumétrico de basura estabilizada en el relleno

Ahora se sabe que la cantidad de lixiviados es lo más difícil de estimar por muchos factores que afectan y que el método utilizado en este caso es el mas sencillo, pues no es exigente con el nivel de información meteorológica requerida y factores de la



composición de la basura, por lo que se aplicara un factor adicional que se utiliza mucho para el dimensionamiento de alcantarillados de aguas negras que tiene relación con la magnitud de variaciones de caudales, en donde para los diámetros menores se recomienda prever el diámetro de la tubería con factor de 2 veces su capacidad hidráulica.

De acuerdo a este criterio se adoptara un valor de  $F = 2$  y además se tomara en cuenta que la precipitación media anual de los 1,650 mm/año ocurre en mayor proporción en la estación lluviosa que para esta región hidrográfica es de mayo a octubre, teniéndose 3 meses de mayor precipitaciones que es la condición más desfavorable de gran producción de lixiviados y el drenaje debe ser capaz de evacuar dicho volumen de liquido percolado.

Con todos estos criterios la fórmula para encontrar el caudal de lixiviados en cada terraza y conducirlos a través de una red de colectores hacia las lagunas de tratamiento, resulta de la siguiente manera:

$$Q = \frac{P A F K1}{365 /4 * 86400} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Utilizando la fórmula anterior se encontraron los caudales de diseño y aplicando la fórmula de Manning y continuidad se realizaron los cálculos hidráulicos chequeando la velocidad y la relación de caudal de tubo lleno ( $Q_{ll}$ ) contra el caudal de diseño, para verificar de estar bajo las normas de diseño de conductos de drenaje, los cuales trabajan



parcialmente llenos, dado que los drenajes son tuberías perforadas tipo drenaje francés se fijo que estas no sobrepasen un 50% y en el caso de los colectores que están cerrados el criterio es del 80%.

El resultado de los cálculos fue que las tuberías perforadas llamadas secundarias resultan de 4", sin embargo como criterio técnico se adopto colocar como diámetro mínimo de 6", los colectores no estarán perforados y resultaron de 6" para todas las bajadas, los colectores principales de 8" y 10", y la tubería de conducción hacia las lagunas será de 12".

Las tuberías perforadas en este caso son ranuradas ya que la tubería de polietileno (ADS ASTM F 405) trae unos anillos en el exterior y para no dañarlos (perder su capacidad de esfuerzo) es preferible hacer una ranura entre los anillos de 5 mm y 8 cm de largo los cuales estarán protegidos por una capa de grava con espesor mínimo de 20 cm, para evitar que las ranuras se obstruyan y la grava será protegida con un geotextil que será asegurado con una capa de 30 cm de arena.

Existen dos detalles especiales en esta red diseñada una es las bajadas de los lixiviados de terraza en terraza, para lo cual se ha dispuesto construir una columna de concreto embebida en el corte a 90° de la terraza, la cual contendrá la tubería de 6" que descara en un caja de conexión que se construirá sobre la zapata de está columna.

Estas columnas de concreto pretende proteger la tubería de bajada pues esta se coloca antes de depositar la basura en la terraza junto con el drenaje horizontal y queda como chimenea expuesta, lo cual con los movimientos de maquinaria puede golpearse o





simplemente perder su posición, para evitar que esta se mueva se le construirá una zapata y cuando se habilite la terraza superior se anclara en esta proyectándose tres metros adentro de la terraza superior, anclada por una pequeña columna de 1.20 m (muerto de anclaje), el detalle constructivo se puede observar en los planos, en la hoja 14.

El otro detalle especial es la conducción de los lixiviados será el drenaje profundo, el cual consiste en tuberías con pendientes de 0.5% colocadas abajo en la misma zanja de los drenajes secundarios tal y como se hace en el diseño de alcantarillas de aguas negras, los drenajes secundarios normales (con profundidades mínimas de 40 cm y máxima de 1.4 m) descargarán en el drenaje profundo.

De no aplicar estas técnicas se corre el riesgo de conducir la contaminación de lixiviados a mayor profundidad y los drenajes funcionarían más como zanjas de absorción profundas, por lo que la excavación y compactación e impermeabilización de la zona donde se colocara el drenaje profundo es muy importante.

Las tuberías secundarias estarán colocadas en forma perimetral en el fondo del corte de cada terraza dividiendo el caudal de lixiviados en dos dándole bombeo hacia los extremos con pendiente de 1 %. En el caso de los colectores que bajan cada terraza la pendiente es del 2% lo que permitirá que estén más profundos y queden protegidos ya que los camiones y la maquinaria pesada pasara sobre ellos, además se evitara asolvamiento de la tubería pues la velocidad será mayor.



### **Diseño del tratamiento de lixiviados.**

Los lixiviados tendrán un tratamiento a través de la recirculación del 100 % de los mismos, de esta manera se diseñaran lagunas o estanques que proporcione un tiempo de retención mínimo necesario para captar las partículas sedimentables, que es de 12 horas, sin embargo para no efectuar una recirculación diaria se proporcionara mayor capacidad de almacenaje de tal forma que al inicio se tengan periodos de 1 vez cada 15 a 30 días.

Luego al ir aumentando las áreas del relleno y este ir generando mayor cantidad de lixiviado, disminuyan los periodos de recirculación hasta llegar a 36 horas que es el periodo que se estableció como mínimo al final del periodo de 33 años, cuando toda el área del relleno este cerrada, la cual al estabilizarse y contar con todas las zonas protegidas con vegetación y canaletas ira disminuyendo su aportación de lixiviados.

### **DISEÑO DEL TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS**

CAUDAL DE LIXIVIADOS  $Q = P A K$

DONDE :

Q =Caudal de lixiviados en m<sup>3</sup>/día

P = Precipitación media anual en m/m<sup>2</sup>/día

A =Area de la zona de confinamiento de la basura en m<sup>2</sup>

K =Coeficiente que depende de la compactación de la basura

$$P = 1.65 \quad \text{m/m}^2/\text{año}$$

Esta precipitación cae mayormente en los meses de mayo a octubre es decir que se consideraran 6 meses de lluvia de esta manera se tiene

$$P = 1.65 / (365 \text{ días} / 2)$$

$$P = 0.0090411 \quad \text{m/m}^2/\text{día}$$



Tabla 3.27. Áreas de confinamiento de desechos sólidos

ZONAS	M <sup>2</sup>	V <sup>2</sup>	Manzana
ZONA 1	102,271.28	146,329.75	14.63
ZONA 2 y 3	74,924.41	107,201.84	10.72
	177,195.69	253,531.59	25.35

Fuente: diseño del relleno de la asociación intermunicipal del gofo de Fonseca.

Tabla 3.28 Valores del coeficiente K

GRADO DE COMPATACION	VALORES DE K	
	MENOR	MAYOR
0.4 - 0.7 ton/m <sup>3</sup>	25%	50%
Mayor de 0.7 ton/m <sup>3</sup>	15%	25%

Fuente: diseño del relleno de la asociación intermunicipal del gofo de Fonseca.

Tabla 3.29 Cálculo de caudal de lixiviados

ZONAS	P	AREA	K
	m/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	
ZONA 1	0.0090411	102,271.28	25%
ZONA 2 y 3	0.0090411	74,924.41	25%
		<b>177,195.69</b>	

Fuente: diseño del relleno de la asociación intermunicipal del gofo de Fonseca.

### Cálculo de volúmen de las lagunas

DONDE :

$$V = Q t$$

V= Volúmen de la laguna en m<sup>3</sup>  
 Q = Caudal de lixiviados en m<sup>3</sup>/día  
 t = Tiempo de retención de 12 a 24 hr

Las lagunas le darán servicio a las 3 zonas de trabajo, sin embargo estas tendrán diferencias en tiempos de trabajo y maduración por lo que se proponen % de aporte para dimensionar las lagunas.

en forma funcional y evitar así un sobre dimensionamiento.



Tabla 3.30 Cálculo de volúmen de laguna de lixiviados

ZONAS	CAUDAL	t	VOLÚMEN	%	VOLÚMEN
	(m <sup>3</sup> /día)	día	m <sup>3</sup>	APORTE	DE DISEÑO
ZONA 1	231.16	0.5	115.58	50%	57.79
ZONA 2 y 3	169.35	0.5	84.67	100%	84.67
<b>TOTAL</b>	<b>400.51</b>	<b>0.5</b>	<b>200.26</b>		<b>142.47</b>

Fuente: diseño del relleno de la asociación intermunicipal del gofo de Fonseca.

Los lixiviados recibirán únicamente un tratamiento de sedimentación el cual es posible con un tiempo de retención de 12 horas, sin embargo esto demandaría una recirculación diaria en la época lluviosa por lo que se recomienda agregar 2 lagunas de las mismas dimensiones.

Se proponen 3 lagunas de 12 x 12 metros de área, con taludes a 45° y una profundidad de 2 metros, con una altura útil de agua de 1.50 metros, lo que resulta de un volúmen de 138.75 m<sup>3</sup>, en condiciones de máxima demanda proporcionaría una capacidad de almacenamiento de 1.5 días, sin embargo durante el desarrollo del relleno su capacidad de almacenamiento promedio estará entre los 3 y 7 días, lo que permitirá programar la recirculación de 2 a 3 veces por semana en época lluviosa a partir del año 15 de funcionamiento, pues al inicio el área de lixiviación es pequeña y la recirculación se programara de 2 a 4 veces al mes en época lluviosa.

### **Captación y tratamiento de lixiviados.**

El sistema de captación de líquidos percolados se diseño con tres lagunas de estabilización las cuales trataran los lixiviados captados, durante toda la vida útil del



relleno, el tratamiento principal será la sedimentación, para lo cual se ha dispuesto un periodo de retención de 12 horas, sin embargo el método de tratamiento es la recirculación de los lixiviados y para que esto se efectúe con menor periodicidad se han colocado 2 lagunas adicionales.

Todo el área incluyendo las lagunas estarán impermeabilizada con una capa de concreto reforzado dentro de las lagunas y sus accesos con concreto simple tipo acera, esto evitara que los líquidos no se infiltre y la zona permita realizar las operaciones de recirculación de lixiviados en forma segura.

Se recomienda que el nivel del agua en la tercera laguna que es la que controla el nivel en las 2 anteriores nunca sobrepase los 1.50 m, preferiblemente iniciar la recirculación cuando esta alcance el metro de altura en la laguna 3.

### **Lagunas de tratamiento de lixiviado.**

Debido a la actividad de sedimentación que las lagunas realizaran estas irán disminuyendo su capacidad de almacenamiento poco a poco, lo que hace necesaria su limpieza. Se debe extraer este material en época seca para mantener siempre la capacidad de diseño todo el tiempo, esta actividad es una vez al año.



### 3.3.14 TRATAMIENTO DE GASES.

#### Control de gases.

El drenaje o captación de gases estará constituido por un sistema de ventilación con piedra en forma de chimenea con sección circular utilizando barriles de lámina de 200 litros perforados con orificios de 5 cm cada 15 cm y rellenos de piedra cuarta.

Estas chimeneas se construyen en forma vertical a medida que avanza el relleno, estarán ubicadas a cada 30 metros. Al final de las chimeneas se colocará un tubo de concreto que saldrá a la superficie al menos 60 cm, el cual estará sellado con tierra y solo dejara pasar un tubo de concreto con el cual se extraerá el gas.

El extremo de las chimeneas estará compuesto por tres tubos de concreto de 10", el primer tubo estará perforado y embebido en el último barril perforado antes de la capa de tierra de sello final y luego saldrá a la superficie mediante los otros 2 tubos de concreto que no serán perforados y todos se rellenarán de piedra de 5 cm o grava # 2, en su extremo (tendrá una altura no mayor de 1.40 m) se le colocará un sombrero de metal rodeado con malla metálica para evitar la introducción de agua y el contacto directo con la chimenea, ya que el gas se extraerá con el fin de quemarlo, eliminando así los efectos de olores y la creación de contaminantes secundarios.



### 3.3.15 MÉTODO DE OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO UTILIZADO.

El relleno se clasifica como de **Tipo Area**, en este caso se trata de un relleno desarrollado en ladera, con el concepto de estabilizar terrazas con alturas de corte de 5 metros, las celdas de basura tendrán una altura de 5 metros y se construirán a partir de celdas diarias de 1.2 metros de altura, hasta alcanzar la altura de 5 metros.

Las operaciones básicas en el relleno sanitario son las siguientes:

**DEPOSITAR:** Consiste en colocar los residuos sólidos de una manera planeada y controlada, en el frente de trabajo designado.

**ACOMODAR:** Es el trabajo de adecuar los residuos sólidos sobre el apoyo inclinado de la celda correspondiente, en capas no mayores de 30 cm, de espesor.

**COMPACTAR:** Los residuos sólidos son comprimidos por medio de equipo mecánico pasando sobre ellos de 4 a 6 veces. Esta operación se hará siempre de abajo hacia arriba.

**CUBRIR:** La cubierta será a base de una capa de tierra compactada de espesor, entre 15 y 20 cm. Cubrirá a los residuos sólidos depositados en un día, tanto en el terraplén como en los taludes de la celda. Este material se compactará de la misma forma que los residuos sólidos hasta dejar la basura completamente cubierta y uniforme.



Se vigilará que las celdas por construirse cada día sean identificadas por medio de estacas en donde se localicen los límites de las mismas y se mostrarán a los operadores de los tractores.

La elevación del nivel de los residuos y del piso de cubierta diaria o final deberá darse también sobre el estacado.

### **3.316 OPERACIÓN EN EPOCA DE LLUVIAS.**

En épocas de lluvia y/o invierno, dentro del diseño se tendrá una zona asignada a emergencia para facilitar la operación del relleno, además en estas épocas se contarán con lonas, plásticos, residuos provenientes de demoliciones, grava o residuos sólidos provenientes del barrido de calles para cubrir los residuos sólidos orgánicos y evitar la dispersión y arrastre de los mismos y que ocasionen daños a la ecología y a la salud pública.

En los períodos de lluvias se presentan los mayores problemas de operación en un relleno sanitario, a saber:

- Difícil ingreso de los vehículos recolectores por encima de las celdas ya conformadas.





- Dificultad para extraer y transportar el material de cobertura y arduo el trabajo de conformación de las celdas. Estos factores conducen a un menor rendimiento por parte de los operarios
- En ocasiones, debido a las fuertes lluvias, sólo es posible descargar la basura y el material de cobertura sobre la terraza, quedando retrasada la conformación y compactación de las celdas. Por consiguiente, si no se toman las medidas apropiadas a tiempo, se va deteriorando la apariencia del relleno por la basura dispersa y la presencia de zopilotes.
- Mayor producción de lixiviado debido a la lluvia que cae directamente sobre las áreas rellenadas.

Estas condiciones deben ser previstas por tanto los trabajos de terracería y construcción de canaletas provisionales deben hacerse en época seca y además es necesario tomar las siguientes previsiones:

- Reservar algunas áreas en los lugares menos afectados por las lluvias, con accesos conservados para operar en las peores condiciones, esta zona se denomina zona de emergencia.
- Aprovechar los escombros, producto de la demolición de viejas construcciones para conformar y mantener algunas vías internas.



- Durante uno o varios días en la semana reforzar la mano de obra, con una cuadrilla de dos o tres trabajadores más, para mantener el relleno en buenas condiciones mientras subsistan los factores adversos.
- Programar el movimiento de tierra para los períodos secos, ya sea para la extracción del material de cobertura como para la apertura de terrazas o las trincheras, dejando para la época de lluvias sólo el enterramiento de la basura.
- Introducir como práctica de rutina en la operación del relleno, el cubrir las celdas con material plástico en épocas extremas para impedir que las aguas de lluvia se infiltren a través de las basuras.

Mantener áreas estrechas de trabajo, apoyando las celdas sobre el talud del terreno, y superponer tres o más celdas cerca de la vía interna para que el avance sea más en altura que en extensión.



### **3.4 HISTORIA DEL RELLENO SANITARIO DE SAN MIGUEL.**

#### **3.4.1 CREACION.**

Se propone ejecutar el proyecto por etapas, iniciando con el cierre técnico, la etapa de transición o adecuación del sitio y por ultimo la fase permanente que es el relleno sanitario para disponer adecuadamente los desechos sólidos del municipio de San Miguel.

El cierre técnico es básico para reducir el nivel de contaminación existente en el terreno y sus alrededores, debido a la inadecuada disposición de desechos que se mantuvo desde el año 1995 hasta 9 de septiembre de 2007.

El proyecto comprende las tres etapas siguientes:

El proyecto consistirá en la preparación de tres zonas para disposición de desechos sólidos con un área efectiva total de 90,000 metros cuadrados para el enterramiento de desechos sólidos y una capacidad volumétrica de 293,841 metros cúbicos, un área de 6,455 metros cuadrados para laguna de lixiviados con una capacidad máxima de 15,408 metros cúbicos; una red de lixiviados compuesta por dos diámetros de tubería y su forma básica es la de espina de pescado, la principal o colector será 18” material HDPE, cuando esta bajo desechos sólidos será perforada y cuando este bajo tierra no será perforada, los ramales serán de 8” de diámetro, en este ultimo tamaño de tubería todas son perforadas y recubiertas de grava # 2; cada una de las zonas tendrá dos ramales y estos desplazarán los lixiviados a unas cajas de un metro por un metro.



Las partidas de obras consideradas para la ejecución del proyecto de adecuación en un periodo de seis meses (periodo de transición) son las siguientes.

- **Instalaciones Provisionales.**

Bodega y servicios provisionales

- **Cercado.**

Portón (doble hoja) ancho 6 metros, malla ciclón 9x72” tubo Go. 1 ½”, 2” y 4”.

Cercos con poste de concreto H=2.0 metros, 6 líneas de alambre de púas.

- **Trazo y limpieza zona 1,2,3 y laguna.**

Trazo de zona 1,2,3 y laguna

Corte para limpieza desechos sólidos.

- **Terracería conformación trincheras en zona 1,2,3 y laguna.**

Corte para conformación de trincheras y laguna

Compactación para conformar bordas de trincheras y nivelación.

Desalojo de material sobrante dentro del sitio para uso de material de cobertura.

- **Colector Principal de lixiviados, no perforado.**

Trazo para tubería de lixiviado.



Colector primario HDPE 18” sin perforar, incluye excavación y compactación zanja 1m x 3m cajas de 1 x 1 metros de altura variable.

- **Impermeabilización de trincheras zonas 1,2,3.**

Colocación de geomembrana HDPE de 1.5 mm.

Anclaje de geomembrana.

Material de producción para geomembrana.

- **Tubería de lixiviados perforada.**

Colector secundario 18” HDPE perforado, incluye grava #2.

Ramales 8” HDPE perforados, incluye grava #2.

- **Chimeneas de gases.**

Chimeneas de gases cantidad 10.

- **Impermeabilización de laguna.**

Lodocreto de 10 cm.

Colocación de geomembrana HDPE de 1.5 mm.

Anclaje de geomembrana.

Malla ciclón de 36” cal. 9 H=1.0 M postes Hogo 2 “



- **Acceso.**

Trazo y nivelación topográfica.

Corte en terraza material blando (con maquinaria).

Relleno con maquinaria en acceso

Escarificación y compactado de sub-rasante.

- **Balastrado.**

Drenaje de aguas lluvias acceso y área de laguna.

Trazo.

Canaleta de piedra 0.50 x 0.50 (piedra 1:5, rep1:3) con excavación.

Canaleta de piedra 1.0 x 1.0 (piedra 1:5, rep 1:3) con excavación.

Cordón cuneta de concreto.

- **Disposición de desechos sólidos existentes y los que llegan durante el periodo de construcción.**

Limpieza y acarreo de desechos existentes en todo el terreno.

Compactación de desechos existentes en zona I.

Compactación de desechos que han llegado durante la construcción.

Acarreo de material de cobertura.

Colocación y compactación de material de cobertura.



- **Otros.**

Canaleta forjada en terreno natural para canalización aguas lluvias.

Bomba achicadora de 2” 11 HP para aguas negras y 350m de manguera flexible de 2” con 14 acoples rápidos de aluminio y hechura de rótulos indicando el cierre.

### **3.4.2 IMPACTO AMBIENTAL.**

#### **3.4.3 Clima.**

El entorno del sitio se localiza aproximadamente a 113 metros sobre el nivel del mar, es de clima calido y esta clasificado como tierra caliente.

#### **Precipitación.**

En la zona de influencia del proyecto se registran promedios de precipitación anual entre 1,400 y 2,200 mm, según datos de 30 años de registro de las estaciones de la red climatológica nacional.

#### **Geología.**

Según el mapa geológico de El Salvador, el terreno se localiza dentro de la formación geológica C1 denominada Formación Cuscatlán, conformada por rocas piroclásticas ácidas, epiclásticas volcánicas originadas principalmente por depósitos lacustres.



El mismo mapa no señala fallas geológicas que atraviesen el terreno, el mapa señala fallas supuestas a unos 3'4 km al norte del terreno. Los tipos de suelo que se encuentran son regosoles y aluviales, el terreno con pendientes moderadas a bajas, con suelos profundos y nivel freático a considerable profundidad. En el sitio se pudo observar una capa superficial de talpetate en proceso de consolidación.

#### **3.4.4 Tipo de suelo.**

Según los seis sondeos realizados desde el 22 de octubre de 2007 se identificaron suelos SM Arena limosa, SM-OI arena limosa organica, MI-OI limo arenoso orgánico, SP arena mal graduada con grava y MH limo arcilloso de alta compresibilidad orgánica.

Los contenidos naturales de humedad del suelo oscilan entre 14.4% y 48.4%.

Los sondeos de hasta 2.5 metros no detectaron el nivel freático ni presencia de roca.

Por las condiciones del suelo duro y contaminado, no fue posible realizar pruebas de permeabilidad del suelo por inyección de agua.

Los suelos de la zona del proyecto se clasifican como litosoles y Entisoles-fase ondulada a montañosa muy accidentada. También latosotes arcillo Rojizos en la fase pedregosa superficial muy accidentada.

#### **Topografía.**

La topografía de la zona del terreno es semi-plana con pendientes de leves a moderadas y el terreno es muy estable.





### **Hidrología Superficial.**

No hay cuerpos significativos de agua en la zona. Existe una pequeña quebrada de invierno localizada al extremo sur del terreno, la cual es afluente del río el Papalón, al cual se incorpora aguas abajo a más de un kilómetro de distancia. Dentro del terreno se forma una pequeña vaguada natural que desemboca a la calle asfaltada.

### **3.4.5 IMPACTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS.**

Se identificaron un total de 6 impactos negativos (aplicando el método MEL–ENEL).

TABLA 3.31 Impactos Ambientales negativos.

<b>No.</b>	<b>IMPACTO</b>	<b>DESCRIPCION</b>
1	Contaminación de agua Subterránea Áreas de recarga de Acuífero.	Las aguas lixiviadas y materiales en diferentes etapas de descomposición filtran por el suelo y contaminan áreas con potencia de recarga acuífera.
2	Contaminación del agua superficial.	Las aguas lixiviadas y materiales en diferentes etapas de descomposición son arrastrada por las escorrentía
3	Contaminación de suelos.	Suelo contaminado por lixiviados y materiales en descomposición.
4	Micro-clima emisión de malos olores.	Mal olor indicativo de la generación de metano en el sitio.
6	Riesgo de enfermedades causado Por vectores.	Vectores como moscas aves de rapiña, ratas representan un riesgo para el incremento de enfermedades.

Fuente: Carpeta técnica.



## Medidas de mitigación

Se han incluido las medidas de tratamiento aunque estas forman parte de la ingeniería del proyecto y no signifiquen un costo adicional para el Programa de Manejo Ambiental.

TABLA 3.32 Medida de Mitigacion.

DEFINICION DE MEDIDA	OBRA RESULTANTE
Desviar las aguas lluvias	Canaletas superficiales
Impermeabilizar superficie inferior	Capa de material arcilloso
Seguridad y identificación	Cerco de seguridad, portón y rotulo
Captación de aguas lixiviadas	Sistema de captación y disposición de lixiviados
Captación de gases	Sistema de chimeneas para captación de gases
Confinamiento de los desechos diariamente	Capa de tierra y material selecto colocada diariamente para el aislamiento de los desechos

Fuente: Carpeta técnica.



### 3.4.6 DISEÑO ORIGINAL DEL RELLENO SANITARIO.

#### 3.4.7 CELDA DIARIA.

##### *Datos de diseño*

**Producción de desechos/día:** 163 ton/día

**Densidad en relleno recién compactada:** 0.700 ton/m<sup>3</sup>

**Factor de material de cobertura:** 1.25

**La basura en el relleno por día durante la semana laboral de 6 días será:**

$$D_s = 163 * 7/6 = 190.17 \text{ ton/día}$$

$$\text{Volúmen de desechos} = 190.17 / 0.700 = 271.67 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Volúmen de tierra diario} = 271.67 * 0.25 = 67.91 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Volúmen de la celda diaria} = 271.67 + 67.91 = 339.58 \text{ m}^3/\text{día}$$

**Area de celda = volúmen de material/ altura de la celda diaria (1.0 m)**

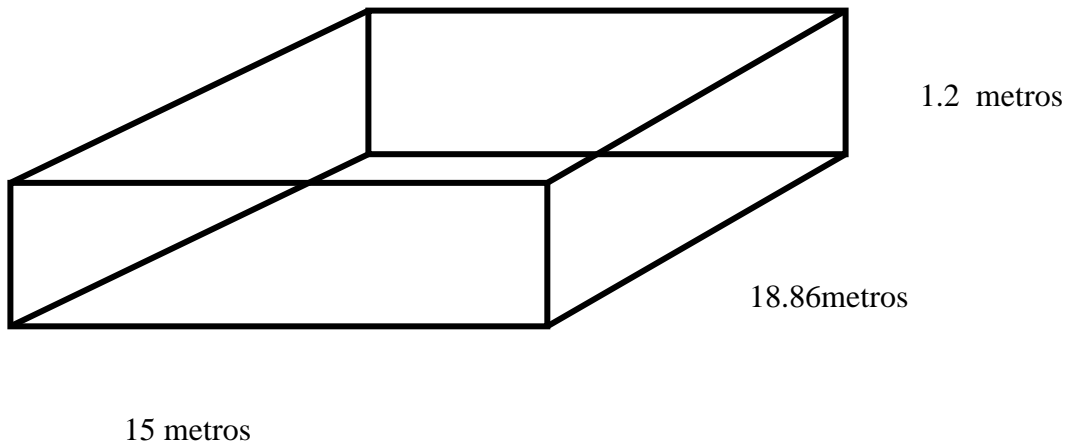
$$\text{Area la celda} = 339.58 \text{ m}^3 / 1.20 \text{ m}$$

$$\text{Area la celda} = 282.98 \text{ m}^2$$

**Frente de trabajo de 15 metros para permitir en hora pico que 4 camiones descarguen simultáneamente.**

$$\text{Largo de celda} = 282.98/15 = 18.86 \text{ m}$$

### Dimensiones de la celda diaria



### Pasos para la construcción de las celdas diarias.

- Para la construcción de la primera celda se recomienda delimitar el área que ocupará de acuerdo con las dimensiones estimadas basadas en la cantidad de desechos y grado de compactación fundamentales, esto dará una visión rápida y aclarará las dudas de los trabajadores.
- Descargar la basura en el frente de trabajo, definido de 15 metros, a fin de mantener una sola y estrecha área descubierta durante la jornada y evitar el acarreo de larga distancia.
- Esparcir la basura en capas delgadas de 0.30 m y compactar hasta obtener la altura de 1 metro que es la altura de la celda diaria dimensionada por día, en caso de alcanzar esta altura antes de finalizar la jornada del día ampliar el ancho de la celda, esto ocurrirá a medida ingresen mas desechos al relleno, tal y como ha



sido proyectado, sin embargo la dimensión de la celda diaria se da para las cantidades actuales por lo que se debe conservar es la altura y las dimensiones de la base ir ampliando según el crecimiento normal del relleno.

- Al final del día y haber alcanzada la altura final de la celda diaria de 1 metro, se procede a cubrir la basura compactada con una capa de 15 a 20 cm para taparlas completamente y rellenar las irregularidades de la superficie, hasta obtener una superficie uniforme
- El esparcimiento y compactación se realizan en capas horizontales o inclinadas con una pendiente de 1:3 (altura: avance), lo cual proporciona mayor grado de compactación, mejor drenaje superficial, menor consumo de tierra, mejor contención y estabilidad del relleno.

### **Frente de Trabajo.**

Según el equipo de relleno sanitario, el ancho del frente de trabajo deberá ser de 15 metros esto se ha dimensionado de acuerdo al número de vehículos recolectores que llegan al relleno sanitario a la hora pico, para este caso se considero que llegan 12 vehículos al día y podrán estar llegando 4 simultáneamente por lo que se estableció un frente de 15 m.

El ancho de la celda diaria resulto de 18.86 metros para la cantidad de basura actual, esta dimensión es la que es variable pues el frente debe mantenerse lo mas pequeño posible y la altura de 1 metro es la establecida de diseño, esta facilitara el



trabajo del tractor y este trabajara mas eficientemente evitando grandes pendientes de trabajo, pues su altura máxima será 1.20 metros cuando termine de cubrir la celda diaria.

### **Zona de Descarga.**

El depósito o descarga de los residuos sólidos deberá efectuarse de tal forma que no se obstruyan las operaciones, el motorista debe acatar las órdenes del operador y la zona de descarga debe proporcionar una área estabilizada para que los camiones puedan hacer maniobras, esta área para este caso debe ser dos veces el tamaño de la celda diaria, es decir de 30 X 15 metros.

### **Material de Cubierta.**

El material de cubierta es vital este deberá estar disponible y cerca de la zona de operación pues al final de la jornada del día se utilizara para darle cobertura a la basura acomodada en la celda diaria.

### **Funciones del material de cubierta.**

- Evitar diseminación de residuos sólidos por efectos del viento
- Controlar malos olores
- Evitar la invasión al relleno de fauna nociva
- Controlar la proliferación de vectores y roedores
- Disminuir riesgos de incendio



- Estabilizar el relleno para que sea más transitable
- Evitar la infiltración de agua de lluvia
- Tipo de Material de cubierta
- Tipo: granular inerte
- Ideal: Areno-Arcilloso (30-70%)

**Bueno:** Tierra limpia libre de materia orgánica, raíces de árboles o ramas, rocas de más de 15 cm de diámetro, materiales voluminosos de construcción. El material de cubierta se protegerá, si es posible, mediante una lona o plástico.

**Malos:** Arena, barro y aluviones puros. Si se combinan con material de otro tipo podrán servir como material de cubierta.

### **Espesor de capas.**

- Capas intermedias: entre 15 y 20 cm compactados
- Capas superior: 40 a 60 cm, en el caso de contar con abundante material de cubierta se podrá utilizar para reparaciones y al final se puede aumentar en todas las zonas la capa de cubierta.

El diseño de las celdas se basa en la utilización del 25% de material de cubierta, es decir 4 metros de basura y 1 de material de cobertura, distribuidos en 4 capas intermedias de 20 cm y una final de 40 cm, con lo que se alcanzaran los 5 metros, se ha



contemplado incluso el material de los taludes en el cálculo por lo que el material de cubierta será obtenido en su totalidad del sitio.

### **3.4.8 VIDA UTIL DEL RELLENO SANITARIO.**

Capacidad del relleno sanitario: las 163 toneladas diarias representan 59,495 toneladas anuales, que al compactarlas con maquinaria adecuada llega a alcanzar una densidad estabilizada de  $700\text{kg/m}^3$ , por lo que los desechos compactados serán aproximadamente  $84,993\text{ m}^3$  anuales. Considerando la estrategia de compostaje y reciclaje, se puede lograr reducir este volumen hasta un 30%, por lo que la cantidad de desechos sólidos a disponer en el sitio puede reducirse a  $59,495\text{ m}^3$  anuales.

$$\text{Volúmen diario estabilizado} = 163\text{ ton} / 700\text{m}^3$$

$$\text{Volúmen diario estabilizado} = 232.86\text{ m}^3$$

$$\text{Volúmen diario estabilizado (reducido en 30\%)} = 163.00\text{m}^3$$

**Capacidad del relleno sanitario:**

$$V = \text{Volúmen anual estabilizado} \times \text{material de cobertura}$$

$$V = 59,495\text{ m}^3 \times 1.25$$

$$V = 74,368.75\text{ m}^3/\text{año}$$

Los cálculos realizados para estimar el volumen de desechos sólidos fueron basados a las alturas recomendadas de los desechos en cada zona de disposición





indicados en los planos cuyos resultados se muestran en el cuadro 3.1 por lo que el volúmen de desechos sólidos resulta de 246,407.39 m<sup>3</sup>.

La vida útil del sitio dependerá de la altura del nivel proyectado de desechos en cada zona de disposición, descrita a continuación:

Vida útil del relleno sanitario =  $246,407.39 \text{ m}^3 / 74,368.75 \text{ m}^3 \text{ al año}$ .

Vida útil del relleno sanitario = 3.31 años.

Por lo anterior se recomienda aumentar las alturas de desechos sólidos de las 12 zonas a las cotas proyectadas mostradas en el cuadro 3.2 con el objeto de aumentar la vida útil del sitio. Con los datos de dicho cuadro, la vida útil podrá alcanzar los cinco años y medio con las nuevas 12 zonas de disposición de desechos y la ampliación de la celda 1 con un nivel adecuado de compactación.

La capacidad total de las zonas de disposición de desechos sólidos y material de cobertura es de 334,404.52 m<sup>3</sup>.

Es importante mencionar que para ello se requiere de la implementación de las medidas separación y producción de composta y por supuesto, la implementación de un programa de educación ambiental a toda la población.



Cuadro 3.1 Resumen de capacidad del relleno sanitario.

ZONA	Capacidad volumétrica (m <sup>3</sup> )			
	Corte sub-rasante	Desechos sólidos	Material de cobertura	Desechos sólidos y material de cobertura
1	4,265.00	4,100.00	1673.00	8,365.00
2	5,870.00	8,721.00	2,918.20	14,591.00
3	14,673.00	14,957.61	3,988.70	19,943.48
4	19,487.54	18,759.23	5,002.46	25,012.30
5	8,638.01	17,326.40	4,620.37	23,101.87
6	15,787.80	16,993.43	4,531.58	22,657.90
7	6,694.08	14,766.84	3,937.82	19,689.12
8	21,018.92	29,751.44	7,933.72	39,668.58
9	11,943.53	26,125.84	6,966.89	34,834.45
10	6,414.85	13,914.53	3,710.54	18,552.71
11	6,102.73	10,507.28	2,801.94	14,009.71
12	9,931.50	17,890.80	4,770.88	23,854.40
Ampliación celda 1	44,704.00	52,593.00	14,024.80	70,124.00
<b>TOTAL</b>	<b>175,530.96</b>	<b>246,407.39</b>	<b>66,880.90</b>	<b>334,404.52</b>

Fuente: Carpeta técnica.



Cuadro 3.2 Altura proyectada de desechos sólidos para aumentar la vida útil.

<b>Zona de disposición de desechos sólidos</b>	<b>Altura proyectada de zonas (nivel)</b>
1	167.80
2	167.80
3	167.80
4	165.00
5	153.00
6	153.00
7	156.00
8	156.00
9	168.00
10	158.00
11	162.00
12	162.00

Fuente: Carpeta técnica.



### **3.4.9 INGRESO DE DESECHOS SÓLIDOS.**

Recepción.

El horario de operación del relleno sanitario se establecerá de acuerdo con el horario del sistema de recolección de los residuos sólidos, usualmente un relleno está en servicio de cinco a seis días a la semana y de ocho a diez horas por día.

El horario deberá colocarse a la entrada del relleno y se indicará el tipo de residuos permisibles a la entrada. Además de advertir que no se admiten pepenadores pues esto es fundamental para un Relleno Sanitario, pues debe borrar la imagen de lo que se tiene de un botadero a cielo abierto además de lo peligroso que es estar en un relleno con la operación constante de un tractor el cual se concentra en acomodar la basura en capas, compactándola y cubriéndola con tierra, por lo que la presencia de personal alrededor puede ocasionar un accidente lamentable.

Una vez autorizada la entrada al vehículo o camión y después de haber sido pesado, se le asignará el frente de operación a que deba ir a descargar y la ruta a seguir siguiendo los señalamientos del camino.

Los señalamientos de los caminos incluirán dirección, velocidad máxima permisible, entronques con los caminos programados y las celdas en operación.



Un buen señalamiento en los caminos agilizará la disposición de los residuos, evitará accidentes y congestión, elevando la eficiencia de la disposición.

Se recomienda que tanto los caminos permanentes como los temporales (es decir caminos que se abrirán, de acuerdo a la planeación del terreno) lleven algún nombre o algún color para facilitarle al chofer la localización del frente de trabajo en donde se descargará ese día.

El chofer llegará al frente de trabajo asignado y descargará o depositará los residuos e inmediatamente volverá a salir de la zona de operaciones y regresará a la báscula para ser nuevamente pesado el vehículo.

La localización de las celdas del relleno deberá estacarse para identificar los límites de las mismas. La elevación del nivel de los residuos y de la altura de material de cubierta (tierra) deberá darse también sobre el estacado.

### **Tipo de Residuos por disponer.**

El relleno en principio sólo aceptará residuos sólidos municipales y no aceptará residuos sólidos industriales, incompatibles, peligrosos, y potencialmente peligrosos.



EL RELLENO DE SAN MIGUEL, podrá ofrecer servicios de disposición final para otro tipo de desechos, siempre que cuente con el permiso ambiental para hacerlo, como es el caso de los desechos hospitalarios u otros desechos de origen industrial que requieren de un diseño especial de celdas y que en este diseño no fueron proyectadas.

**Cantidad:** El relleno sanitario recibirá los residuos sólidos generados por la comunidad y recolectados por los municipios que decidan llevar los desechos al relleno se ha proyectado que este recibirá en promedio 163 ton/día, esta cantidad irá aumentando con el tiempo, la cantidad de los residuos sólidos, dependerá de la cobertura ofrecida a la ciudad.

**Composición:** El relleno sanitario solo podrá recibir residuos sólidos municipales, que son aquellos provenientes de las viviendas y las actividades comerciales de la ciudad cuya composición la constituyen en mayor cantidades la materia orgánica (desperdicios de comida, frutas y la poda de árboles y jardinería), los plásticos, papeles y cartones y otros componentes de pequeñas proporciones que son considerados como no peligrosos.



### **3.4.10 TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS.**

#### **DISEÑO DE DRENAJE Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS.**

Recolección y colector de aguas lixiviadas; cada una de las 12 zonas de disposición de desechos sólidos se colocara una serie de tuberías del tipo HDPE de 6” y 8” con agujeros; tendrá la forma de espina de pescado, cuyos ramales serán de 6” y la tubería principal de 8”, la pendiente será del 2% hacia una caja afuera de cada zona de disposición, donde se colocara una tubería de PVC 8” de 100 psi sanitaria que conducirá las aguas lixiviadas de cada zona hasta la laguna de tratamiento, conectada con cajas hasta llegar a dicha laguna, cuya entrada será simple sobre el talud. Cuando exista un rebose de las aguas de la laguna; situación que eventualmente podría ocurrir durante largos periodos de lluvia, serán captados en una caja colectora, desde donde se procederá a su recirculación sobre las celdas, la capa de cobertura y mejorando de esta manera el proceso de evaporación. Estas características de la tubería no aplican en la ampliación de la celda 1.

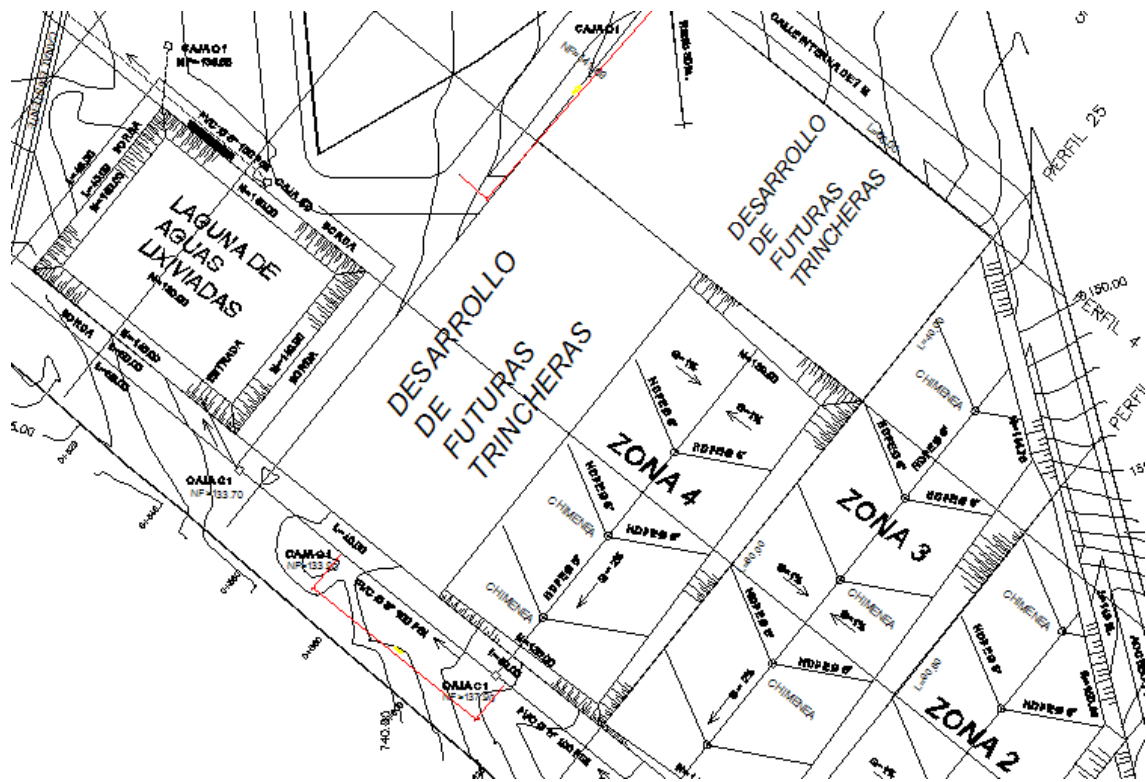
Para la recirculación de las aguas lixiviadas tratadas, se propone utilizar una manguera flexible de 2” con acoples de aluminio, que será conectada a una bomba achicadora (ambas suministradas en la ejecución de la primera etapa del proyecto).

La laguna para tratar biológicamente las aguas lixiviadas: la laguna tendrá dimensiones de 60 por 40 metros medidas sobre el terreno natural; perimetralmente se colocara una borda para protegerlas de inundaciones de agua lluvias. Ya que el suelo es

muy estable, se recomienda también taludes con una pendiente 1 a 2 (horizontal a vertical).

El nivel de la rasante (fondo) es el nivel 130.00 que relacionada al nivel de la tubería PVC 8" de entrada resulta una altura efectiva máxima de agua de tres metros. El volúmen útil de las aguas lixiviadas a tratar es de 4,850 m<sup>3</sup>.

*Figura 3.19 Diseño de drenaje de lixiviados de SAN MIGUEL.*



Fuente: Planos de diseño de relleno sanitario.





## **Drenaje y Tratamiento de Lixiviados**

La superficie del relleno no necesitara impermeabilización ya que el suelo natural alcanza una tasa de permeabilidad de  $10^{-6}$  cm/s, las terrazas tendrán una pendiente de 2% drenando hacia dentro para conducir los lixiviados a los drenajes y evitar encharcamientos, lo anterior contribuye a brindar mayor estabilidad de las terrazas.

El volúmen estimado de producción anual de lixiviados se realizo utilizando la ecuación que se basa en la relación de la compactación de la basura y define que  $Q = KPA$ , en donde K equivale al 25% del total de la lámina de precipitación media anual (litros/m<sup>2</sup> = mm/año), la cual en la zona es de 1800 mm/año.

La condición más importante para la excavación, colocación de la red de lixiviados es la preparación de la superficie, la cual debe estar compactada con una capa de 20 cm de suelo cemento a 95% proctor del valor obtenido en laboratorio bajo el método de la AASHTO-T135, el suelo utilizado será el obtenido de la excavación.

La preparación y compactación de la superficie incluye el fondo de la zanja en donde se colocara la tubería, con pendientes del 1%, la profundidad mínima o de inicio es de 40 cm, para evitar tener zanjas muy profundas al final del tramo.



### **Laguna de tratamiento de lixiviado.**

Debido a la actividad de sedimentación que la laguna realiza esta irá disminuyendo su capacidad de almacenamiento poco a poco, lo que hace necesaria su limpieza. Se debe extraer este material en época seca para mantener siempre la capacidad de diseño todo el tiempo, esta actividad es una vez al año.

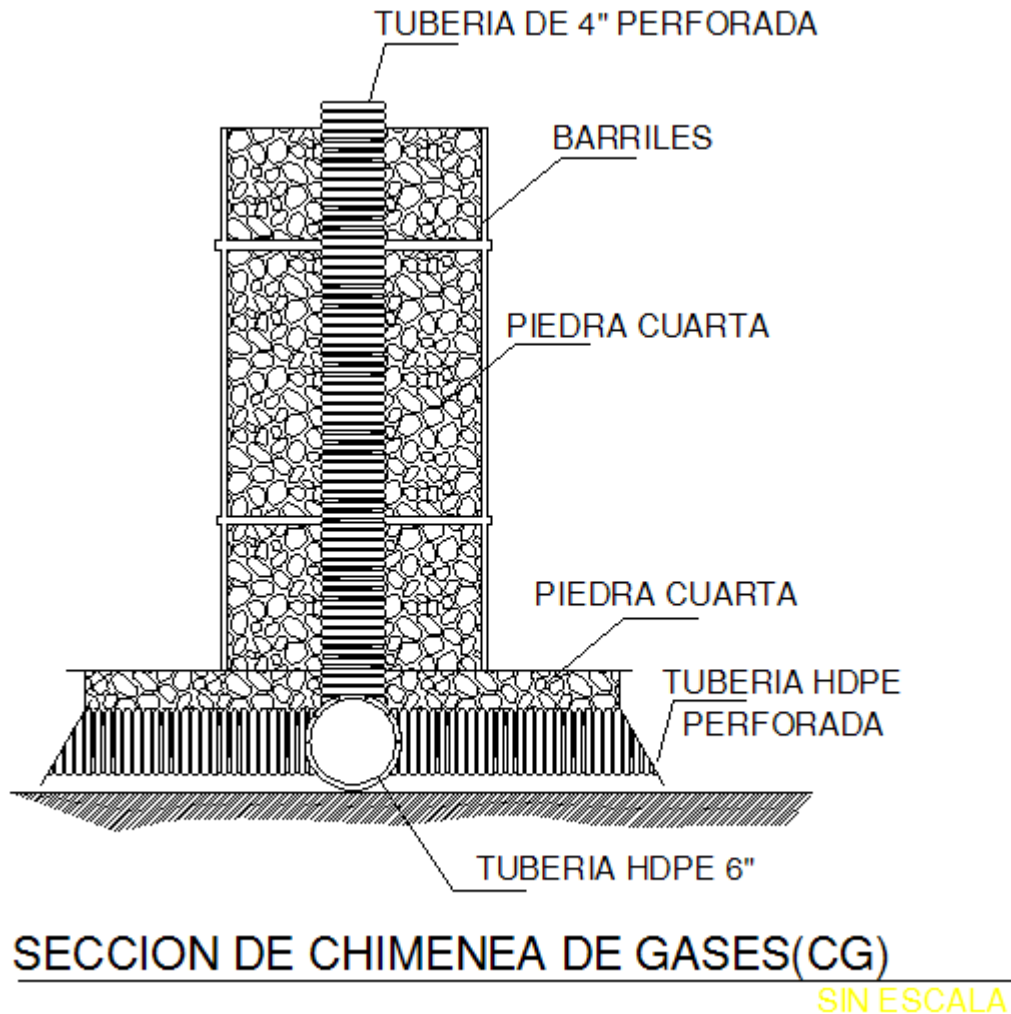
### **3.4.11 TRATAMIENTO DE GASES.**

El drenaje o captación de gases esta constituido por un sistema de ventilación con piedra en forma de chimenea con sección circular utilizando barriles de lámina de 200 litros perforados con orificios de 5 cm cada 15 cm y rellenos de piedra cuarta.

Estas chimeneas se construyen en forma vertical a medida que avanza el relleno, estarán ubicadas a cada 30 metros. Al final de las chimeneas se colocara un **T**.

Fundamentales en la prevención de incendios y accidentes de explosiones, por tanto su instalación es una prioridad.

Figura 3.20 Detalle de Chimenea en SAN MIGUEL.



Fuente: Planos de diseño de relleno sanitario.

Los detalles constructivos del terminal de la chimenea deben seguirse para obtener la mayor seguridad y eficiencia de la colocación y evacuación y tratamiento de gases a través de la quema de los mismos cuyo proceso inicia cuando la zona de trabajo esta alejada a unos 50 metros de la terraza terminada y esta ya tiene 2 años de cerrada.



### 3.4.12 MÉTODO DE OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO

#### UTILIZADO.

El relleno se clasifica como de **Tipo Área**, en este caso se trata de un relleno desarrollado en ladera, con el concepto de estabilizar terrazas con alturas de corte de 5 metros, las celdas de basura tendrán una altura de 5 metros y se construirán a partir de celdas diarias de 1.2 metros de altura, hasta alcanzar la altura de 5 metros.

Las operaciones básicas en el relleno sanitario son las siguientes:

**DEPOSITAR:** Consiste en colocar los residuos sólidos de una manera planeada y controlada, en el frente de trabajo designado.

**ACOMODAR:** Es el trabajo de adecuar los residuos sólidos sobre el apoyo inclinado de la celda correspondiente, en capas no mayores de 30 cm, de espesor.

**COMPACTAR:** Los residuos sólidos son comprimidos por medio de equipo mecánico pasando sobre ellos de 4 a 6 veces. Esta operación se hará siempre de abajo hacia arriba.

**CUBRIR:** La cubierta será a base de una capa de tierra compactada de espesor, entre 15 y 20 cm. Cubrirá a los residuos sólidos depositados en un día, tanto en el terraplén como en los taludes de la celda. Este material se compactará de la misma forma que los residuos sólidos hasta dejar la basura completamente cubierta y uniforme.



Se vigilará que las celdas por construirse cada día sean identificadas por medio de estacas en donde se localicen los límites de las mismas y se mostrarán a los operadores de los tractores.

La elevación del nivel de los residuos y del piso de cubierta diaria o final deberá darse también sobre el estacado.

### **3.4.13 OPERACIÓN EN EPOCA DE LLUVIAS.**

En épocas de lluvia y/o invierno, dentro del diseño se tendrá una zona asignada a emergencia para facilitar la operación del relleno, además en estas épocas se contarán con lonas, plásticos, residuos provenientes de demoliciones, grava o residuos sólidos provenientes del barrido de calles para cubrir los residuos sólidos orgánicos y evitar la dispersión y arrastre de los mismos y que ocasionen daños a la ecología y a la salud pública.

En los períodos de lluvias se presentan los mayores problemas de operación en un relleno sanitario, a saber:

- Difícil ingreso de los vehículos recolectores por encima de las celdas ya conformadas.



- Dificultad para extraer y transportar el material de cobertura y arduo el trabajo de conformación de las celdas. Estos factores conducen a un menor rendimiento por parte de los operarios
- En ocasiones, debido a las fuertes lluvias, sólo es posible descargar la basura y el material de cobertura sobre la terraza, quedando retrasada la conformación y compactación de las celdas. Por consiguiente, si no se toman las medidas apropiadas a tiempo, se va deteriorando la apariencia del relleno por la basura dispersa y la presencia de zopilotes.
- Mayor producción de lixiviado debido a la lluvia que cae directamente sobre las áreas rellenas.

Estas condiciones deben ser previstas por tanto los trabajos de terracería y construcción de canaletas provisionales deben hacerse en época seca y además es necesario tomar las siguientes previsiones:

- Reservar algunas áreas en los lugares menos afectados por las lluvias, con accesos conservados para operar en las peores condiciones, esta zona se denomina zona de emergencia.
- Aprovechar los escombros, producto de la demolición de viejas construcciones para conformar y mantener algunas vías internas.



- Durante uno o varios días en la semana reforzar la mano de obra, con una cuadrilla de dos o tres trabajadores más, para mantener el relleno en buenas condiciones mientras subsistan los factores adversos.
- Programar el movimiento de tierra para los períodos secos, ya sea para la extracción del material de cobertura como para la apertura de terrazas o las trincheras, dejando para la época de lluvias sólo el enterramiento de la basura.
- Introducir como práctica de rutina en la operación del relleno, el cubrir las celdas con material plástico en épocas extremas para impedir que las aguas de lluvia se infiltren a través de las basuras.

Mantener áreas estrechas de trabajo, apoyando las celdas sobre el talud del terreno, y superponer tres o más celdas cerca de la vía interna para que el avance sea más en altura que en extensión.

**CAPITULO IV**  
**SITUACION ACTUAL DE LOS RELLENOS SANITARIO EN ESTUDIO.**





## **4.1 OPERABILIDAD DEL RELLENO SANITARIO DE SOCINUS SEM.**

Para desarrollar el contenido de este capítulo se realizó una visita al relleno sanitario en la cual se contó con la colaboración de los encargados del relleno sanitario, específicamente el gerente y el ingeniero residente del relleno sanitario.

Por medio de la visita de campo al relleno sanitario SOCINUS SEM, se constató de algunos elementos esenciales para el funcionamiento adecuado, en donde los desglosaremos de la siguiente manera:

### **4.1.1 CALLES DE ACCESO.**

La calle de acceso consta de tres tramos de diferente material; el primer tramo es adoquinado el cual se encuentra con algunos pequeños hundimientos debido al peso que carga cuando los camiones trasladan los desechos sólidos, pero se considera en condiciones aceptables, el segundo tramo es balastado en donde no presenta ningún problema en su superficie de rodamiento y el último tramo es de pavimento asfáltico que se encuentra en condiciones óptimas; por lo tanto con este tipo de acceso con que cuenta el relleno sanitario el tiempo de recorrido es menor para los camiones que van depositar los desechos sólidos.

Además, cuentan con calles de acceso internas las cuales son balastadas y se encuentran en buenas condiciones para evitar el estancamiento de vehículos pesados en época de invierno y en algunos tramos con badenes de concreto para desviar las aguas lluvias hacia los diferentes desagües del terreno y evitar la contaminación de las pilas de lixiviados.

Fotografía 4.1 Calle interna del relleno sanitario.



Fuente: Grupo de tesis.

#### 4.1.2 LA BÁSCULA.

Esta es un elemento muy importante con la que cuenta el relleno sanitario para calcular la tara, su diseño es tipo puente en donde se encuentra al mismo nivel del suelo en el área de la entrada principal, la marca es REVUELTA Con una capacidad de 30 toneladas, esta báscula trabaja con un software del mismo nombre.

Fotografía 4.2 Bascula con la que cuenta el relleno sanitario.



Fuente: Grupo de tesis.

El procedimiento para calcular la tara o tonelaje de desechos sólidos de cada camión recolector es que al ingreso el camión es pesado con todos los pasajeros abordo y al regreso nuevamente es pesado siempre abordo todos los pasajeros con los que llegó el camión y es así como calculan peso inicial menos peso final.

Fotografía 4.3 Cálculo de la tara del camión.



Fuente: Grupo de tesis.

### 4.1.3 CASETA DE CONTROL.

Esta localizada justamente en la entrada principal al relleno sanitario que es utilizada además de caseta de control como bodega para almacenar materiales que se utilizan en el relleno; y en cerca de esta primer caseta se encuentra el mando de control de la bascula con todos los componentes necesarios para el pesaje de los desechos sólidos.

Fotografía 4.4 Caseta de control.



Fuente: Grupo de tesis.

#### **4.1.4 CERCA PERIMETRAL.**

El relleno sanitario consta de una cerca perimetral de postes de concreto y alambre de púas en todo su perímetro que es de aproximadamente de 60 manzanas de terreno.

Fotografía 4.5 Cerca perimetral de SOCINUS SEM.



Fuente: Grupo de tesis.

#### **4.1.5 CANALETAS PARA AGUAS LLUVIAS.**

Este relleno cuenta con una canaleta a lo largo de toda el área de trabajo de las celdas trabajadas, que divide la celda con las calles de acceso internas.

#### 4.1.6 MAQUINARIA.

SOCINUS SEM, cuenta con diversa maquinaria de terracería, entre las cuales podemos constatar: un tractor D5N que es el alma del relleno que es propia del relleno, además cuentan con otro tipo de maquinaria que es alquilada a una empresa constructora en cierta época del año.

Fotografía 4.6 Maquinaria D5N propiedad del relleno sanitario.



Fuente: Grupo de tesis.



Enfocándonos en el manejo, operabilidad y funcionamiento del relleno sanitario lo podemos plasmar de la siguiente manera:

➤ **4.1.7 INGRESO DE DESECHOS SÓLIDOS.**

El horario de funcionamiento del relleno sanitario SOCINUS SEM es de lunes a sábado de las 8 a.m. a 4 p.m., pero es necesario comentar que algunas alcaldías ingresan al relleno en horas tempranas antes de las 8 a.m. y en otros casos los domingos llegan empresas privadas, en donde el control y registro de desechos sólidos es tomado por los vigilantes del relleno sanitario, los cuales tienen una pequeña capacitación para tomar lectura de la bascula de pesaje.

En la visita se observó que el relleno sanitario cuenta con pepenadores.

Luego que pasan el pesaje los camiones van a depositar los desechos a la celda diaria habilitada por los encargadas del relleno, en este caso se encuentran trabajando en la celda N° 115 llamada así porque esta a 115 msnm; donde los desechos sólidos son depositados y luego esparcidos y compactados por el tractor D5N el cual al final del día realiza la cobertura con el respectivo material.

Cabe recalcar que el relleno sanitario, está diseñado y tiene un permiso solamente para disponer desechos domiciliarios y del comercio formal e informal, pero no están autorizados para disponer desechos bio-infecciosos.





**TABLA 4.1 DESECHOS SÓLIDOS DEPOSITADOS EN EL RELLENO SANITARIO.**

<b>RELLENO SANITARIO SOCINUS SEM.                      ALCALDIA MUNICIPAL DE USULUTAN                      DISPOSICION FINAL 2002-2009</b>										
<b>No</b>	<b>ALCALDIAS MUNICIPALES/EMPRESAS</b>	<b>AÑO 2002</b>	<b>AÑO 2003</b>	<b>AÑO 2004</b>	<b>AÑO 2005</b>	<b>AÑO 2006</b>	<b>AÑO 2007</b>	<b>AÑO 2008</b>	<b>AÑO 2009</b>	<b>TOTAL</b>
1	USULUTAN	2,146.13	9,151.43	10,289.81	8,847.35	11,033.30	11,958.08	11,778.65	3,264.73	68,469.47
2	PUERTO EL TRINFO	211.12	1,585.69	1,843.93	1,545.29	1,595.87	1,642.42	1,658.13	472.73	10,555.17
3	CONCEPCION BATRES	261.15	607.67	633.255	530.65	693.995	882.71	1,037.12	269.375	4,915.93
4	EREGUAYQUIN	259.19	600.1	488.02	557.17	666.625	763.96	866.235	265.275	4,466.58
5	JIQUILISCO		1,052.81	696.495	1,741.04	1,823.76	1,904.44	2,064.81	614.3	9,897.66
6	JUCUARAN			182.895	259.94	290.94	259.425	208.155	71.46	1,272.82
7	SANTA MARIA				850.04	1,375.47	982.14	1,948.82	558.355	5,714.82
8	ESTANZUELAS				433.82	168.205	406.265	538.08	175.635	1,722.01
9	ZACATECOLUCA					1,341.49	5,536.82	3,364.11	2,387.48	12,629.90
10	SAN BUENAVENTURA						133.875	210.06	63.35	407.29
11	SANTA ELENA						1,012.25	1,516.26	403.48	2,931.99
12	CALIFORNIA						307.705	612.835	174.19	1,094.73
13	SESORI						215.665	471.835	158.88	846.38
14	SANTA MARIA OSTUMA*						47.435	0	0	47.44
15	CHAPELTIQUE						314.52	843.915	254.8	1,413.24
16	NUEVA GUADALUPE*						325.415	1,016.06	0	1,341.47
17	EL ROSARIO						62.385	0	173.795	236.18



18	<b>LOLOTIQUE</b>						133.625	379.025	115.73	628.38
19	<b>TECAPAN</b>						251.255	822.335	212.635	1,286.23
20	<b>SAN FRANCISCO JAVIER</b>						71.94	192.98	59.355	324.28
21	<b>JUCUAPA</b>						765.62	2,177.65	568.39	3,511.66
22	<b>CIUDAD BARRIOS</b>						462.06	1,475.50	441.74	2,379.30
23	<b>ALEGRIA</b>						160.83	489.92	136.045	786.8
24	<b>MONCAGUA</b>						169.715	558.94	178.27	906.93
25	<b>SANTIAGO DE MARIA</b>						1,281.59	3,570.40	987.85	5,839.84
26	<b>CHINAMECA</b>						401.005	1,333.10	357.95	2,092.05
27	<b>EL TRIUNFO</b>						249.44	799.33	230.5	1,279.27
28	<b>SAN RAFAEL ORIENTE</b>						346.04	1,127.63	347.82	1,821.49
29	<b>OZATLAN</b>						228.65	706.975	187.87	1,123.50
30	<b>GUADALUPE</b>						154.04	488.975	163.855	806.87
31	<b>SAN JORGE</b>						193.75	608.755	161.745	964.25
32	<b>SAN AGUSTIN</b>						149.835	362.72	96.125	608.68
33	<b>BERLIN</b>						449.95	1,668.69	496.485	2,615.13
34	<b>EL TRANSITO</b>						638.745	2,162.34	624.89	3,425.97
35	<b>NUEVA GRANADA</b>						33.415	147.79	38.82	220.03
36	<b>MERCEDES UMAÑA</b>						168.575	650.955	194.505	1,014.04
37	<b>QUELEPA*</b>						14.685	356.515	0	371.2
38	<b>SAN DIONISIO</b>						18.435	181.23	82.785	282.45
39	<b>SAN ILDEFONSO</b>						0	335.63	96.065	431.7



40	<b>SAN LUIS DE LA REYNA</b>							79.425	79.43
41	<b>TONACATEPEQUE *</b>						401.57	523.775	925.35
42	<b>SAN PEDRO NONUALCO*</b>					0	3.04	0	3.04
43	<b>SAN MARTIN*</b>				719.13	0	0	0	719.13
44	<b>PESQUERA DEL SUR*</b>			39.62		0	0	0	39.62
45	<b>AVICOLA CAMPESTRE</b>				2.7	13.785	0	1.385	17.87
46	<b>SUCESORES LUIS TORRES Y CIA</b>					15.395	57.055	14.89	87.34
47	<b>FERRETERIA GUADALUPE</b>					51.295	38.925	617.425	707.65
48	<b>PROBIOTEC S.A. DE C.V.</b>					40.49	151.565	0	192.06
49	<b>TRANSPORTE ZELAYA*</b>					7.755	0	0	7.76
50	<b>LA GEO S.A. DE C.V.</b>					6.495	36.965	12.41	55.87
51	<b>UNIVERSIDAD GERARDO BARRIOS*</b>					6.16	0	0	6.16
52	<b>TANK LINE S.A. DE C.V.</b>					0	2.39	0	2.39
53	<b>CENTRO PENAL CIUDAD BARRIOS*</b>					7.795	29	0	36.8
54	<b>PAVTECH S.A. DE C.V.</b>					0	19.3	0	19.3
55	<b>MILTON ANIBAL BERRIOS BONILLA</b>						29.42	9.98	39.4
56	<b>JORGE ALBERTO PORTILLO MORALES*</b>						5.735	0	5.74
57	<b>O&amp;R CONSTRUCTORES S.A. DE C.V.</b>						31.82	18.595	50.42
58	<b>PERFORADORA SANTA BARBARA</b>						0.85	1.82	2.67
59	<b>MARROQUIN FUENTES Y ASOCIADOS</b>							83.42	83.42



60	<b>TRACTOMARQUEZ S.A. DE C.V.</b>								1,321.49	1,321.49
61	<b>MILTON JOEL AGUIRRE*</b>								0.25	0.25
	<b>TOTAL</b>	2,877.59	12,997.70	14,134.40	14,804.92	19,711.47	33,247.88	49,540.07	17,772.13	165,086.15

Fuente: Encargado del relleno sanitario.

#### ➤ **4.1.8 TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS.**

El tratamiento de los lixiviados se realiza en base a un sistema de tuberías que varían su diámetro dependiendo si es colector o secundaria que va de 4" a 10", estas tuberías sirve para depositar los lixiviados producidos por los desechos sólidos depositados en el relleno sanitario, a tres lagunas, las cuales tienen dimensiones de 12x12 metros en forma de batea con taludes a 45°, con una altura útil de 1.50 metros y con canaletas en todo su perímetro, para evitar que se llenen de aguas lluvias.

Fotografía 4.7 Pilas de lixiviados.



Fuente Grupo de tesis.

Para el bajado de los lixiviados de terraza a terraza hay un detalle especial el cual es de una tubería vertical conectada a una caja de concreto en esta caja se conectan también los colectores secundarios que drenan los lixiviados de las terrazas.

Fotografía 4.8 Detalle de bajado de lixiviados de terraza a terraza.



Fuente: grupo de tesis.

El sistema que se diseñó en el relleno sanitario está trabajando en óptimas condiciones ya que no se observan estancamientos de lixiviados y la impermeabilización del terreno para comenzar a trabajar en la primer terraza, se llevó con éxito, ya que se observó en la tubería que deposita los lixiviados a las lagunas no se ve que esté contaminada con restos de desechos sólidos o lodos.

#### ➤ **4.1.9 TRATAMIENTO DE GASES.**

El relleno sanitario cuenta solamente para el tratamiento de gases con chimeneas de acuerdo a la norma que dice que el máximo de separación de cada chimenea es de 30 metros, pero en este relleno se encuentran a menor distancia y se pudo observar que las chimeneas se construyen en la misma celda para el drenaje del biogas.

Las cual su diseño es el de un barril de 200 litros de material de metal con orificios y estos barriles se llenan de piedra cuarta.

Fotografía 4.9 Chimenea de biogas.



Fuente: Grupo de tesis.

Al inicio de una terraza se hace una base de concreto para colocar el barril de inicio para la chimenea y esta alcanza una altura de 5 metros como la terraza luego se colocara una tubería de concreto de 6 pulgadas de diámetro y una cachucha, esta

colocación de tubería no se pudo observar ya que no se han finalizado la chimenea de ciertas terrazas a pesar de que estas terrazas ya dieron su vida útil.

#### **4.1.10 OPERACIÓN EN EPOCA DE LLUVIAS.**

En época de invierno el relleno toma medidas de prevención en las lagunas de lixiviados para no ocasionar derrames de lixiviados al terreno natural en el perímetro, la medida que toman es recircular los lixiviados por medio de un camión cisterna para hacer el riego de los lixiviados que las lagunas contienen, sobre las terrazas terminadas del relleno y así mantener un nivel adecuado en las lagunas de lixiviados y a la vez existe una evaporación que a la larga ayuda a no tener problema alguno.

Fotografía 4.10 Camión cisterna.



Fuente: Grupo de tesis.





Además para evitar el llenado de las lagunas de lixiviados en época de invierno existen canaletas para el desvío de las aguas lluvias.

En esta época del año cubren a diario los desechos sólidos depositados en el relleno sanitario, y si se empoza el agua utilizan equipo de bombeo para sacarla y garantizar que lo que se esta evacuando es solamente agua lluvia y no contaminar el ambiente.

#### 4.1.11 IMPACTO SOCIAL

En la encuesta se realizo unas series de preguntas a las personas que viven en las cercanías del relleno sanitario, el objetivo primordial es conocer más a fondo el pensar de los ciudadanos.

La encuesta dio resultado que el relleno sanitario no produce malos olores en la zona cercanas al relleno sanitario, la población se abastece de agua potable por medio de pozos con profundidades variables, a pesar de que el relleno sanitario produce lixiviados que se pueden infiltrar en el terreno natural o contaminar las aguas subterráneas no se ha percibido ningún cambio en el agua potable.

Referente al incremento de las plagas no se ha percibido ningún cambio en las plagas que se da en la zona, la población se encuentra satisfecha con el manejo que le dan a los desechos sólidos depositados en el relleno sanitario, ya que el relleno sanitario a mejorado el impacto ambiental que generaba el botadero a cielo abierto.



No se encontraban aves de rapiña en las zonas cercanas al relleno sanitario lo que se observó fueron garzas, las enfermedades más comunes que la población cercana padece son la gripe esto debido al cambio de clima ya que el relleno sanitario no afecta en esto.

## **4.2 OPERABILIDAD DEL RELLENO SANITARIO ASINORLU.**

Para desarrollar el contenido de este apartado se realizaron visitas al relleno sanitario, en las cuales se contó con la colaboración del encargado del relleno sanitario, específicamente el ingeniero Luis Enrique Turcios encargado de operación del relleno sanitario y del gerente de ASINORLU el Ing. Hugo Guerrero.

Por medio de las visitas de campo al relleno sanitario ASINORLU, se constató de algunos elementos esenciales para su funcionamiento y operabilidad, en donde los desglosaremos de la siguiente manera:

### **✚ 4.2.1 CALLES DE ACCESO.**

La calle de acceso consta de tres tramos de diferente material; el primer tramo es adoquinado el cual se encuentra con algunos pequeños hundimientos debido al peso que carga cuando los camiones trasladan los desechos sólidos, pero se considera en condiciones aceptables, el segundo tramo es balastado en donde no presenta ningún problema en su superficie de rodadura y el último tramo es de concreto hidráulico que se encuentra en condiciones óptimas; por lo tanto con este tipo de acceso con que cuenta

el relleno sanitario el tiempo de recorrido es menor para los camiones que van depositar los desechos sólidos.

Fotografía 4.11 Calle interna del relleno sanitario.



Fuente: Grupo de tesis.

Además, cuentan con calles de acceso internas las cuales son balastadas y se encuentran en buenas condiciones para evitar el estancamiento de vehículos pesados en época de invierno y en algunos tramos con badenes de concreto para desviar las aguas lluvias hacia los diferentes desagües del terreno y evitar la contaminación de las pilas de lixiviados.

#### **4.2.2 LA BÁSCULA.**

Este es un elemento muy importante con la que cuenta el relleno sanitario, ya que es necesario conocer la cantidad de desechos sólidos que se depositan diariamente, su diseño es tipo puente en donde se encuentra al mismo nivel del suelo en el área de la entrada principal, la marca es REVUELTA Con una capacidad de 30 ton; Tamaño de la plataforma: 8.00 X 3.10 mts, Impresor de boletos: Electrónico Rep. 295, para original y varias copias esta báscula trabaja con un software 100XXI.

Fotografía 4.12 Bascula tipo puente.



Fuente: Grupo de tesis.

#### **4.2.3 CASETA DE CONTROL.**

El edificio cuenta con espacio para la oficina administrativa, salón de usos múltiples, área de empleado, bodega, galera de resguardo de maquinaria, caseta de operador de báscula, parqueo para visitantes y se ubica a 300 m del portón.-

Fotografía 4.13 Caseta de control.



Fuente: Grupo de tesis.

#### 4.2.4 CERCA PERIMETRAL.

La cerca perimetral es la estructura que delimita el área del predio correspondiente al relleno sanitario además de mantener el control de acceso de personas o animales. La cerca también funcionara para retener plásticos y papeles.

- Los poste son de concreto prefabricados y están colocados a cada 2 m
- Cerca de alambre de púas colocado a cada 0.25 cm y postes de concreto de altura 2.5 metros.

El relleno sanitario, además de su cerca perimetral cuenta con una mampara, en la celda de la fase II, la cual tiene la función específica de retener todos los desechos ligeros que por medio de la fuerza del viento en la zona se desplazan a los terrenos aledaños, por medio de la visita de campo se pudo constatar su efectividad. Esta medida fue tomada por ASINORLU debido a las constantes molestias generadas con los propietarios de los terrenos y vecinos del lugar; cabe mencionar que se hizo un pequeño diagnóstico para determinar la dirección del viento para su correcta colocación.

Fotografía 4.14 Mampara ubicada al costado Este del relleno sanitario.



Fuente: Grupo de tesis.

#### 4.2 5 CANALETAS PARA AGUAS LLUVIAS.

El relleno cuenta con canaleta en todo el perímetro de las celdas, las cuales desvían las aguas lluvias hacia la quebrada esta quebrada es el drenaje natural del terreno esta quebrada no tiene agua permanente.

Fotografía 4.15 Canaletas para drenar las aguas lluvias.



Fuente: Grupo de tesis.

Fotografía 4.16 Canaletas para drenar las aguas lluvias.



Fuente: Grupo de tesis.

#### 4.2.6 MAQUINARIA.

##### **Tractor de cadenas (Bulldozer)**

Fotografía 4.17 Tractor de cadenas.



Fuente: Manual de operación.



**Función:** Distribuir y compactar los desechos sólidos, así como realizar la preparación del sitio, suministrar la cubierta diaria y final y trabajos generales de movimiento de tierras.

**Características:** El sitio de disposición final cuenta con un tractor Modelo 550J de peso 8,100 Kg., oruga de ancho de 18” sellada y lubricada, capacidad de hoja topadora 1.9 m<sup>3</sup> aproximadamente. La presión descargada sobre los desechos se obtiene distribuyendo el peso de la máquina sobre la superficie de contacto.

### **Retroexcavadora.**

Fotografía4.18 Retroexcavadora.



Fuente: Manual de operación.

**Función:** Extrae el material de cobertura que se le coloca a los desechos al final de día.

**Características:** EL sitio cuenta con una retroexcavadora modelo W146-5 Komatsu, con capacidad nominal de  $1\text{m}^3$  y capacidad de cucharón de  $0.92\text{ m}^3$

### **Camión de Volteo**

Fotografía. 4.19 Camión de volteo.



Fuente: Manual de operación.

**Función:** Trabaja junto con la retroexcavadora y se encarga de transportar el material de cobertura extraído del sitio, abastecimiento de combustible y agua.



**Características:** Carrocería tipo Volteo, marca: International modelo 4400  
SBA 6x4, con capacidad de transportar 8 m<sup>3</sup>

En esta parte del capítulo estudiaremos las diferentes etapas para el manejo, operabilidad y funcionamiento del relleno sanitario.

#### ➤ **4.2.7 INGRESO DE DESECHOS SÓLIDOS.**

El horario de para la recepción de desechos sólidos y para dar la cobertura de la celda diaria del relleno sanitario ASINORLU es de lunes a sábado de las 8 am. A 4 pm, se observo que el relleno sanitario cuenta con personal para laborar en la pepena, a pesar que en el diseño del relleno sanitario se dice que no se permitirá pepenadores en el relleno sanitario, es justificada la presencia de este personal ya que esto ayuda a incrementar la vida útil del relleno sanitario.

El relleno sanitario esta recibiendo desechos sólidos de 17 municipalidades de las cuales 9 son socios, el costo para los socios es de \$23.00 y para los no socios es de \$26.00, el relleno sanitario se diseño para procesar 50 ton/m<sup>3</sup> diarias actualmente esta procesando de 30 a 40 ton/m<sup>3</sup> diarias.

A la hora de llegar el camión con los desechos sólidos para depositarlos en el relleno sanitario lo primero que realiza el motorista es pasar por la bascula para dar la



información respectiva del mismo luego van a depositar los desechos a la celda diaria habilitada por los encargadas del relleno sanitario, en este caso se encuentran trabajando en la segunda fase del relleno sanitario donde los desechos sólidos son depositados y luego esparcidos y compactados por el tractor 550J el cual al final del día realiza la cobertura con el respectivo material de cobertura.

En el relleno sanitario ASINORLU, se han depositado 12,597.05 las cuales se depositarán a partir del mes de julio de 2008 hasta septiembre de 2009, los municipios que están depositando son: Anamorós, Bolívar, Concepción de Oriente, El Suace, Lislique, Nueva Esparta, Poloros, San José, Santa Rosa de Lima, estos son los municipios socios del relleno sanitario, los otros municipios que depositan son: Carolina, El Divisadero, Guatajiagua, Joateca, Jocoro, Lolotiquillo, Pasaquina, San Alejo.

#### ➤ **4.2.8 TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS.**

- La laguna de lixiviados tiene una capacidad de almacenamiento de 9,361.99 m<sup>3</sup>
- El relleno sanitario tiene dos sistema de tuberías para la recolección de lixiviados el central que es la que capta la mayor parte de lixiviados ya que esta recoge todo los lixiviados que el otro ramal de tubería recolecta. A este sistema le dominan comúnmente la espina de pescado.

- En el costado poniente se encuentra la conexión al pozo donde están las bombas del sistema de recirculación, para lo cual se utiliza una tubería de 8” y esta colocada a 60 cm del fondo de la laguna.

Fotografía 4.20 Laguna de lixiviado.



Fuente: Grupo de tesis.

La laguna de lixiviados tiene una profundidad 3.20 metros, taludes con pendiente de 1.5 en horizontal y 1 en vertical.

#### ➤ **4.2.9 TRATAMIENTO DE GASES.**

El relleno sanitario cuenta con un sistema para drenar el biogas producido por los desechos sólidos depositados en el relleno sanitario el cual consiste en utilizar la tubería de recolección de lixiviados y construir chimeneas en un radio menor de 30 metros, el diseño de las chimeneas es el siguiente, consta de barril de metal con orificio, en medio lleva una tubería la cual tiene orificio y el barril se llena con piedra cuarta y su función es de actuar como filtro para que no se obstruya la tubería por donde se drena el biogas.

Fotografía 4.21 Vista de Chimenea finalizada.



Fuente: Grupo de tesis.

#### 4.2.10 OPERACIÓN EN EPOCA DE LLUVIAS.

En época de invierno el relleno toma medidas para que las labores del relleno sanitario no se vean afectas por las lluvias las cuales son: darle un mantenimiento periodito a las canaletas que desvían las aguas lluvias de las celdas y la laguna de lixiviado ya que en estas canaletas se acumula tierra por el deslizamiento de tierra que producen las aguas lluvias.

Fotografía 4.22 Sistema para recirculación de lixiviados.



Fuente: Grupo de tesis.

La otra medida es la que toman con el material de cobertura, la medida consiste en acopiar material de cobertura y aislar este materia ya que si el materia de cobertura se satura de agua lluvia este no serviría para realizar la actividad de darle cobertura a la celda diaria trabajada.



También utilizan dos bombas para la recirculación de los lixiviados de la laguna ya que así controlan la altura efectiva de la laguna y también aprovechan la vaporación de lixiviados a la hora de regar los lixiviados en las celdas y la que no se evapora se deposita nuevamente a la laguna de lixiviado.

#### 4.2.11 IMPACTO SOCIAL.

En la encuesta se realizó unas series de preguntas a las personas que viven en las cercanías del relleno sanitario, el objetivo primordial es conocer más a fondo el pensar de los ciudadanos.

La encuesta dio resultado que el relleno sanitario no produce malos olores en la zona cercanas al relleno sanitario, la población se abastece de agua potable por medio de pozos con profundidades variables, a pesar de que el relleno sanitario produce lixiviados que se pueden infiltrar en el terreno natural o contaminar las aguas subterráneas no se ha percibido ningún cambio en el agua potable.

Referente al incremento de las plagas no se ha percibido ningún cambio en las plagas que se da en la zona, la población se encuentra satisfecha con el manejo que le dan a los desechos sólidos depositados en el relleno sanitario, ya que el relleno sanitario a mejorado el impacto ambiental que generaba el botadero a cielo abierto.

Las aves de rapiña se concentran en ciertas zonas cercanas al relleno sanitario, las enfermedades más comunes que la población cercana padece son la gripe esto debido al cambio de clima ya que el relleno sanitario no afecta en esto.



### 4.3 OPERABILIDAD DEL RELLENO SANITARIO ASIGOLFO, LA UNION.

Para desarrollar el contenido de este subtema se realizaron visitas de campo al relleno sanitario, en la cual se nos presento la oportunidad de realizarlas con líderes comunales de la zona, quienes nos orientaron dentro de las instalaciones del relleno sanitario, es preciso mencionar que este relleno sanitario no se encuentra funcionando desde 31 julio 2008, debido a las problemáticas surgidas por la disposición de los desechos sólidos que se estaban recibiendo en aquel entonces.

Fotografía 4.23 Manifestantes bloqueando entrada a relleno sanitario.



Fuente: Grupo de tesis.

En el recorrido de las instalaciones, se pudieron observar los elementos siguientes:

#### 4.3.1 CALLES DE ACCESO.

Las calles de acceso constan de varios tramos entre los cuales están, pavimentado, balastado, empedrado y concreteado en un pequeño tramo, las cuales presentan condiciones aceptables para el tránsito vehicular y peatonal.

Fotografía 4.24 Calle interna del relleno sanitario.



Fuente: Grupo de tesis.

#### 4.3.2 LA BÁSCULA.

Por motivos del cierre parcial del relleno en aquel entonces de las visitas, no se pudo constatar el tipo de báscula que se utilizaba en el relleno sanitario, debido a que los líderes comunales no tenían acceso de entrar en la caseta del portón principal.

### ✚ 4.3.3 CASETA DE CONTROL.

El relleno sanitario cuenta con una caseta de control la cual, según informes sirve de bodega para almacenamiento de materiales que eran utilizados en el funcionamiento del relleno sanitario, la cual se encuentra a pocos metros del portón principal del relleno.

### ✚ 4.3.4 CERCA PERIMETRAL.

La cerca perimetral, con la que contaba el relleno sanitario era de alambre de púas en la mayor parte del terreno, en la entrada principal consta de un portón y parte de la cerca es de malla ciclón.

Es propicio mencionar que en ciertos tramos no contaban con ninguna cerca, debido a que por estas zonas era la entrada clandestina al relleno sanitario que tienen los líderes comunales y vecinos de la zona.

Fotografía 4.25 Entrada al relleno sanitario.



Fuente: Grupo de tesis.

#### 4.3.5 SEÑALIZACION

Esta parte es hoy en día de lo mas rescatable que este relleno sanitario presenta, debido a que cuenta con un buen sistema de señalización, el cual en su momento facilito el transito dentro de las instalaciones del relleno sanitario.

Fotografía 4.26 Señalización dentro del relleno sanitario.



Fuente: Grupo de tesis.

En la parte de la operabilidad del relleno sanitario de ASIGOLFO se tendrían que estudiar las diferentes etapas para el manejo, operabilidad y funcionamiento del relleno sanitario, pero esto no se puede realizar debido a las problemáticas que este relleno

presenta como lo es su cierre parcial por parte de los habitantes de la zona y el MARN pero se mencionaran algunos puntos que se pudieron observar:

#### ➤ 4.3.6 INGRESO DE DESECHOS SÓLIDOS.

En esta parte no se puede mencionar nada ya que el relleno sanitario no estaba en funcionamiento pero si se pudo observar que en el relleno se encontraban desechos sólidos esparcidos en el sitio sin tratarlos.

Fotografía 4.27 Desechos a la intemperie en el relleno sanitario.



Fuente: Grupo de tesis.

Fotografía 4.28 Desechos a la intemperie en el relleno sanitario.



Fuente: Grupo de tesis.

#### ➤ 4.3.7 TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS.

En el tratamiento de lixiviado, el relleno sanitario cuenta con tres pilas para la captación de lixiviados producidos por los desechos sólidos depositados en el relleno sanitario, como también con la maquinaria para la recirculación de los lixiviados.

Por lo observado en a visita no se tenía un control adecuado ya que las pilas estaban saturadas de agua lluvia y anteriormente se ocasionaron rebalse de las pilas de lixiviados debido a no tener un buen sistema para la recirculación de los lixiviados y estos se depositaban a una quebrada que se encuentra cerca de las pilas de lixiviados.

Fotografía 4.29 y 4.30 Pilas de lixiviados en época de invierno.



Fuente: Grupo de tesis.

### ➤ 4.3.8 TRATAMIENTO DE GASES.

En el tratamiento del biogas que se genera por los desechos sólidos depositados en el relleno sanitario se observo que el sistema para drenar el biogas es por medio de chimeneas, pero por medio de las visitas se observo que dichas chimeneas estaban en un 50% de su construcción.

No se observo una chimenea que se estuviera ejecutando según el diseño original, de un barril de 200 litros con orificios de 5 cm a cada 15 cm, con una tubería en el centro del barril por donde drenara el biogas producido por los desechos sólidos depositados en el relleno sanitario.

Fotografía 4.31 chimenea de biogas.



Fuente: Grupo de tesis.



### 4.3.9 OPERACIÓN EN EPOCA DE LLUVIAS.

Durante las visitas programadas al relleno sanitario no se observo ningún método para la operación en época de lluvia, como los es el acopio de material para la cobertura de celda diaria, el mantenimiento periódico de las canaletas perimetrales para que no se obstruyan de material arrastrado por las lluvias, la recirculación de lixiviados para mantener el nivel optimo de las pilas de lixiviado ya que esto ayuda a prevenir un desbordamiento en lluvias copiosas.

Ya que el relleno no se encontraba en funcionamiento y básicamente el relleno se había convertido en un botadero a cielo abierto.

Fotografía 4.32 y 4.33 Situación Actual del relleno sanitario.



Fuente: Grupo de tesis.



### 4.3 10 IMPACTO SOCIAL

A pesar que el relleno sanitario ha sido clausurado por el Ministerio de Medio Ambiente, se realizo la encuesta para conocer el pensar de la población.

En la cercanías al relleno sanitario se perciben malos olores producido por los desechos sólidos depositados en el relleno sanitario, en el abastecimiento de agua potable se da por varios medios como lo son los pozos con profundidades variables nacimiento de agua, en los nacimientos de agua se tuvieron problemas en época de invierno en aguas abajo del relleno sanitario debido a los lixiviados producidos por los desechos sólidos ya que estos se desbordaron de las lagunas de lixiviados.

Referente a las plagas se observo incremento de moscas en época de verano, la población tenía bastante conocimiento de la operación del relleno sanitario, para la población la operación del relleno sanitario era mala ya que se observo que la cobertura que se le daba a los desechos no era la adecuada ya que los animales extraían los desechos sólidos.

Se observaron diferentes animales, Zopes, Perros, Sapos, Vacas entre otros, algunos animales se morían debido a químicos que contenían los desechos sólidos, las enfermedades más comunes las estomacales esto debido a la contaminación que el relleno sanitario estaba generando.



## **4.4 OPERABILIDAD DEL RELLENO SANITARIO DE SAN MIGUEL.**

Para desarrollar el contenido de este subtema se realizaron visitas de campo al relleno sanitario, como se ha procedido con los demás rellenos sanitarios en estudio; en la cual se contó con la colaboración de la Arquitecta Alemán encargada de operación del relleno sanitario y el gerente General de la Alcaldía Municipal de San Miguel del Ing. Alexander Villatoro.

Por medio de las visitas de campo que se realizaron al relleno sanitario de San Miguel, se constato de algunos elementos esenciales para el funcionamiento, en donde los desglosaremos de la siguiente manera:

### **✚ 4.4.1 CALLES DE ACCESO.**

La calle de acceso consta de dos tramos de diferente material; el primer tramo es de pavimento Asfáltica el cual se encuentra con algunos pequeños hundimientos debido al peso de los camiones cargados con los desechos sólidos, pero se considera en condiciones aceptables, el segundo tramo es balastado en donde no presenta ningún problema en su superficie de rodamiento; por lo tanto con este tipo de acceso con que cuenta el relleno sanitario el tiempo de recorrido es menor para los camiones que van

depositar los desechos sólidos y ayuda a que los camiones tengan un menor desgaste en su vida útil.

Fotografía 4.34 Cale de acceso Internas.



Fuente: Grupo de tesis.

Además, cuentan con calles de acceso internas las cuales son balastadas y se encuentran en buenas condiciones para evitar el estancamiento de los camiones que depositan los desechos sólidos en el relleno sanitario en época de invierno y en algunos tramos con cordón cuneta de concreto para desviar las aguas lluvias hacia los diferentes desagües del terreno y evitar la contaminación de las pilas de lixiviados.

#### 4.4.2 LA BÁSCULA.

Este es un elemento muy importante con la que cuenta el relleno sanitario. Su diseño es tipo puente en donde se encuentra al mismo nivel del suelo en el área de la entrada

principal, la marca es REVUELTA Con una capacidad de 30 toneladas; esta báscula trabaja con un software del mismo nombre.

Fotografía 4.35 Bascula tipo puente.



Fuente: Grupo de tesis.

#### 4.4.3 CASETA DE CONTROL.

Esta localizada justamente en la entrada principal al relleno sanitario que es utilizada además de caseta de mando de control de la báscula con todos los componentes necesarios para el manejo de la misma y como oficina para el encargado del relleno sanitario.

Fotografía 4.36 Caseta de control.



Fuente: Grupo de tesis.

#### 4.4.4 CERCA PERIMETRAL.

El relleno sanitario consta de una cerca perimetral de dos tipos de material, la mayor parte de postes de concreto y alambre de púas en todo su perímetro que es de aproximadamente de 26 manzanas de terreno y la otra de malla ciclón en la entrada principal del relleno sanitario.

Fotografía 4.37 Cerca perimetral del relleno sanitario.



Fuente: Grupo de tesis.

#### 4.4.5 CANALETAS PARA AGUAS LLUVIAS.

Este relleno cuenta con un cordón cuneta a lo largo de toda el área de trabajo de las celdas diarias, que divide la celda con las calles de acceso internas, lo cual evitan estancamiento de agua en la superficie de rodamiento y la filtración hacia la celda.

#### 4.4.6 MAQUINARIA.

El relleno sanitario, cuenta con diversa maquinaria de terracería, entre las cuales podemos mencionar: un tractor D6T XL que es el alma del relleno sanitario que es propia del relleno, además cuentan con otro tipo de maquinaria como camión de volteo y una bomba achicadora.

Fotografía 4. 38 Tractor de cadena D6TL XL.



Fuente: Grupo de tesis.





Enfocándonos en el manejo, operabilidad y funcionamiento del relleno sanitario lo podemos plasmar de la siguiente manera:

➤ **4.4.7 INGRESO DE DESECHOS SÓLIDOS.**

El horario de funcionamiento del relleno sanitario de San Miguel es de lunes a sábado de las 7 am. a 4 pm. El relleno comienza a funcionar a las siete de la mañana por los camiones recolectores de la alcaldía de San Miguel ya que ellos realizan sus labores a tempranas horas de la mañana, el relleno sanitario deja de recibir desechos sólidos hasta las dos de la tarde ya que las dos horas restante son para darle la cobertura a la celda trabajada. Luego que pasan el pesaje los camiones van a depositar los desechos a la celda diaria habilitada por los encargados del relleno sanitario, donde los desechos sólidos son depositados y luego esparcidos y compactados por el tractor D6TXL el cual al final del día realiza la cobertura con el respectivo material, antes de compactar los desechos se observa pepenadores, los cuales están equipados con casco, uniforme, guantes y botas. El relleno sanitario, esta diseñado y tiene un permiso solamente para disponer desechos domiciliarios y del comercio formal e informal, pero no están autorizados para disponer desechos bio-infecciosos. La Arquitecta Alemán menciona que un área esta destinada para el tratamiento de los desechos bio-infecciosos hospitalarios que produce toda la zona oriental del país el sistema que se utilizara esta en estudio.



Lo que no se pudo observar en el relleno sanitario es una buena señalización, para que la operación del relleno sanitario sea más eficiente.

Tabla 4.2 Informe de desechos sólidos depositados en el mes de junio.

<b>RELLENO SANITARIO ALCALDIA MUNICIPAL DE SAN MIGUEL DISPOSICION FINAL/JUNIO2010</b>			
<b>No</b>	<b>MUNICIPIO/EMPRESA</b>	<b>INGRESO MENSUAL</b>	<b>UNIDAD</b>
1	Alcaldía Municipal de San Miguel	4,363.485	Toneladas
2	Alcaldía Municipal de Chilanga	17.840	Toneladas
3	Alcaldía Municipal de Uluzuapa	8.680	Toneladas
4	Alcaldía Municipal de San Carlos Morazán	13.470	Toneladas
5	Alcaldía Municipal de Yucuaiquin	19.265	Toneladas
6	Alcaldía Municipal de Yayantique	5.725	Toneladas
7	Alcaldía Municipal de Delicias de Concepción	10.050	Toneladas
8	Alcaldía Municipal de Sensembra	5.420	Toneladas
9	Alcaldía Municipal de Intipuca	64.375	Toneladas
10	Alcaldía Municipal de Cacaopera	13.445	Toneladas
11	Alcaldía Municipal de Quelepa	22.140	Toneladas
12	Alcaldía Municipal de San Francisco Gotera	253.515	Toneladas
13	Alcaldía Municipal de Yamabal	7.815	Toneladas
14	Alcaldía Municipal de Comacaran	5.145	Toneladas
15	Alcaldía Municipal de San Antonio del Mosco	6.120	Toneladas
16	Alcaldía Municipal de El Carmen	19.375	Toneladas
17	Alcaldía Municipal de Sociedad	12.855	Toneladas
18	Alcaldía Municipal de Oscicala	30.340	Toneladas



19	Alcaldía Municipal de Conchagua	125.390	Toneladas
20	Alcaldía Municipal de La Unión	509.060	Toneladas
21	Alcaldía Municipal Chirilagua	116.490	Toneladas
22	Alcaldía Municipal de Nueva Guadalupe	57.540	Toneladas
23	Alcaldía Municipal de Yoloaiquin	9.510	Toneladas
24	Calvo Conservas El Salvador	250.624	Toneladas
25	Valentín Hernández	6.600	Toneladas
26	Particulares	14.876	Toneladas
	<b>TOTAL</b>	<b>5,969.150</b>	<b>Toneladas</b>

Fuente: Encargado del relleno sanitario.

#### ➤ 4.4.8 TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS.

El tratamiento de los lixiviados se realiza en base a un sistema de tuberías que varían su diámetro dependiendo si es colector o secundaria, esta tubería sirve para depositar los lixiviados producidos por los desechos sólidos depositados en el relleno sanitario, a una laguna, la cual tiene una dimensión de 110 x 100 metros, con una altura útil de 3.0 metros y con canaletas en todo su perímetro, para evitar que se llene de aguas lluvias.

Fotografía 4.39 Laguna de lixiviados.



Fuente: Grupo de tesis.

El sistema que se diseñó en el relleno sanitario está trabajando en óptimas condiciones ya que no se observan charcos de lixiviados y la impermeabilización del terreno para comenzar a trabajar en la primera terraza, se llevó con éxito ya que se observó en la tubería que deposita los lixiviados a la laguna no se ve que esté contaminada con restos de desechos sólidos o lodos.

#### ➤ **4.4.9 TRATAMIENTO DE GASES.**

El relleno sanitario cuenta solamente para el drenaje del biogases con chimeneas de acuerdo a la norma que dice que el máximo de separación de cada chimenea es de 30 metros, pero en este relleno se encuentran a menor distancia y se pudo observar que las chimeneas utilizan la tubería para los lixiviados.

Fotografía 4.40 Vista de Chimenea al inicio de una celda.



Fuente: Grupo de tesis.

Su diseño es el de un barril de 200 litros de material de metal con orificios y estos barriles se llenan de piedra cuarta.

Al inicio de una terraza se coloca el primer barril sobre la tubería de lixiviados para la chimenea y esta alcanza una altura de 15 metros como la terraza luego se colocara una tubería en forma de T.

#### 4.4.10 OPERACIÓN EN EPOCA DE LLUVIAS.

En época de invierno el relleno toma medidas de prevención en la laguna de lixiviado para no ocasionar derrames de lixiviados al terreno natural en el perímetro, la medida que toman es recircular los lixiviados por medio de una bomba achicadora para hacer el riego de los lixiviados que la laguna contiene, sobre las terrazas terminadas del relleno y así mantener un nivel adecuado en la laguna de lixiviados, esta medida también da como efecto la evaporación.

Fotografía 4.41 Bomba para la recirculación de lixiviados.



Fuente: Grupo de tesis.

Este procedimiento no afecta en nada al medio ambiente ya que el lixiviado que no se evapora se deposita nuevamente en la laguna de lixiviado.

Fotografía 4.42 Auxiliar laborando en la recirculación de lixiviados.



Fuente: Grupo de tesis.

Además para evitar la contaminación de la laguna de lixiviados en época de invierno existen canaletas para el desvío de las aguas lluvias.

Fotografía 4.43 Canaleta perimetral de la laguna.



Fuente: Grupo de tesis.



#### 4.4.11 IMPACTO SOCIAL.

En la encuesta se realizo unas series de preguntas a las personas que viven en las cercanías del relleno sanitario, el objetivo primordial es conocer más a fondo el pensar de los ciudadanos.

La población percibe malos olores por la tarde en ocasiones con fuertes vientos, la población se abastece de agua potable por medio de pozos de profundidades variables con la operación del relleno sanitario no se ha percibido cambio en el agua, en la zona se a percibido un pequeño incremento en plagas tales como moscas y cucarachas.

La población no tenía conocimiento de que actividades se realizaban en el relleno sanitario, pero dicen que con la operación del relleno sanitario los malas olores disminuyeron y tiene un mejor panorama de cómo botadero a cielo abierto, la operación del relleno la encuentran aceptable ya que a mejorado la calidad de vida en la zona.

Referente a las aves de rapiña se observo una disminución en la zona, las enfermedades más comunes en la zona es la deficiencia renal esto debido a las altas temperaturas y por generaciones.



**CAPITULO V**  
**DIAGNOSTICO DE LOS RELLENOS SANITARIOS EN ESTUDIO.**



## **5.1 ANALISIS DEL DISEÑO ORIGINAL VRS SITUACION ACTUAL DEL RELLENO SANITARIO SOCINUS SEM.**

### **5.1.1 INGRESO DE DESECHOS SÓLIDOS.**

#### **Diseño original:**

El horario deberá colocarse a la entrada del relleno sanitario y se indicará el tipo de residuos permisibles a depositar en el relleno sanitario, a la entrada. Además de advertir que no se admiten pepenadores pues esto es fundamental para un Relleno Sanitario, pues debe borrar la imagen de lo que se tiene de un botadero a cielo abierto además de lo peligroso que es estar en un relleno con la operación constante de un tractor el cual se concentra en acomodar la basura en capas, compactándola y cubriéndola con tierra, por lo que la presencia de personal alrededor puede ocasionar un accidente lamentable.

#### **Situación Actual:**

El horario de funcionamiento del relleno sanitario SOCINUS SEM es de lunes a sábado de las 8 a.m. a 4 p.m., pero es necesario comentar que algunas alcaldías ingresan al relleno sanitario en horas tempranas antes de las 8 a.m. y en otros casos los domingos llegan empresas privadas, en donde el control y registro de desechos sólidos es tomado por los vigilantes del relleno sanitario, los cuales tienen una pequeña capacitación para tomar lectura de la bascula de pesaje.

En la visita se observó que el relleno sanitario cuenta con pepenadores.

#### **Análisis del Diseño y Situación Actual.**



En esta parte del funcionamiento del relleno sanitario, en base a las visitas que se realizo al relleno sanitario y estudiando el diseño del relleno sanitario, se observo que el relleno sanitario ejecuto todo lo que se diseño, algo que se observo en el relleno sanitario que se tenia contemplado en el diseño original, es el de que no se permite pepenadores en el relleno sanitario ya que esto hace que se pierda la imagen de un botadero a cielo abierto, esto no se esta cumpliendo en el relleno sanitario, ya que se observo pepenadores en el relleno sanitario.

Pero esto tiene una justificación ya que al haber pepenadores en el relleno sanitario, esto genera una mayor vida útil del relleno sanitario, ya que esto ayuda a reducir el volúmen a compactar de desechos sólidos depositados en el relleno sanitario, el porcentaje que baja el volúmen a compactar es de un 20 a 30%. Este porcentaje se reduce ya que lo que estos pepenadores recolectan es hierro aluminio y plástico este es que mayor volúmen genera a la hora de compactar los desechos sólidos.

Otro aspecto es el de la señalización con la que cuenta el relleno sanitario para dar información a los motoristas de los camiones que llegan a depositar los desechos sólidos al relleno sanitario, no es el que se diseño ya que es minima la señalización con la que cuenta el relleno sanitario.



### 5.1.2 VIDA UTIL.

Analizando la vida útil del relleno sanitario, con los datos de la disposición de los desechos sólidos en el año 2008 se puede proyectar así tabla 5.1:

**Tabla 5.1 DATOS DE CÁLCULO.**

Población a servir	198,513.0	hab
	100	%
Producción por persona por día ponderada	0.740	kg/hab/día
Tasa de crecimiento poblacional ponderada	3.1	%
Factor de material cobertura	1.25	
Factor de área adicional (zona de retiro y accesos)	2.51	
Densidad de desechos compactados en el relleno	0.55	ton/m <sup>3</sup>
Densidad de desechos estabilizados en el relleno	0.75	ton/m <sup>3</sup>
Tasa de crecimiento de producción de desecho hab/día/año	1	%

Fuente: Grupo de tesis.

Con el diseño propuesto se llena en 31 años aproximadamente que indica que se depositaran, 1,315,982.00 toneladas de basura. Con los desechos depositados a partir del año 2002 al 2008 que es de 147,314.00 toneladas quedando una capacidad para depositar desechos sólidos de 1,168,670.0 toneladas, con este dato se puede proyectar la vida útil del relleno sanitario como se ve en la tabla 5.2.

Tabla 5.2 Calculo de Vida útil del relleno sanitario.

AÑO	HAB.	PPC kg/hab/día	CANTIDAD DE DESECHOS			VOLÚMEN DE DESECHOS SÓLIDOS (m³)				
			Diaria (kg)	Anual (ton)	Acumulada (ton)	Compactados		Estabilizado s por año	Rellenos Anual	
						Diario	Anual		(Ds + MC )	Acumulado
1	198,513.0	0.740	146,899.6	53,618.4	53,618.4	267.1	97,487.9	71,491.1	89,363.9	89,363.9
2	204,666.9	0.747	152,968.0	55,833.3	109,451.7	278.1	101,515.2	74,444.4	93,055.6	182,419.5
3	211,011.6	0.755	159,287.2	58,139.8	167,591.5	289.6	105,708.7	77,519.7	96,899.7	279,319.2
4	217,552.9	0.762	165,867.3	60,541.6	228,133.1	301.6	110,075.6	80,722.1	100,902.6	380,221.8
5	224,297.1	0.770	172,719.3	63,042.5	291,175.6	314.0	114,622.8	84,056.7	105,070.9	485,292.7
6	231,250.3	0.778	179,854.3	65,646.8	356,822.4	327.0	119,357.9	87,529.1	109,411.4	594,704.1
7	238,419.0	0.786	187,284.1	68,358.7	425,181.1	340.5	124,288.5	91,144.9	113,931.2	708,635.2
8	245,810.0	0.793	195,020.8	71,182.6	496,363.7	354.6	129,422.9	94,910.1	118,637.7	827,272.9
9	253,430.1	0.801	203,077.1	74,123.1	570,486.9	369.2	134,769.4	98,830.9	123,538.6	950,811.5
10	261,286.5	0.809	211,466.2	77,185.2	647,672.1	384.5	140,336.7	102,913.6	128,642.0	1,079,453.4
11	269,386.4	0.817	220,201.9	80,373.7	728,045.7	400.4	146,134.0	107,164.9	133,956.2	1,213,409.6
12	277,737.3	0.826	229,298.4	83,693.9	811,739.7	416.9	152,170.8	111,591.9	139,489.9	1,352,899.5
13	286,347.2	0.834	238,770.8	87,151.3	898,891.0	434.1	158,457.0	116,201.8	145,252.2	1,498,151.7
14	295,224.0	0.842	248,634.4	90,751.5	989,642.6	452.1	165,002.8	121,002.1	151,252.6	1,649,404.3
15	304,375.9	0.851	258,905.5	94,500.5	1,084,143.0	470.7	171,819.1	126,000.7	157,500.8	1,806,905.1

Fuente: Grupo de tesis.



Con estos datos obtenidos de la tabla 5.2 podemos decir que el relleno sanitario estaría teniendo una vida útil de 22 años que sería 9 años menos que la que se proyectó al principio del proyecto esto es debido a que el relleno sanitario está recibiendo más desechos sólidos de lo que se había proyectado.

Esto se dio debido al cierre técnico que se dio de los botaderos a cielo abierto, esto produjo que las municipalidades que no contaban con el servicio del relleno sanitario buscaran una municipalidad cercana que contara con el servicio del relleno sanitario y depositar sus desechos sólidos en el relleno sanitario.

### **5.1.3 TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS.**

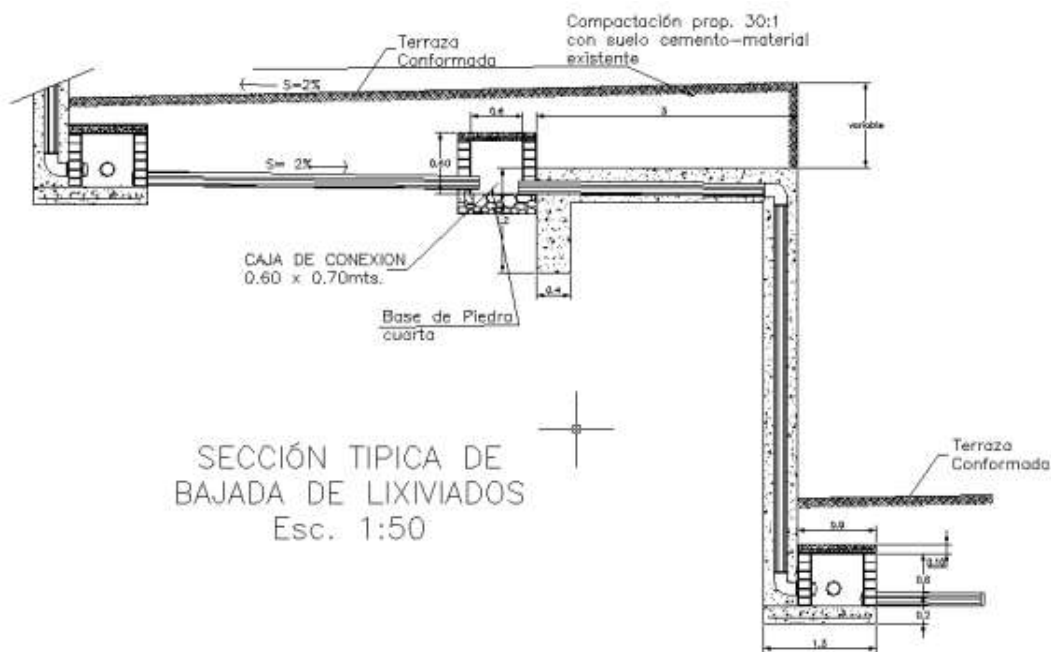
Diseño original.

Las tuberías perforadas llamadas secundarias serán de 4", los colectores no estarán perforados y resultaron de 6" y los colectores principales de 8" y 10", las tuberías perforadas en este caso son ranuradas ya que la tubería de polietileno trae unos anillos en el exterior y para no dañarlos es preferible hacer una ranura entre los anillos de 5 mm y 8 cm de largo los cuales estarán protegidos por una capa de grava con espesor mínimo de 40 cm, para evitar que las ranuras se obstruyan y la grava será protegida con un geotextil que será asegurado con una capa de 50 cm de arena.

Un detalle especial en esta red diseñada es las bajadas de los lixiviados de terraza en terraza, para lo cual se ha dispuesto construir una columna de concreto embebida en el corte a 90° de la terraza.

Estas columnas de concreto pretende proteger la tubería de bajada pues esta se coloca antes de depositar la basura en la terraza junto con el drenaje horizontal y queda como chimenea expuesta, lo cual con los movimientos de maquinaria puede golpearse o simplemente perder su posición, para evitar que esta se mueva se le construirá una zapata y cuando se habilite la terraza superior se anclara en esta proyectándose tres metros adentro de la terraza superior, anclada por una pequeña columna de 1.20 m (muerto de anclaje), el detalle constructivo se puede observar en la figura 5.1.

Figura 5.1 Detalle especial de bajada de lixiviado en SOCINUS SEM.



Fuente: Plano hoja 15 de diseño del relleno sanitario.



Se proponen 3 lagunas de 12 x 12 metros de área, con taludes a 45° y una profundidad de 2 metros, con una altura útil de agua de 1.50 metros, lo que resulta de un volúmen de 138.75 m<sup>3</sup>, en condiciones de máxima demanda proporcionaría una capacidad de almacenamiento de 1.5 días, sin embargo durante el desarrollo del relleno su capacidad de almacenamiento estará entre los 3 y 7 días, lo que permitirá programar la recirculación de 2 a 3 veces por semana en época lluviosa a partir del año 15 de funcionamiento, pues al inicio el área de lixiviación es pequeña y la recirculación se programara de 2 a 4 veces al mes en época lluviosa.

### **Situación Actual:**

El relleno sanitario para el tratamiento de los lixiviados se realiza en base a un sistema de tuberías, que varían su diámetro dependiendo si es colector o secundaria que va de 4” a 10”, estas tuberías sirve para depositar los lixiviados producidos por los desechos sólidos depositados en el relleno sanitario, a tres lagunas, las cuales tienen dimensiones de 12x12 metros en forma de batea con taludes a 45°, con una altura útil de 1.50 metros y con canaletas en todo su perímetro, para evitar que se llenen de aguas lluvias.

Para el bajado de los lixiviados de terraza a terraza hay un detalle especial el cual es de una tubería vertical conectada a una caja de concreto en esta caja se conectan también con los colectores secundarios que drenan los lixiviados de las terrazas este detalle se esta ejecutando según lo proyectado.



Fotografía 5.1 Lagunas de lixiviados.



Fuente: Grupo de tesis.

Fotografía 5.2 Detalle de bajado de lixiviados de terraza a terraza.



Fuente: Grupo de tesis.

## Análisis del Diseño y Situación Actual.



Estudiando el diseño del relleno sanitario la parte del tratamiento de lixiviados, y comparando con la situación actual del relleno sanitario podemos decir que, se ha ejecutado la obra según lo diseñado para el drenaje de los lixiviados y el de la disposición de los lixiviados producidos por los desechos sólidos depositados en el relleno sanitario, se observo en la visita las 3 lagunas que se proyectaron para el tratamiento de los lixiviados por medio de la evaporación y recirculación como se observa en la fotografía 5.1.

También se observo que el detalle especial que se tenía para la bajada de los lixiviados de terraza a terraza se esta ejecutando según el diseño del relleno sanitario, este detalle ayuda a que los lixiviados de cada terraza se depositen en las lagunas de lixiviados, este detalle especial, asegura que la tubería no sea golpeada por los camiones y así prevenir que se de una fuga de lixiviados y estos se depositen en el suelo, este detalle se observa en la fotografía 5.2.

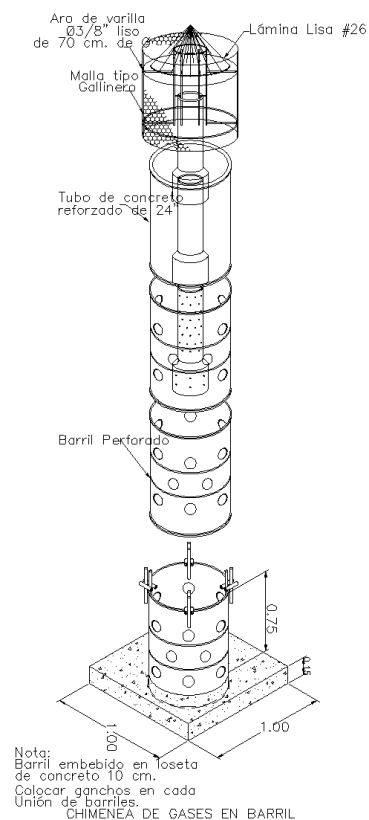
Las lagunas están protegidas por canaletas en todo su perímetro, esto es para prevenir que las lagunas sean llenadas por agua lluvia que son arrastradas por las pendientes naturales del terreno.

### 5.1.4 TRATAMIENTO DE GASES.

Diseño original.

El drenaje o captación de gases esta constituido por un sistema de ventilación con piedra en forma de chimenea con sección circular utilizando barriles de lámina de 200 litros perforados con orificios de 5 cm cada 15 cm y rellenos de piedra cuarta.

Figura 5.2 Detalle de Chimenea en SOCINUS SEM.



Fuente: Plano hoja 17 de diseño del relleno sanitario.

### **Situación actual:**

El relleno sanitario cuenta solamente para el tratamiento de gases con chimeneas de acuerdo a la norma que dice que el máximo de separación de cada chimenea es de 30 metros, pero en este relleno se encuentran a menor distancia y se pudo observar que las chimeneas se construyen en la misma celda para el drenaje del biogas.

Las cual su diseño es el de un barril de 200 litros de material de metal con orificios y estos barriles se llenan de piedra cuarta.

Fotografía 5.3 Chimenea de biogas.



Fuente: Grupo de tesis.



## **Análisis del Diseño y Situación Actual.**

Analizando el diseño original del relleno sanitario y comparándolo con la situación actual del drenaje del biogas producido por los lixiviados depositados en el relleno sanitario, por medio de las visitas se observó que el drenaje que se proyectó para el drenaje del biogas se está cumpliendo casi en un 100% ya que le falta al relleno sanitario es terminar las chimeneas ya que ciertas terrazas ya están finalizadas, a pesar de ello no se ha finalizado la chimenea ya que la colocación de los tres tubos de concreto de 10", el primero embebido en el último barril perforado y el último tubo de concreto con su sombrero de metal y malla metálica no se ha ejecutado.

### **5.1.5 OPERACIÓN EN EPOCA DE LLUVIAS.**

Diseño original.

En épocas de lluvia y/o invierno, dentro del diseño se tendrá una zona asignada a emergencia para facilitar la operación del relleno, además en estas épocas se contarán con lonas, plásticos, residuos provenientes de demoliciones, grava o residuos sólidos provenientes del barrido de calles para cubrir los residuos sólidos orgánicos y evitar la dispersión y arrastre de los mismos y que ocasionen daños a la ecología y a la salud pública.



### **Situación actual:**

En época de invierno el relleno toma medidas de prevención en las lagunas de lixiviados para no ocasionar derrames de lixiviados al terreno natural en el perímetro, la medida que toman es recircular los lixiviados por medio de un camión cisterna para hacer el riego de los lixiviados, que las lagunas contienen sobre las terrazas terminadas del relleno y así mantener un nivel adecuado en las lagunas de lixiviados y a la vez existe una evaporación que a la larga ayuda a no tener problema alguno.

### **Análisis del Diseño y Situación Actual.**

Comparando el diseño original del relleno sanitario, con la situación actual del relleno sanitario respecto a la parte de la operación del relleno sanitario en época de lluvia, se observo que la medida que toman prácticamente es el de la recirculación de los lixiviados para mantener un nivel adecuado en las lagunas de lixiviados, para que estas puedan soportar climas adversos, hasta recirculación se da por medio de un camión cisterna el cual riega los lixiviados en las terrazas que ya tienen su material de cobertura y así los lixiviados se evaporan y los que se filtran en el suelo se depositan nuevamente en las lagunas de lixiviados. Referente a las terrazas se toma la medida de bombear las aguas lluvias que se empozan en las zonas de las terrazas, estas se bombea hacia un drenaje natural y así estas aguas no se contaminen con los desechos sólidos depositados.



## **5.2ANALISIS DEL DISEÑO ORIGINAL VRS SITUACION ACTUAL DEL RELLENO SANITARIO ASINORLU.**

### **5.2.1 INGRESO DE DESECHOS SÓLIDOS.**

Diseño original.

En el sitio de disposición final no se permitirán el ingreso de personas que se dediquen a recuperar desechos en el frente de trabajo, por el riesgo a la salud que esto representa al andar sobre estos. No se permitirá que los desechos que ingresen en el sitio sean depositados en otro lugar que no sea el frente de trabajo para ser procesados a excepción de las llantas y/o aquellos que tengan autorización ambiental.

Situación actual:

El horario de la recepción de desechos sólidos, y la cobertura de la celda diaria del relleno sanitario ASINORLU es de lunes a sábado de las 8 am. A 4 pm, se observo que el relleno sanitario cuenta con personal para laborar en la pepena.

El relleno sanitario esta recibiendo desechos sólidos de 22 municipalidades de las cuales 9 son socios, el costo para los socios es de \$23.00 y para los no socios es de \$26.00, el relleno sanitario se diseño para procesar 50 ton/m<sup>3</sup> diarias actualmente esta procesando de 30 a 40 ton/m<sup>3</sup> diarias.



### **Análisis del Diseño y Situación Actual.**

Analizando el diseño original para el ingreso de los desechos sólidos, y comparándolo con la situación actual del relleno sanitario, podemos decir que las obras del proyecto se ejecutaron según el diseño ya que se vio una buena señalización, para indicar la velocidad máxima y la dirección a los motoristas de los camiones que legan a depositar los desechos sólidos, a la celda diaria habilitada.

Un aspecto que se da en el relleno sanitario, es que se permite personal laborar en la pepena a pesar de que en el diseño original del relleno sanitario, dice que no se permitirá pepenadores para borrar la imagen de botadero a cielo abierto que tiene la población, pero esto se da ya que ayuda a incrementar la vida útil del relleno sanitario, ya que esta actividad reduce el volúmen que se estabiliza en el relleno sanitario.





## 5.2.2 VIDA UTIL.

Analizando la vida útil del relleno sanitario, con los datos de la disposición de los desechos sólidos en el año 2008 se puede proyectar así tabla 5.3:

**Tabla 5.3 DATOS DE CÁLCULO.**

Población a servir año 2008 (9 Municipios)	53,731.507	hab
	100	%
Producción por persona por día ponderada	0.56	kg/hab/día
Tasa de crecimiento poblacional ponderada	3.1	%
Factor de material cobertura	1.25	
Factor de área adicional (zona de retiro y accesos)	2.51	
Densidad de desechos compactados en el relleno	0.55	ton/m <sup>3</sup>
Densidad de desechos estabilizados en el relleno	0.75	ton/m <sup>3</sup>
Tasa de crecimiento de producción de desecho hab/día/año	1	%

Fuente: Grupo de tesis.

Con el diseño propuesto originalmente se llena el relleno sanitario en 18 años aproximadamente que indica que se depositaran, 163,995.5 toneladas de desechos sólidos.

Con los desechos depositados a partir del mes de julio de 2008 hasta diciembre de 2008 que son 1614.35 toneladas quedando una capacidad para depositar desechos sólidos de 162,381.15 toneladas, con este dato se puede proyectar la vida útil del relleno sanitario como se ve en la tabla 5.4.

Tabla 5.4 Calculo de Vida útil del relleno sanitario.

AÑO	HAB.	PPC kg/hab/día	CANTIDAD DE DESECHOS			VOLÚMEN DE DESECHOS SÓLIDOS (m <sup>3</sup> )				
			Diaria (kg)	Anual (ton)	Acumulada (ton)	Compactados		Estabilizados por año	Rellenos Anual	
						Diario	Anual		(Ds + MC )	Acumulado
1	53,731.5	0.560	30,089.6	10,982.7	10,982.7	54.7	19,968.6	14,643.6	18,304.5	18,304.5
2	55,397.2	0.566	31,332.6	11,436.4	22,419.1	57.0	20,793.5	15,248.6	19,060.7	37,365.2
3	57,114.5	0.571	32,627.0	11,908.9	34,328.0	59.3	21,652.5	15,878.5	19,848.1	57,213.3
4	58,885.0	0.577	33,974.8	12,400.8	46,728.8	61.8	22,546.9	16,534.4	20,668.0	77,881.3
5	60,710.5	0.583	35,378.3	12,913.1	59,641.9	64.3	23,478.3	17,217.4	21,521.8	99,403.1
6	62,592.5	0.589	36,839.8	13,446.5	73,088.4	67.0	24,448.2	17,928.7	22,410.9	121,814.0
7	64,532.9	0.594	38,361.7	14,002.0	87,090.4	69.7	25,458.2	18,669.3	23,336.7	145,150.7
8	66,533.4	0.600	39,946.4	14,580.4	101,670.8	72.6	26,509.9	19,440.6	24,300.7	169,451.4
9	68,595.9	0.606	41,596.6	15,182.7	116,853.6	75.6	27,605.0	20,243.7	25,304.6	194,756.0
10	70,722.4	0.612	43,314.9	15,809.9	132,663.5	78.8	28,745.3	21,079.9	26,349.9	221,105.9
11	72,914.8	0.619	45,104.2	16,463.1	149,126.6	82.0	29,932.8	21,950.7	27,438.4	248,544.3

Fuente: Grupo de tesis.



Con los datos obtenidos de la tabla 5.4 podemos decir que el relleno sanitario estaría teniendo una vida útil de 11 años y medio que sería 6.5 años menos que la que se proyectó al principio del proyecto esto es debido a que el relleno sanitario está recibiendo más desechos sólidos de lo que se había proyectado.

Esto se dio debido al cierre técnico que se dio de los botaderos a cielo abierto, esto produjo que las municipalidades que no contaban con relleno sanitario buscaran una municipalidad cercana que contara con el servicio de relleno sanitario.

## 5.2.2 TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS.

Diseño original.

Los lixiviados que han sido transportados por el sistema de recolección de lixiviados. La laguna cuenta con dos aireadores para proveer tratamiento biológico.

Descripción:

- La laguna de lixiviados tiene una capacidad de almacenamiento de  $9,361.99 \text{ m}^3$

En el costado poniente se encuentra la conexión al pozo donde están las bombas del sistema de recirculación, para lo cual se utiliza una tubería de 8" y está colocada a 60 cm del fondo de la laguna.

Situación actual:

- El La laguna de lixiviados tiene una capacidad de almacenamiento de  $9,361.99 \text{ m}^3$
- El relleno sanitario tiene dos sistema de tuberías para la recolección de lixiviados el central que es la que capta la mayor parte de lixiviados ya que esta recoge todo los lixiviados que el otro ramal de tubería recolecta. A este sistema le dominan comúnmente la espina de pescado.
- En el costado poniente se encuentra la conexión al pozo donde están las bombas del sistema de recirculación, para lo cual se utiliza una tubería de 8” y esta colocada a 60 cm del fondo de la alguna.

Fotografía 5.4 Laguna de lixiviado.



Fuente: Grupo de tesis.



## **Análisis del Diseño y Situación Actual.**

Comparando el diseño original del relleno sanitario para el tratamiento de los lixiviados producidos por los desechos sólidos depositados en el relleno sanitario, con la situación actual, por medio de la visita se recorrió el relleno sanitario para observar y consultar con el encargado del funcionamiento del relleno sanitario, podemos decir que el relleno sanitario en este aspecto importante del relleno sanitario para no generar un impacto ambiental negativo, las obras proyectadas para el tratamiento de los lixiviados se ejecutaron al 100%.

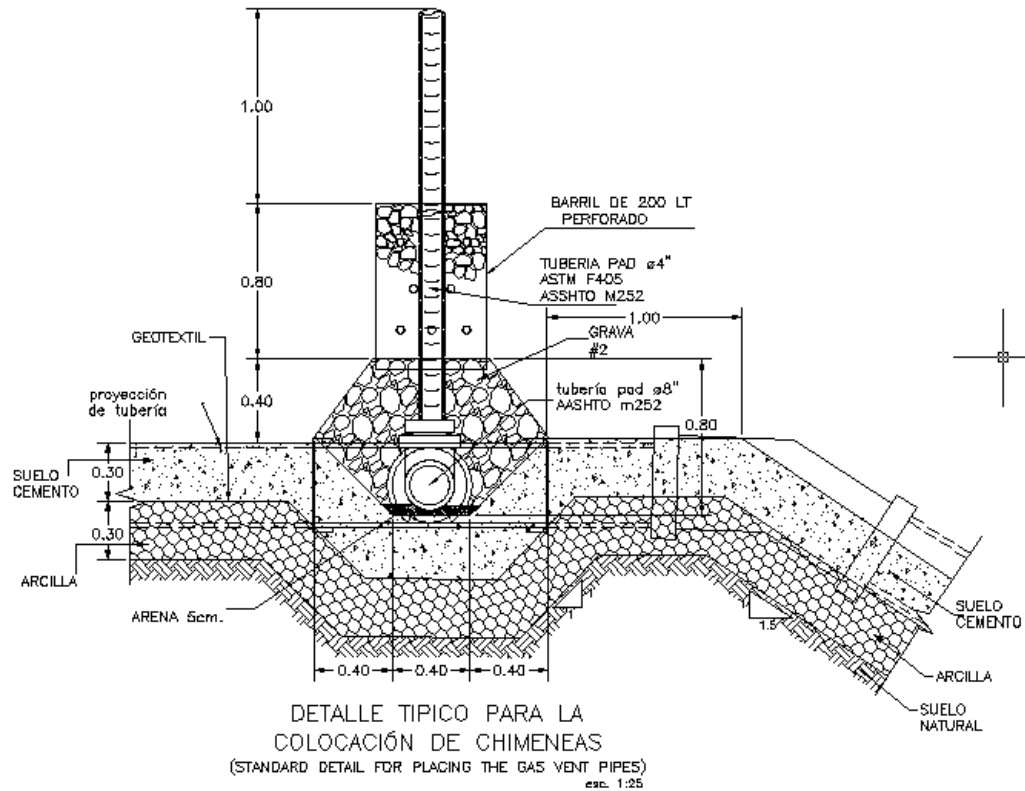
Como podemos ver en la fotografía 5.4, la laguna de lixiviado cuenta con los aireadores que se proyectó, estos ayudan a que los lixiviados tengan una mayor cantidad de oxígeno y así no se produzca vida orgánica en la superficie de los lixiviados.

### **5.2.4 TRATAMIENTO DE GASES:**

Diseño original.

Las chimeneas de gas instaladas verticalmente permiten la salida de gases generados en la descomposición de los desechos (venteo de gas pasivo). Las chimeneas funcionan también para introducir aire a los desechos y ayudar al sistema semi aeróbico. Las chimeneas se instalarán desde el fondo del terreno (preferentemente conectadas a la tubería de lixiviados) hasta el nivel final construyéndose a medida se avanza en altura.

Figura. 5.3 Detalle de chimenea en ASINORLU.-



Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento para el Relleno Sanitario de ASINORLU.

Situación Actual:

El relleno sanitario cuenta con un sistema para drenar el biogas producido por los desechos sólidos depositados en el relleno sanitario el cual consiste en utilizar la tubería de recolección de lixiviados y construir chimeneas en un radio menor de 30 metros, el diseño de las chimeneas es el siguiente, consta de barril de metal con orificio, en medio lleva una tubería la cual tiene orificio y el barril se llena con piedra cuarta y su función es de actuar como filtro para que no se obstruya la tubería por donde se drena el biogas.

Fotografía 5.5 Vista de Chimenea finalizada.



Fuente: Grupo de tesis.

### **Análisis del Diseño y Situación Actual.**

El relleno sanitario ASINORLU del departamento de La Unión, para el drenaje del biogas producido por los desechos sólidos depositados en el relleno sanitario es el de chimeneas, se observa que han ejecutado la obra según el diseño de las chimeneas, el cual es el de un barril con orificios y al centro del barril la tubería perforada y llenado el barril con piedra cuarta.

Por medio de las visitas se observó que el sistema de drenaje del biogas está funcionando adecuadamente, estas chimeneas ayudan a que el sistema semi-aeróbico



funcione según lo proyectado ya que estas chimeneas también promocionan oxígeno a los desechos sólidos.

### 5.2.5 OPERACIÓN EN EPOCA DE LLUVIAS.

Diseño original.

Para la formación de celdas en época de lluvia se debe considerar lo siguiente:

- f) Cuando se presentan lluvias de alta intensidad sobre el frente de trabajo, el agua acumulada debe ser bombeada hacia los canales de agua lluvia o fuera del sitio, antes de proceder a la descarga de desechos sólidos.
- g) Esparcir y compactar los desechos por la mañana o aprovechar cuando las lluvias han disminuido.
- h) Si las lluvias no permiten dar cobertura a los desechos hacerlo el siguiente día, dejando solamente conformada la celda al final de la jornada.
- i) Mantener un acopio del material de cobertura protegido con plástico.
- j) Remover cualquier acumulación de agua lluvia sobre las superficies rellenas, dentro de un período no mayor a 24 horas, después de haber identificado el problema.





### Situación actual:

En época de invierno el relleno toma medidas para que las labores del relleno sanitario no se vean afectas por las lluvias las cuales son: darle un mantenimiento periodito a las canaletas que desvían las aguas lluvias de las celdas y la laguna de lixiviado ya que en estas canaletas se acumula tierra por el deslizamiento de tierra que producen las aguas lluvias.

La otra medida es la que toman con el material de cobertura, la medida consiste en acopiar material de cobertura y aislar este materia ya que si el materia de cobertura se satura de agua lluvia este no serviría para realizar la actividad de darle cobertura a la celda diaria trabajada.

También utilizan dos bombas para la recirculación de los lixiviados de la laguna ya que así controlan la altura efectiva de la laguna y también aprovechan la vaporación de lixiviados a la hora de regar los lixiviados en las celdas y la que no se evapora se deposita nuevamente a la laguna de lixiviado.

Fotografía 5.6 Sistema para recirculación de lixiviados.



Fuente: Grupo de tesis.

### **Análisis del Diseño y Situación Actual.**

Podemos ver que en el diseño original para la operación en época de lluvia, dice que se tiene que hacer un acopio de material para la cobertura de los desechos sólidos depositados en el relleno sanitario, como también dar bombeo a las aguas lluvias acumuladas en el área de trabajo para que estas no se contaminen a la hora de depositar los desechos sólidos, por medio de las visitas observamos que se esta ejecutando el diseño que se proyecto para la operación en época de invierno para el relleno sanitario.

Ya que el relleno sanitario esta funcionando en optimas condiciones a pesar de la época de invierno. Otra medida que toma es recircular los lixiviados de la laguna por medio de mangueras como se observa en la fotografía 5.6.



## **5.3 ANALISIS DEL DISEÑO ORIGINAL VRS SITUACION ACTUAL DEL RELLENO SANITARIO ASIGOLFO.**

### **5.3.1 INGRESO DE DESECHOS SÓLIDOS.**

Diseño original:

El horario de operación el relleno sanitario se establecerá de acuerdo con el horario del sistema de recolección de los residuos sólidos, usualmente un relleno está en servicio de cinco a seis días a la semana y de ocho a diez horas por día.

Un buen señalamiento en los caminos agilizará la disposición de los residuos, evitará accidentes y congestión, elevando la eficiencia de la disposición.

La localización de las celdas del relleno deberá estacarse para identificar los límites de las mismas. La elevación del nivel de los residuos y de la altura de material de cubierta (tierra) deberá darse también sobre el estacado.

Situación actual:

En esta parte no se puede mencionar nada ya que el relleno sanitario no estaba en funcionamiento pero sí se pudo observar que en el relleno se encontraban desechos sólidos esparcidos en el sitio sin tratarlos.

Fotografía 5.7 Desechos a la intemperie en el relleno sanitario.



Fuente: Grupo de tesis.

Fotografía 5.8 Desechos a la intemperie en el relleno sanitario.



Fuente: Grupo de tesis.



## **Análisis del Diseño y Situación Actual.**

Bueno comparando el diseño del relleno sanitario con la situación actual, podemos decir que en primer lugar el relleno sanitario no se encuentra en operación ya que debido a ineficiencia de algunos aspectos del relleno sanitario, las comunidades aledañas bloquearon el paso al relleno sanitario, ya que ellos dicen que el relleno sanitario no esta funcionando adecuadamente, ya que se han dado casos de enfermedades en la población, los malos olores que el relleno sanitario produce es irresistible, debido a que el tratamiento que le dan a los desechos sólidos no es el adecuado o como se proyecto que seria el manejo en el relleno sanitario. los problemas que llevaron al relleno sanitario a un mal funcionamiento los estudiaremos mas adelante. La señalización del relleno sanitario se puede decir que es lo mejor que el relleno sanitario tiene.

### **5.3.2 TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS.**

Diseño original:

La superficie del relleno no necesitara impermeabilización ya que el suelo natural alcanza una tasa de permeabilidad de  $1.15 \times 10^{-6}$  cm/s y  $3.6 \times 10^{-7}$  cm/s, las terrazas tendrán una pendiente de 2% drenando hacia dentro para conducir los lixiviados a los drenajes y evitar encharcamientos, lo anterior contribuye a brindar mayor estabilidad de las terrazas.



Los lixiviados serán tratados por un juego de tres lagunas de estabilización con un tiempo de retención de 2 a 5 días, al final en la tercera laguna se mantendrá un control para que esta no supere una altura de 1.50 m, pues al llegar a este nivel esta será vaciada a través de una bomba achicadora que llenará un camión cisterna de 8 m<sup>3</sup>, el cual en 6 horas podrá extraer 32 m<sup>3</sup> de lixiviados que rociará sobre las celdas terminadas del relleno, dicho proceso se conoce como recirculación.

Situación actual:

En el tratamiento de lixiviado, el relleno sanitario cuenta con tres pilas para la captación de lixiviados producidos por los desechos sólidos depositados en el relleno sanitario, como también con la maquinaria para la recirculación de los lixiviados.

Por lo observado en a visita no se tenía un control adecuado ya que las pilas estaban saturadas de agua lluvia y anteriormente se ocasionaron rebalse de las pilas de lixiviados debido a no tener un buen sistema para la recirculación de los lixiviados y estos se depositaban a una quebrada que se encuentra cerca de las pilas de lixiviados.

Fotografía 5.9 Pilas de lixiviados en época de invierno.



Fuente: Grupo de tesis.

Fotografía 5.10 Pilas de lixiviados en época de invierno.



Fuente: Grupo de tesis.



## **Análisis del Diseño y Situación Actual.**

Observando el diseño original del relleno sanitario, y comparándolo con la situación actual podemos decir que el problema que el relleno sanitario tubo con el manejo de los lixiviados producidos por los desechos sólidos depositados en el relleno sanitario, es de la mala organización a la hora de programar la recirculación de los lixiviados y es por ello que las pilas tuvieron desbordamiento en época de invierno, ya que no se proyecto una altura optima de las pilas de lixiviados, para prevenir un desbordamiento en un invierno o una lluvia copiosa, y así evitar contaminar las aguas cercanas y subterráneas, al relleno sanitario.

### 5.3.3 TRATAMIENTO DE GASES.

Diseño original.

El drenaje o captación de gases estará constituido por un sistema de ventilación con piedra en forma de chimenea con sección circular utilizando barriles de lámina de 200 litros perforados con orificios de 5 cm cada 15 cm y rellenos de piedra cuarta.

Estas chimeneas se construyen en forma vertical a medida que avanza el relleno, estarán ubicadas a cada 30 metros. Al final de las chimeneas se colocará un tubo de concreto que saldrá a la superficie al menos 60 cm, el cual estará sellado con tierra y solo dejara





pasar un tubo de concreto con el cual se extraerá el gas. Ver detalle en el juego de planos.

El extremo de las chimeneas estará compuesto por tres tubos de concreto de 10”, el primer tubo estará perforado y embebido en el último barril perforado antes de la capa de tierra de sello final y luego saldrá a la superficie mediante los otros 2 tubos de concreto que no serán perforados y todos se rellenarán de piedra de 5 cm o grava # 2, en su extremo (tendrá una altura no mayor de 1.40 m) se le colocará un sombrero de metal rodeado con malla metálica para evitar la introducción de agua y el contacto directo con la chimenea, ya que el gas se extraerá con el fin de quemarlo, eliminando así los efectos de olores y la creación de contaminantes secundarios.

Situación actual:

En el tratamiento del biogas que se genera por los desechos sólidos depositados en el relleno sanitario se observo que el sistema para drenar el biogas es por medio de chimeneas, pero por medio de las visitas se observo que dichas chimeneas estaban en un 50% de su construcción.

Fotografía 5.11 chimenea de biogas.



Fuente: Grupo de tesis.

### **Análisis del Diseño y Situación Actual.**

Este aspecto del relleno sanitario es otro de los cuales ocasiono el cierre del relleno sanitario, ya la obra de las chimeneas no se estaba ejecutando según el diseño del relleno sanitario, como se observo en las visitas al relleno sanitario.

Este componente del relleno sanitario es uno de los importantes, ya que las chimeneas son las que drenan el biogas producido por los desechos sólidos depositados en el relleno sanitario, si el relleno no cuenta con esta obra, en un cien por ciento, el relleno



sanitario y los lugares vecinos al relleno sanitario corren peligro ya que el biogas se esta almacenando en el sitio dl relleno sanitario y esto puede producir explosión al no poder drenar el biogas a la atmósfera.

#### 5.3.4 OPERACIÓN EN EPOCA DE LLUVIAS.

Diseño original:

En épocas de lluvia y/o invierno, dentro del diseño se tendrá una zona asignada a emergencia para facilitar la operación del relleno, además en estas épocas se contarán con lonas, plásticos, residuos provenientes de demoliciones, grava o residuos sólidos provenientes del barrido de calles para cubrir los residuos sólidos orgánicos y evitar la dispersión y arrastre de los mismos y que ocasionen daños a la ecología y a la salud pública.

Estas condiciones deben ser previstas por tanto los trabajos de terracería y construcción de canaletas provisionales deben hacerse en época seca y además es necesario tomar las siguientes previsiones:

- Reservar algunas áreas en los lugares menos afectados por las lluvias, con accesos conservados para operar en las peores condiciones, esta zona se denomina zona de emergencia.



- Aprovechar los escombros, producto de la demolición de viejas construcciones para conformar y mantener algunas vías internas.
- Durante uno o varios días en la semana reforzar la mano de obra, con una cuadrilla de dos o tres trabajadores más, para mantener el relleno en buenas condiciones mientras subsistan los factores adversos.

Programar el movimiento de tierra para los períodos secos, ya sea para la extracción del material de cobertura como para la apertura de terrazas o las trincheras, dejando para la época de lluvias sólo el enterramiento de la basura.

#### Situación actual:

Durante las visitas programadas al relleno sanitario no se observó ningún método para la operación en época de lluvia, como los es el acopio de material para la cobertura de celda diaria, el mantenimiento periódico de las canaletas perimetrales para que no se obstruyan de material arrastrado por las lluvias, la recirculación de lixiviados para mantener el nivel óptimo de las pilas de lixiviado ya que esto ayuda a prevenir un desbordamiento en lluvias copiosas.

Ya que el relleno no se encontraba en funcionamiento y básicamente el relleno se había convertido en un botadero a cielo abierto.

Fotografía 5.12 Situación Actual del relleno sanitario.



Fuente: Grupo de tesis.

Fotografía 5.13 Situación Actual del relleno sanitario.



Fuente: Grupo de tesis.

En las fotografías 5.12 y 5.13 podemos ver en que condiciones se encuentra el relleno sanitario, por el motivo del cierre de los pobladores, que se encuentran en protesta por el mal funcionamiento del relleno sanitario.



### **Análisis del Diseño y Situación Actual.**

En esta parte de la operación del relleno sanitario, no podemos dar un análisis adecuado ya que el relleno sanitario no se encontraba en funcionamiento, en las visitas programadas, ya que tenían un periodo de no funcionar por el boqueo que las comunidades vecinas hicieron para que el relleno sanitario ya recibiera desechos sólidos de las municipalidades y particulares.

Se observó un escenario en el relleno sanitario como, si fuera un botadero a cielo abierto, esto debido a que el relleno sanitario no se encontraba en operación.

## **5.4 ANALISIS DEL DISEÑO ORIGINAL VRS SITUACION ACTUAL DEL RELLENO SANITARIO DE SAN MIGUEL.**

### **5.4.1 INGRESO DE DESECHOS SÓLIDOS.**

Diseño original:

El horario de operación del relleno sanitario se establecerá de acuerdo con el horario del sistema de recolección de los residuos sólidos, usualmente un relleno está en servicio de cinco a seis días a la semana y de ocho a diez horas por día.

El horario deberá colocarse a la entrada del relleno y se indicará el tipo de residuos permisibles a la entrada. Además de advertir que no se admiten pepenadores pues esto es fundamental para un Relleno Sanitario, pues debe borrar la imagen de lo que se tiene de



un botadero a cielo abierto además de lo peligroso que es estar en un relleno con la operación constante de un tractor el cual se concentra en acomodar la basura en capas, compactándola y cubriéndola con tierra, por lo que la presencia de personal alrededor puede ocasionar un accidente lamentable.

Un buen señalamiento en los caminos agilizará la disposición de los residuos, evitará accidentes y congestión, elevando la eficiencia de la disposición.

Situación actual:

El horario de funcionamiento del relleno sanitario de San Miguel es de lunes a sábado de las 7 am. a 4 pm. El relleno comienza a funcionar a las siete de la mañana por los camiones recolectores de la alcaldía de San Miguel ya que ellos realizan sus labores a tempranas horas de la mañana, el relleno sanitario deja de recibir desechos sólidos hasta las dos de la tarde ya que las dos horas restante son para darle la cobertura a la celda trabajada.

En el relleno sanitario se observan pepenadores, los cuales están equipados con casco guantes y botas. El relleno sanitario, esta diseñado y tiene un permiso solamente para disponer desechos domiciliarios y del comercio formal e informal, pero no están autorizados para disponer desechos bio-infecciosos. La Arquitecta Alemán menciona que un área esta destinada para el tratamiento de los desechos bio-infecciosos hospitalarios que produce toda la zona oriental del país el sistema que se utilizara esta en estudio.



Lo que no se pudo observar en el relleno sanitario es una buena señalización, para que la operación del relleno sanitario sea más eficiente.

### **Análisis del Diseño y Situación Actual.**

El relleno sanitario en el ingreso de desechos sólidos, por medio de las visitas se constato que si esta cumpliendo con el diseño que se proyecto ya que a la hora de llegar los camiones a depositar los desechos sólidos recolectados el primer paso, es pasar por la bascula tipo puente para que se calcule el peso con el cual llega el camión, luego pasa a la celda diaria habilitada pero no hay un auxiliar que de las indicaciones al motorista para indicarle donde esta ubicada la celda diaria habilitada, y el relleno sanitario no cuenta con una señalización interna para ser mas eficiente el relleno sanitario.

En el relleno sanitario se observo personal laborando en la pepena, a pesar que en el diseño original del relleno sanitario se prohíbe la pepena ya que esto ayuda a que se pierda la imagen de botadero a cielo abierto, pero este personal ayuda a la vida útil del relleno sanitario ya que esta actividad disminuye entre el 20 y 30% del volúmen de desechos sólidos a tratar en el relleno sanitario.

Este personal esta equipado con casco, guante, uniforme y botas, este equipo mínimo ayuda a prevenir que el personal se contagie con enfermedades, este personal de contratado por los administradores del relleno sanitario, este personal labora para una empresa privada.





## 5.4.2 VIDA UTIL.

Analizando la vida útil del relleno sanitario, con los datos de la disposición de los desechos sólidos en el año 2008 se puede proyectar así tabla 5.5:

**Tabla 5.5 DATOS DE CÁLCULO.**

Población a servir	275807	hab
	100	%
Producción por persona por día ponderada	.60	kg/hab/día
Tasa de crecimiento poblacional ponderada	3.1	%
Factor de material cobertura	1.25	
Factor de área adicional (zona de retiro y accesos)	2.51	
Densidad de desechos compactados en el relleno	0.50	ton/m <sup>3</sup>
Densidad de desechos estabilizados en el relleno	0.70	ton/m <sup>3</sup>
Tasa de crecimiento de producción de desecho hab/día/año	1	%

Fuente: Grupo de tesis.

Con el diseño propuesto se llena en 5 años y medio aproximadamente que indica que se depositaran, 246,407.39 toneladas de basura.

Con los desechos depositados a partir del mes de octubre del año 2008 al mes de diciembre del 2008 que es de 14,486.00 toneladas quedando una capacidad para depositar desechos sólidos de 231,921.39 toneladas, con este dato se puede proyectar la vida útil del relleno sanitario como se ve en la tabla 5.6.

Con los datos obtenidos de la tabla 5.6 podemos decir que el relleno sanitario estaría teniendo una vida útil de 5 años y tres meses que sería tres meses menos que la que se



proyecto al principio del documento esto es debido a que el relleno sanitario esta recibiendo mas desechos sólidos de lo que se había proyectado.

Esto se dio debido al cierre técnico que se dio de los botaderos a cielo abierto, esto produjo que las municipalidades que no contaban con relleno sanitario buscara una municipalidad cercana que contara con el servicio de relleno sanitario.

Referente al diseño original se da un aspecto que no se cumple con uno de los, requisitos mínimos para Relleno Sanitario Mecanizado, en cual dice que la vida útil de un relleno mecanizado debe ser superior a 10 años, y en este caso del relleno sanitario de san miguel no se esta cumpliendo dicho requisito. Esto esta en el anexo del **decreto 42 REGLAMENTO ESPECIAL SOBRE EL MANEJO INTEGRAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS.**

Tabla 5.6 Calculo de Vida útil del relleno sanitario.

AÑO	HAB.	PPC kg/hab/día	CANTIDAD DE DESECHOS			VOLÚMEN DE DESECHOS SÓLIDOS (m <sup>3</sup> )				
			Diaria (kg)	Anual (ton)	Acumulada (ton)	Compactados		Estabilizados por año	Rellenos Anual	
						Diario	Anual		(Ds + MC )	Acumulado
1	275,807.0	0.600	165,484.2	60,401.7	60,401.7	331.0	120,803.5	86,288.2	107,860.2	107,860.2
2	284,357.0	0.606	172,320.4	62,896.9	123,298.7	344.6	125,793.9	89,852.8	112,315.9	220,176.2
3	293,172.1	0.612	179,438.9	65,495.2	188,793.9	358.9	130,990.4	93,564.6	116,955.7	337,131.9
4	302,260.4	0.618	186,851.5	68,200.8	256,994.7	373.7	136,401.6	97,429.7	121,787.2	458,919.1
5	311,630.5	0.624	194,570.4	71,018.2	328,012.9	389.1	142,036.4	101,454.5	126,818.2	585,737.2

Fuente: Grupo de tesis.



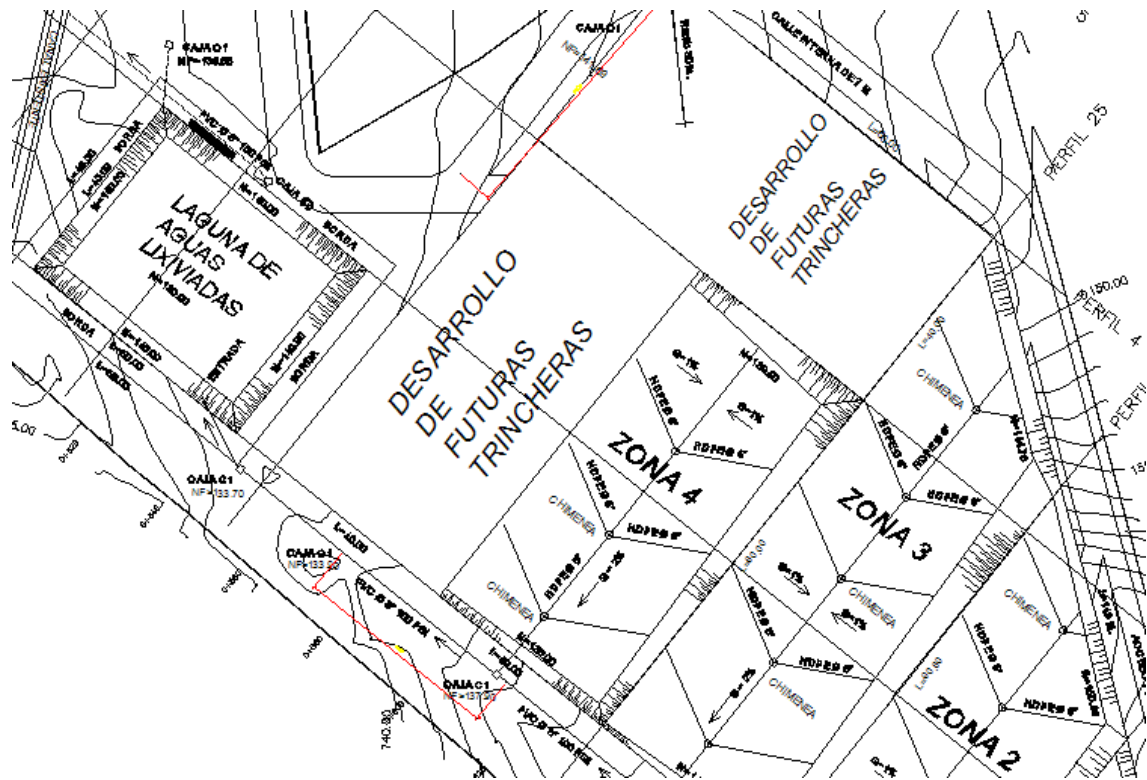
### 5.4.3 TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS.

Diseño original:

Recolección y colector de aguas lixiviadas; cada una de las 12 zonas de disposición de desechos sólidos se colocara una serie de tuberías del tipo HDPE de 6” y 8” con agujeros; tendrá la forma de espina de pescado, cuyos ramales serán de 6” y la tubería principal de 8”, la pendiente será del 2% hacia una caja afuera de cada zona de disposición, donde se colocara una tubería de PVC 8” de 100 psi sanitaria que conducirá las aguas lixiviadas de cada zona hasta la laguna de tratamiento, conectada con cajas hasta llegar a dicha laguna, cuya entrada será simple sobre el talud. Cuando exista un rebose de las aguas de la laguna; situación que eventualmente podría ocurrir durante largos periodos de lluvia, serán captados en una caja colectora, desde donde se procederá a su recirculación sobre las celdas, la capa de cobertura y mejorando de esta manera el proceso de evaporación. Estas características de la tubería no aplican en la ampliación de la celda 1.

La laguna para tratar biológicamente las aguas lixiviadas: la laguna tendrá dimensiones de 60 por 40 metros medidas sobre el terreno natural; perimetralmente se colocara una borda para protegerlas de inundaciones de agua lluvias. Ya que el suelo es muy estable, se recomienda también taludes con una pendiente 1 a 2 (horizontal a vertical).

Figura 5.4 Diseño del drenaje de lixiviados de SAN MIGUEL.



Fuente: Planos de diseño de relleno sanitario.

En la figura 5.4 podemos ver la forma que tendrá el drenaje de lixiviados.

Situación actual:

El tratamiento de los lixiviados se realiza en base a un sistema de tuberías que varían su diámetro dependiendo si es colector o secundaria, esta tubería sirve para depositar los lixiviados producidos por los desechos sólidos depositados en el relleno sanitario, a una laguna, la cual tiene una dimensión de 60 x 40 metros, con una altura útil

de 3.0 metros y con canaletas en todo su perímetro, para evitar que se llene de aguas lluvias.

El sistema que se diseñó en el relleno sanitario está trabajando en óptimas condiciones ya que no se observan charcos de lixiviados y la impermeabilización del terreno para comenzar a trabajar en la primera terraza, se llevó con éxito ya que se observó en la tubería que deposita los lixiviados a la laguna no se ve que esté contaminada con restos de desechos sólidos o lodos.

Fotografía 5.14 Laguna de lixiviado.



Fuente: Grupo de tesis.



En la figura 5.14 podemos ver la tubería que deposita los lixiviados recolectados por las tuberías secundarias instaladas en las celdas para la disposición de los desechos sólidos, en la laguna de lixiviado.

### **Análisis del Diseño y Situación Actual.**

El diseño original del relleno sanitario, contempla para el drenaje de los lixiviados producidos por los desechos sólidos depositados en el relleno sanitario, que se instalaran tuberías perforadas de 6”, su función será de recolectar los lixiviados, esta tubería se instalara en forma de espina de pescado, como también contara con tuberías de 8” que serán los colectores principales los cuales no serán perforado ya que su función solo es de depositar los lixiviados recolectado por las tuberías secundarias.

El drenaje de los lixiviados se esta ejecutando según el diseño del relleno sanitario.

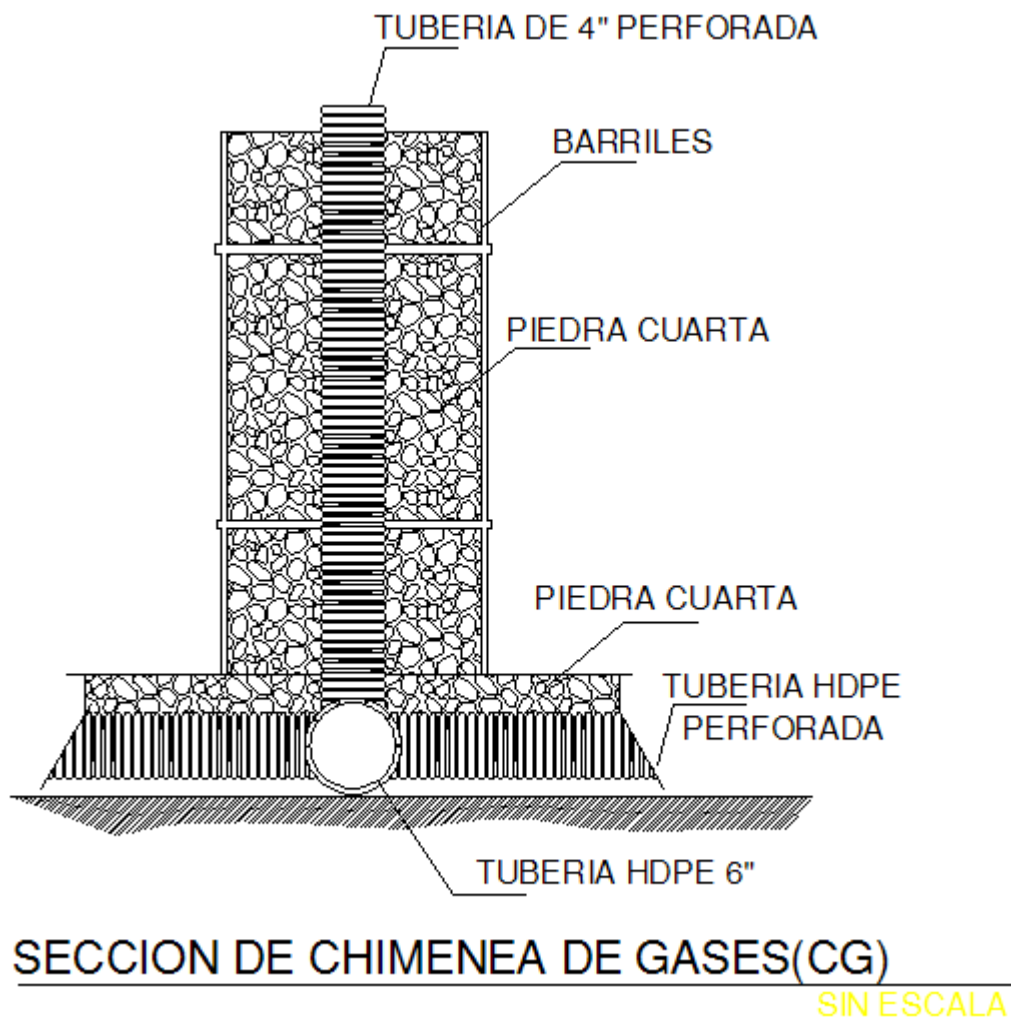
#### **5.4.4 TRATAMIENTO DE GASES.**

Diseño original:

El drenaje o captación de gases esta constituido por un sistema de ventilación con piedra en forma de chimenea con sección circular utilizando barriles de lámina de 200 litros perforados con orificios de 5 cm cada 15 cm y rellenos de piedra cuarta.

Estas chimeneas se construyen en forma vertical a medida que avanza el relleno, estarán ubicadas a cada 30 metros. Al final de las chimeneas se colocara un T.

Figura 5.5 Detalle de Chimenea de SAN MIGUEL.



Fuente: Planos de diseño de relleno sanitario.

Situación actual:



El relleno sanitario cuenta solamente para el drenaje del biogases con chimeneas de acuerdo a la norma que dice que el máximo de separación de cada chimenea es de 30 metros, pero en este relleno se encuentran a menor distancia y se pudo observar que las chimeneas utilizan la tubería para los lixiviados.

Fotografía 5.15 Vista de Chimenea al inicio de una celda.



Fuente: Grupo de tesis.

En la fotografía 5.15 podemos ver el inicio de una celda para la disposición final de los desechos sólidos, también podemos ver la iniciación de la chimenea la cual desempeñara la función de drenar el biogas producido por los desechos sólidos.



### **Análisis del Diseño y Situación Actual.**

Estudiando el diseño original para las chimeneas del relleno sanitario, y comparándolo con la ejecución actual, podemos decir que se está ejecutando según el diseño proyectado, que es el de barril de 200 litros perforado con orificios de 5 cm espaciados a 15 cm, al centro una tubería perforada y llenado de piedra cuarta el barril de 200 litros, la función de la piedra cuarta es funcionar como filtro para la tubería por donde se drenará el biogás producido por los desechos sólidos depositados en el relleno sanitario.

#### **5.4.5 OPERACIÓN EN EPOCA DE LLUVIAS.**

Diseño original:

En épocas de lluvia y/o invierno, dentro del diseño se tendrá una zona asignada a emergencia para facilitar la operación del relleno, además en estas épocas se contarán con lonas, plásticos, residuos provenientes de demoliciones, grava o residuos sólidos provenientes del barrido de calles para cubrir los residuos sólidos orgánicos y evitar la dispersión y arrastre de los mismos y que ocasionen daños a la ecología y a la salud pública.

Situación actual:

En época de invierno el relleno toma medidas de prevención en la laguna de lixiviado para no ocasionar derrames de lixiviados al terreno natural en el perímetro, la medida que toman es recircular los lixiviados por medio de una bomba achicadora para hacer el riego de los lixiviados que la laguna contiene, sobre las terrazas terminadas del relleno y así mantener un nivel adecuado en la laguna de lixiviados, esta medida también da como efecto la evaporación.

Fotografía 5.16 Auxiliar laborando en la recirculación de lixiviados.



Fuente: Grupo de tesis.

En la fotografía 5.16 podemos observar un auxiliar laborando en la recirculación de lixiviados, por medio de una manguera flexible con la ayuda de una bomba achicadora ubicada en la laguna de lixiviados.



### **Análisis del Diseño y Situación Actual.**

Las medidas que se toman en la época de lluvia se están ejecutando según el diseño original, ya que se observó que se le da la recirculación a los lixiviados por medio de una bomba achicadora y el uso de mangueras, que están depositados en la laguna de lixiviados, pero la recirculación no es la adecuada ya que se crean charcos de lixiviados y es no es recomendable ya que esto ocasionan focos de enfermedades, ya que estos servirían como criadero de zancudos y concentración de insectos.

Esto se da por una mala organización para la recirculación de lixiviados ya que se observó que la laguna estaba alcanzando la altura útil.



## CONCLUSIONES.

- Con la investigación, se verifico que la vida útil de los rellenos sanitarios no depende de lo proyectado en su diseño, ya que la vida útil de un relleno depende de la cantidad de desechos que se depositen diariamente y de que están constituidos los desechos sólidos.
- Para un funcionamiento eficiente del relleno sanitario, es necesario que cuente con una buena planificación, para tratar los desechos sólidos que se depositan diariamente y así evitar que el relleno sanitario se convierta en botadero a cielo abierto. Un relleno sanitario depende mucho, de la cobertura diaria, ya que este elemento ayuda a que el relleno sanitario no tenga un aspecto de botadero a cielo abierto.
- La eficiencia del relleno sanitario depende mucho de la operabilidad que ejecutan los encargados y la maquinaria con la que cuenta el relleno sanitario.
- Esta medida que tomo el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, fue la mejor para el país, ya que un relleno sanitario, ayuda a perder la imagen de un botadero a cielo abierto y los impactos negativos que genera el relleno sanitario con la tecnología se puede desminuir el impacto ambiental negativo hasta llegar a un mínimo aceptable.



- No todas las municipalidades, cuentan con camiones adecuados para transportar los desechos sólidos al relleno sanitario y esto afecta en la operabilidad del relleno sanitario.
- El relleno sanitario de San Miguel, ha venido a mejorar el nivel de vida de los pobladores de la zona, debido a que en su diseño se contempló la adecuación del terreno en donde actualmente le dan el tratamiento a los desechos sólidos y que anteriormente existía el botadero a cielo abierto de la municipalidad de San Miguel el cual generaba una gran contaminación en la zona.
- El relleno sanitario de ASINORLU, es el que mejor tratamiento le da a los lixiviados generados por la descomposición de los desechos sólidos, sobretodo en época de invierno que es cuando se presenta el problema del llenado de las lagunas con aguas lluvias.
- El relleno sanitario SOCINUS SEM, tiene un monitoreo constante en los pozos de inspección dentro y fuera del sitio de disposición final, para conocer si se está contaminando los mantos acuíferos en la zona.
- En el relleno sanitario de ASIGOLFO, la causante más importante de su cierre por parte de la comunidad y el Ministerio de Medio Ambiente, fue la mala administración en su operación, debido a que recibían muchísima más toneladas de desechos sólidos diariamente para las cuales estaban proyectados y no daban abasto con su equipo y personal de trabajo.



- El método más adecuado de disposición final de los desechos sólidos en nuestro país es el relleno sanitario, ya que esta es la opción más factible técnica y económicamente para países tercermundistas como el nuestro y a la vez disminuye grandemente la contaminación ambiental que generan los desechos sólidos depositados en botaderos a cielo abierto.
- En su mayoría existe mucho hermetismo por parte de los encargados de los rellenos sanitarios, los cuales no proporcionan la información necesaria para poder realizar un diagnóstico más profundo a los rellenos sanitarios.
- Los rellenos sanitarios aprobados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la zona oriental de El Salvador, están diseñados exclusivamente para disponer desechos sólidos no bioinfecciosos.



## RECOMENDACIONES.

- Monitorear el nivel de oxígeno para la biodegradación de los desechos sólidos depositado en el relleno sanitario.
- Implementar Micro-Fabricas de reciclaje en los rellenos sanitarios para disminuir el volumen de desechos a tratar en el relleno sanitario.
- Tener una planificación anticipada para la celda diaria habilitada y el material de cobertura.
- Para el personal que labora en la pepena, proporcionarle equipo mínimo para la seguridad de ellos, este equipo sería casco, guante, chalecos reflectivos, botas y uniforme.
- Monitorear a los pepenadores y su familia en el aspecto salud.
- Que los encargados de los rellenos sanitarios faciliten la información del relleno sanitario para fines académicos.
- Que la administración del relleno sanitario, cuente con programas para la concientización de la población en el manejo de los desechos sólidos.





- Para las municipalidades que transportan los desechos sólidos, que no son socias del relleno sanitario implementar Estaciones de Transferencia, esto ayudara a disminuir costos en transporte para las municipalidades.
- Por medio de la concientización poblacional referente al reciclaje, se puede alargar la vida útil a los rellenos sanitarios y a la vez minimizar gastos a la población.
- Para las futuras investigaciones sobre el tema, tomar en cuenta los tipos de desechos sólidos depositados en el relleno sanitario para obtener una vida útil más aproximada del relleno sanitario.
- La Universidad gestione acuerdos con las entidades competentes, para que proporcionen la información oportuna para nuevas investigaciones.
- Es necesario que el MARN, tengan un monitoreo constante en los rellenos sanitarios de la zona oriental de El Salvador, para poder controlar a tiempo las fallas que puedan estar teniendo en su funcionamiento y así evitar que en un futuro se clausure otro relleno sin haber cumplido su vida útil.

**ANEXOS**



## **LEY DE MEDIO AMBIENTE**

DIARIO OFICIAL República de El Salvador, América Central TOMO No. 339,  
NUMERO 79, San Salvador Lunes 4 de Mayo de 1998

### **DECRETO No. 233**

## **LA ASAMBLEA LEGISLATIVA DE LA REPÚBLICA DE EL SALVADOR,**

DECRETA la siguiente: LEY DEL MEDIO AMBIENTE

### DISPOSICIONES GENERALES

#### TITULO I DEL OBJETO DE LA LEY

##### Capítulo Único OBJETO DE LA LEY.

Art. 1.- La presente ley tiene por objeto desarrollar las disposiciones de la Constitución de la República, que se refieren a la protección, conservación y recuperación del medio ambiente; el uso sostenible de los recursos naturales que permitan mejorar la calidad de vida de las presentes y futuras generaciones; así como también, normar la gestión ambiental, pública y privada y la protección ambiental como obligación básica del Estado, los municipios y los habitantes en general; y asegurar la aplicación de los tratados o convenios internacionales celebrados por El Salvador en esta materia.

#### PRINCIPIOS DE LA POLÍTICA NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Art. 2.- La política nacional del medio ambiente, se fundamentará en los siguientes principios:

a) Todos los habitantes tienen derecho a un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Es obligación del Estado tutelar, promover y defender este derecho de



forma activa y sistemática, como requisito para asegurar la armonía entre los seres humanos y la naturaleza;

b) El desarrollo económico y social debe ser compatible y equilibrado con el medio ambiente; tomando en consideración el interés social señalado en el Art. 117 de la Constitución;

c) Se deberá asegurar el uso sostenible, disponibilidad y calidad de los recursos naturales, como base de un desarrollo sustentable y así mejorar la calidad de vida de la población;

d) Es responsabilidad de la sociedad en general, del Estado y de toda persona natural y jurídica, reponer o compensar los recursos naturales que utiliza para asegurar su existencia, satisfacer sus necesidades básicas, de crecimiento y desarrollo, así como enmarcar sus acciones, para atenuar o mitigar su impacto en el medio ambiente; por consiguiente se procurará la eliminación de los patrones de producción y consumo no sostenible; sin defecto de las sanciones a que esta ley diere lugar; e) En la gestión de protección del medio ambiente, prevalecerá el principio de prevención y precaución;

f) La contaminación del medio ambiente o alguno de sus elementos, que impida o deteriore sus procesos esenciales, conllevará como obligación la restauración o compensación del daño causado debiendo indemnizar al Estado o a cualquier persona natural o jurídica afectada en su caso, conforme a la presente ley;

## **POLÍTICA NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE**

Art. 3.- La política nacional del medio ambiente es un conjunto de principios, estrategias y acciones, emitidas por el Consejo de Ministros, y realizada por el Ministerio del Medio



Ambiente y Recursos Naturales, que en lo sucesivo de esta ley podrá llamarse el Ministerio y por el Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente.

El Ministerio, presentará dicha política al Consejo de Ministros para su aprobación. Esta política se actualizará por lo menos cada cinco años, a fin de asegurar en el país un desarrollo sostenible y sustentable. La política nacional del medio ambiente deberá guiar la acción de la administración pública, central y municipal, en la ejecución de planes y programas de desarrollo.

#### DECLARATORIA DE INTERÉS SOCIAL.

Art. 4.- Se declara de interés social la protección y mejoramiento del medio ambiente. Las instituciones públicas o municipales, están obligadas a incluir, de forma prioritaria en todas sus acciones, planes y programas, el componente ambiental. El Gobierno es responsable de introducir medidas que den una valoración económica adecuada al medio ambiente acorde con el valor real de los recursos naturales, asignando los derechos de explotación de los mismos de forma tal que el ciudadano al adquirirlos, los use con responsabilidad y de forma sostenible.

#### CONCEPTOS Y DEFINICIONES BÁSICAS.

Art. 5.- Para los efectos de esta ley y su reglamento, se entenderá por:

**ÁREA FRÁGIL:** Zona costera-marina ambientalmente degradada, áreas silvestres protegidas y zonas de amortiguamiento, zonas de recarga acuífera y pendientes de más



de treinta grados sin cobertura vegetal ni medidas de conservación y otras que por ley se hayan decretado como tales.

**ÁREA NATURAL PROTEGIDA:** Aquellas partes del territorio nacional legalmente establecida con el objeto de posibilitar la conservación, el manejo sostenible y restauración de la flora y la fauna silvestre, recursos conexos y sus interacciones naturales y culturales, que tengan alta significación por su función o sus valores genético, históricos, escénicos, recreativos, arqueológicos y protectores, de tal manera que preserven el estado natural de las comunidades bióticas y los fenómenos geomorfológicos únicos.

**CONTAMINACIÓN:** La presencia o introducción al ambiente de elementos nocivos a la vida, la flora o la fauna, o que degraden la calidad de la atmósfera, del agua, del suelo o de los bienes y recursos naturales en general, conforme lo establece la ley.

**CONTAMINANTE:** Toda materia, elemento, compuesto, sustancias, derivados químicos o biológicos, energía, radiación, vibración, ruido, o una combinación de ellos en cualquiera de sus estados físicos que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier otro elemento del ambiente, altere o modifique su composición natural y degrade su calidad, poniendo en riesgo la salud de las personas y la preservación o conservación del ambiente.

**CONTROL AMBIENTAL:** La fiscalización, seguimiento y aplicación de medidas para la conservación del ambiente.

**DAÑO AMBIENTAL:** Toda pérdida, disminución, deterioro o perjuicio que se ocasione al ambiente o a uno o más de sus componentes, en contravención a las normas legales.



El daño podrá ser grave cuando ponga en peligro la salud de grupos humanos, ecosistema o especies de flora y fauna e irreversible, cuando los efectos que produzca sean irreparables y definitivos.

**DESARROLLO SOSTENIBLE:** Es el mejoramiento de la calidad de vida de las presentes generaciones, con desarrollo económico, democracia política, equidad y equilibrio ecológico, sin menoscabo de la calidad de vida de las generaciones venideras.

**DESECHOS:** Material o energía resultante de la ineficiencia de los procesos y actividades, que no tienen uso directo y es descartado permanentemente.

**DESECHOS PELIGROSOS:** Cualquier material sin uso directo o descartado permanentemente que por su actividad química o por sus características corrosivas, reactivas, inflamables, tóxicas, explosivas, combustión espontánea, oxidante, infecciosas, bio-acumulativas, ecotóxicas o radioactivas u otras características, que ocasionen peligro o ponen en riesgo la salud humana o el ambiente, ya sea por si solo o al contacto con otro desecho.

**DESTRUCCIÓN, DISPOSICIÓN FINAL O DESNATURALIZACIÓN:** Eliminación física, o transformación en productos inocuos de bienes nocivos o peligrosos para el ambiente, el equilibrio de los ecosistemas y la salud y calidad de vida de la población, bajo estrictas normas de control.

**DIMENSIÓN AMBIENTAL:** Estrecha interrelación que debe existir entre el ambiente y el desarrollo; indica una característica que debe tener todo plan de desarrollo, bien sea local, regional, nacional o global, y que se expresa en la necesidad de tener en cuenta la



situación ambiental existente y su proyección futura, incorporando elementos de manera integral en el proceso de planificación y aplicación práctica.

**EDUCACIÓN AMBIENTAL:** Proceso de formación ambiental ciudadana, formal, no formal e informal, para la toma de conciencia y el desarrollo de valores, concepto y actitudes frente a la protección, conservación o restauración, y el uso sostenible de los recursos naturales y el medio ambiente.

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL:** Instrumento de diagnóstico, evaluación, planificación y control, constituido por un conjunto de actividades técnicas y científicas realizadas por un equipo multidisciplinario, destinadas a la identificación, predicción y control de los impactos ambientales, positivos y negativos, de una actividad, obra o proyecto, durante todo su ciclo vital, y sus alternativas, presentado en un informe técnico; y realizado según los criterios establecidos legalmente.

**EVALUACIÓN AMBIENTAL:** El proceso o conjunto de procedimientos, que permite al Estado, en base a un estudio de impacto ambiental, estimar los efectos y consecuencias que la ejecución de una determinada obra, actividad o proyecto puedan causar sobre el ambiente, asegurar la ejecución y seguimiento de las medidas que puedan prevenir, eliminar, corregir, atender, compensar o potenciar, según sea el caso, dichos impactos.

**EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA:** La evaluación ambiental de políticas, planes, programas, leyes y normas legales.





**FÓRMULARIO AMBIENTAL:** Documento con carácter de declaración jurada que se presenta a la autoridad ambiental competente, de acuerdo a un formato pre-establecido, que describe las características básicas de la actividad o proyecto a realizar, que por ley requiera de una evaluación de impacto ambiental como condición previa a la obtención de un permiso ambiental.

**GESTIÓN PÚBLICA AMBIENTAL:** Todas las actividades o mandatos legales que realiza o ejecuta el Estado o las municipalidades en relación al medio ambiente con consecuencia o impacto en el mismo.

**IMPACTO AMBIENTAL:** Cualquier alteración significativa, positiva o negativa, de uno o más de los componentes del ambiente, provocadas por acción humana o fenómenos naturales en un área de influencia definida.

**NIVELES PERMISIBLES DE CONCENTRACIÓN:** Valores o parámetros que establecen el máximo grado de concentración de contaminantes que pueden ser vertidos en una fuente, ducto o chimenea, en lugares en donde se efectúa un monitoreo o control de los contaminantes durante el proceso de producción o la realización de una actividad.

**NORMAS TÉCNICAS DE CALIDAD AMBIENTAL:** Aquellas que establecen los valores límite de concentración y períodos, máximos o mínimos permisibles de elementos, compuestos, derivados químicos o biológicos, radiaciones, vibraciones, ruidos, olores o combinaciones de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueden constituir un riesgo para la salud o el bienestar humano, la vida y conservación de la naturaleza.



**OBLIGACIÓN DE REPARAR EL DAÑO:** deber legal de restablecer el medio ambiente o ecosistema, a la situación anterior al hecho, que lo contaminó, deterioró o destruyó, cuando sea posible, o en dar una compensación a la sociedad en su conjunto, que sustituya de la forma más adecuada y equitativa el daño, además de indemnizar a particulares por perjuicios conexos con el daño ambiental, según corresponda.

**PERMISO AMBIENTAL:** Acto administrativo por medio del cual el Ministerio de acuerdo a esta ley y su reglamento, a solicitud del titular de una actividad, obra o proyecto, autoriza a que estas se realicen, sujetas al cumplimiento de las condiciones que este acto establezca.



**RECURSOS NATURALES:** Elementos naturales que el hombre puede aprovechar para satisfacer sus necesidades económicas, sociales y culturales.

**REGLAS TÉCNICAS:** Las directrices o criterios que regulan las relaciones del ser humano con su medio ambiente con la finalidad de asegurar el equilibrio ecológico.

**RETENCIÓN:** Disponer y mantener, por resolución de la autoridad competente, de acuerdo a la ley, bajo prohibición de traslado, uso, consumo, almacenaje, cultivo, procesamiento, y condiciones de seguridad, bienes y derivados de dudosa naturaleza o condiciones que pongan, o puedan poner, en peligro los recursos del ambiente, el equilibrio de los ecosistemas, o la salud y calidad de vida de la población.

**SUSPENSIÓN:** La cesación temporal de permisos, licencias, concesiones, o cualquier autorización de instalación o de funcionamiento de una actividad, obra o proyecto, cuando conforme a los preceptos y procedimientos establecidos por ley se compruebe que se han violado las leyes y reglamentos ambientales que dieron lugar al otorgamiento de dichos permisos, licencias y concesiones.

**ZONA DE RECARGA ACUÍFERA:** Lugar o área en donde las aguas lluvias se infiltran en el suelo, las cuales pasan a formar parte de las aguas subterráneas o freáticas.



## TITULO II GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

### CAPITULO I SISTEMA DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

#### CREACIÓN DEL SISTEMA NACIONAL DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

Art. 6.- Créase el Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente, formado por el Ministerio que será su coordinador, las unidades ambientales en cada Ministerio y las instituciones autónomas y municipales, se llamará SINAMA y tendrá como finalidad establecer, poner en funcionamiento y mantener en las entidades e instituciones del sector público los principios, normas, programación, dirección y coordinación de la gestión ambiental del Estado.

Tendrá los objetivos siguientes:

- a) Establecer los mecanismos de coordinación de gestión ambiental en las entidades e instituciones del sector público, para implantar la dimensión ambiental en el desarrollo del país;
- b) Establecer la organización estructural y funcional de la gestión ambiental en las entidades e instituciones del sector público;
- c) Establecer los procedimientos para generar, sistematizar, registrar y suministrar información sobre la gestión ambiental y el estado del medio ambiente como base para la preparación de planes y programas ambientales, para evaluar los impactos ambientales de las políticas sectoriales y para evaluar el desempeño de la gestión ambiental de los miembros del Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente;



d) Establecer como responsabilidad propia de la dirección superior de cada entidad o institución del sector público la implantación, ejecución y seguimiento de la gestión ambiental; y,

e) Establecer las normas de participación y coordinación entre éste y el Ministerio.

Compete al Órgano Ejecutivo en el ramo del Medio Ambiente y Recursos Naturales, la coordinación del SINAMA, para lo cual dictará las políticas que servirán como guía para el diseño, organización y funcionamiento el cual será centralizado en cuanto a la formación, y descentralizado en cuanto a la operación.

## CAPITULO II. PARTICIPACIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA GESTIÓN AMBIENTAL

### PARTICIPACIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA GESTIÓN AMBIENTAL

Art. 8.- Las Instituciones integrantes del Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente previamente a la aprobación de sus políticas, planes y programas, consultarán para su gestión ambiental, con las organizaciones de participación a nivel regional, departamental y local.

### DERECHO DE LA POBLACIÓN A SER INFORMADA SOBRE LA GESTIÓN AMBIENTAL

Art. 9. - Los habitantes tienen derecho a ser informados, de forma oportuna, clara y suficiente, en un plazo que no exceda de quince días hábiles sobre las políticas, planes y programas ambientales relacionados con la salud y calidad de vida de la población, especialmente para:



- a) Participar en las consultas previas a la definición y aprobación de la política ambiental, en las formas y mecanismos establecidos en la presente ley y sus reglamentos;
- b) Participar en las consultas, por los canales que establezca la ley, cuando dentro de su municipio se vayan a otorgar concesiones para la explotación de recursos naturales;
- c) Colaborar con las instituciones especializadas del Estado en la fiscalización y vigilancia para la protección del medio ambiente; y
- d) Informarse y participar en las consultas sobre las actividades, obras o proyectos, que puedan afectarla o requieran Permiso Ambiental.

El Ministerio establecerá lineamientos para la utilización de mecanismos de consultas públicas con relación a la gestión ambiental. Fomentará la participación de organismos no gubernamentales ambientalistas, de organismos empresariales y el sector académico.

#### **PARTICIPACIÓN DE LA COMUNIDAD**

Art. 10. - El Ministerio del Medio Ambiente y en lo que corresponda, las demás instituciones del Estado, adoptarán políticas y programas específicamente dirigidos a promover la participación de las comunidades en actividades y obras destinadas a la prevención del deterioro ambiental.



### TITULO III INSTRUMENTOS DE LA POLÍTICA DEL MEDIO AMBIENTE

#### CAPÍTULO I INSTRUMENTOS DE LA POLÍTICA DEL MEDIO AMBIENTE

#### INSTRUMENTOS DE LA POLÍTICA DEL MEDIO AMBIENTE.

Art. 11.- Son instrumentos de la política del medio ambiente:

- a) El Ordenamiento Ambiental dentro de los Planes Nacionales o Regionales de Desarrollo y de Ordenamiento Territorial;
- b) La evaluación Ambiental;
- c) La Información Ambiental;
- d) La Participación de la población;
- e) Los Programas de Incentivos y Desincentivos Ambientales;
- f) El Fondo Ambiental de El Salvador y cualquier otro programa de financiamiento de proyectos ambientales;
- g) La Ciencia y Tecnología aplicadas al Medio Ambiente;
- h) La Educación y Formación Ambientales; e
- i) La estrategia nacional del medio ambiente y su plan de acción.



## CAPITULO II INCORPORACIÓN DE LA DIMENSIÓN AMBIENTAL PLANES DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO DEL TERRITORIO

### INCORPORACIÓN DE LA DIMENSIÓN AMBIENTAL EN LOS PLANES DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO DEL TERRITORIO.

Art. 12.- El Ministerio deberá asegurar que la dimensión ambiental sea incorporada en todas las políticas, planes y programas nacionales, regionales y locales de desarrollo y ordenamiento del territorio.

### RÉGIMEN AMBIENTAL PARA EL DESARROLLO Y ORDENAMIENTO DEL TERRITORIO

Art. 13.- Previo a su aprobación, toda política, plan o programa de Desarrollo y ordenamiento del Territorio de carácter nacional, regional o local, deberá incorporar el régimen ambiental.

### CRITERIOS AMBIENTALES EN EL DESARROLLO Y ORDENAMIENTO DEL TERRITORIO

Art. 14.- Para incorporar la dimensión ambiental en toda política, plan o programa de desarrollo y ordenamiento del territorio, deben tomarse en cuenta los siguientes criterios:

- a) La valoración económica de los recursos naturales, que incluya los servicios ambientales que éstos puedan prestar, de acuerdo a la naturaleza y características de los ecosistemas;
- b) Las características ambientales del lugar y sus ecosistemas, tomando en cuenta sus recursos naturales y culturales y en especial, la vocación natural y el uso potencial del suelo, siendo la cuenca hidrográfica, la unidad base para la planeación del territorio;





- c) Los desequilibrios existentes por efecto de los asentamientos humanos, las actividades de desarrollo y otras actividades humanas o de fenómenos naturales;
- d) El equilibrio que debe existir entre asentamientos humanos, actividades de desarrollo, los factores demográficos y medidas de conservación del medio ambiente; y
- e) Los demás que señalen las leyes sobre el desarrollo y ordenamiento del territorio.

### CAPÍTULO III NORMAS AMBIENTALES EN LOS PLANES DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO DEL TERRITORIO

#### NORMAS AMBIENTALES EN LOS PLANES DE DESARROLLO

Art. 15.- Los planes de desarrollo y de ordenamiento territorial deberán incorporar la dimensión ambiental, tomando como base los parámetros siguientes:

- a) Los usos prioritarios para áreas del territorio nacional, de acuerdo a sus potencialidades económicas y culturales, condiciones específicas y capacidades ecológicas, tomando en cuenta la existencia de ecosistemas escasos, entre los que se deben incluir laderas con más de 30% de pendiente, la zona marino-costera y plataforma continental, las zonas de recarga acuífera, los manglares, las áreas altamente erosionadas o degradadas o con altos niveles de población, que sean establecidas como áreas frágiles;
- b) La localización de las actividades industriales, agropecuarias, forestales, mineras, turísticas y de servicios y las áreas de conservación y protección absoluta y de manejo restringido;
- c) Los lineamientos generales del plan de urbanización, conurbación y del sistema de ciudades;



- d) La ubicación de las áreas naturales y culturales protegidas y de otros espacios sujetos a un régimen especial de conservación y mejoramiento del ambiente;
- e) La ubicación de las obras de infraestructura para generación de energía, comunicaciones, transporte, aprovechamiento de recursos naturales, saneamiento de áreas extensas, disposición y tratamiento de desechos sólidos y otras análogas;
- f) La elaboración de planes zonales, departamentales y municipales de ordenamiento del territorio; y
- g) La ubicación de obras para el ordenamiento, aprovechamiento y uso de los recursos hídricos.



## CAPÍTULO IV SISTEMA DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

### EVALUACIÓN AMBIENTAL.

Art. 16.- El proceso de evaluación ambiental tiene los siguientes instrumentos:

- a) Evaluación Ambiental Estratégica;
- b) Evaluación de Impacto Ambiental;
- c) Programa Ambiental;
- d) Permiso Ambiental;
- e) Diagnósticos Ambientales;
- f) Auditorías Ambientales; y
- g) Consulta Pública.

### EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA.

Art. 17.- Las políticas, planes y programas de la administración pública, deberán ser evaluadas en sus efectos ambientales, seleccionando la alternativa de menor impacto negativo, así como a un análisis de consistencia con la Política Nacional de Gestión del Medio Ambiente. Cada ente o institución hará sus propias evaluaciones ambientales estratégicas. El Ministerio emitirá las directrices para las evaluaciones, aprobará y supervisará el cumplimiento de las recomendaciones.

### EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Art. 18.- Es un conjunto de acciones y procedimientos que aseguran que las actividades, obras o proyectos que tengan un impacto ambiental negativo en el ambiente o en la calidad de vida de la población, se sometan desde la fase de pre inversión a los procedimientos que identifiquen y cuantifiquen dichos impactos y recomienden las



medidas que los prevengan, atenúen, compensen o potencien, según sea el caso, seleccionando la alternativa que mejor garantice la protección del medio ambiente.

#### COMPETENCIA DEL PERMISO AMBIENTAL.

Art. 19. - Para el inicio y operación, de las actividades, obras o proyectos definidos en esta ley, deberán contar con un permiso ambiental. Corresponderá al Ministerio emitir el permiso ambiental, previa aprobación del estudio de impacto ambiental.

#### ALCANCE DE LOS PERMISOS AMBIENTALES

Art. 20. - El Permiso Ambiental obligará al titular de la actividad, obra o proyecto, a realizar todas las acciones de prevención, atenuación o compensación, establecidos en el Programa de Manejo Ambiental, como parte del Estudio de Impacto Ambiental, el cual será aprobado como condición para el otorgamiento del Permiso Ambiental.

La validez del Permiso Ambiental de ubicación y construcción será por el tiempo que dure la construcción de la obra física; una vez terminada la misma, incluyendo las obras o instalaciones de tratamiento y atenuación de impactos ambientales, se emitirá el Permiso Ambiental de Funcionamiento por el tiempo de su vida útil y etapa de abandono, sujeto al seguimiento y fiscalización del Ministerio

#### ACTIVIDADES, OBRAS O PROYECTOS QUE REQUERIRÁN DE UN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Art. 21.- Toda persona natural o jurídica deberá presentar el correspondiente Estudio de Impacto Ambiental para ejecutar las siguientes actividades, obras o proyectos:

a) Obras viales, puentes para tráfico mecanizado, vías férreas y aeropuertos;



- b) Puertos marítimos, embarcaderos, astilleros, terminales de descarga o trasvase de hidrocarburos o productos químicos;
- c) Oleoductos, gaseoductos, poliductos, carboconductos, otras tuberías que transporten productos sólidos, líquidos o gases, y redes de alcantarillado;
- d) Sistemas de tratamiento, confinamiento y eliminación, instalaciones de almacenamiento y disposición final de residuos sólidos y desechos peligrosos;
- e) Exploración, explotación y procesamiento industrial de minerales y combustibles fósiles;
- f) Centrales de generación eléctrica a partir de energía nuclear, térmica, geotérmica e hidráulica, eólica y maremotriz;
- g) Líneas de transmisión de energía eléctrica;
- h) Presas, embalses, y sistemas hidráulicos para riego y drenaje;
- i) Obras para explotación industrial o con fines comerciales y regulación física de recursos hídricos;
- j) Plantas o complejos pesqueros, industriales, agroindustriales, turísticos o parques recreativos;
- k) Las situadas en áreas frágiles protegidas o en sus zonas de amortiguamiento y humedales;
- l) Proyectos urbanísticos, construcciones, lotificaciones u obras que puedan causar impacto ambiental negativo;
- m) Proyectos del sector agrícola, desarrollo rural integrado, acuicultura y manejo de bosques localizados en áreas frágiles; excepto los proyectos forestales y de acuicultura



que cuenten con planes de desarrollo, los cuales deberán registrarse en el Ministerio a partir de la vigencia de la presente ley, dentro del plazo que se establezca para la adecuación ambiental;

n) Actividades consideradas como altamente riesgosas, en virtud de las características corrosivas, explosivas, radioactivas, reactivas, tóxicas, inflamables o biológico–infecciosas para la salud y bienestar humano y el medio ambiente, las que deberán de adicionar un Estudio de Riesgo y Manejo Ambiental;

ñ) Proyectos o industrias de biotecnología, o que impliquen el manejo genético o producción de organismos modificados genéticamente; y

o) Cualquier otra que pueda tener impactos considerables o irreversibles en el ambiente, la salud y el bienestar humano o los ecosistemas.

## FÓRMULARIO AMBIENTAL

Art. 22.- El titular de toda actividad, obra o proyecto que requiera de permiso ambiental para su realización o funcionamiento, ampliación, rehabilitación o reconversión deberá presentar al Ministerio el formulario ambiental que esta requiera con la información que se solicite. El Ministerio categorizará la actividad, obra o proyecto, de acuerdo a su envergadura y a la naturaleza del impacto potencial.

## ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Art. 23.- El Estudio de Impacto Ambiental se realizará por cuenta del titular, por medio de un equipo técnico multidisciplinario. Las empresas o personas, que se dediquen a preparar estudios de impacto ambiental, deberán estar registradas en el Ministerio, para



finestadísticos y de información, quien establecerá el procedimiento de certificación para prestadores de servicios de Estudios de Impacto Ambiental, de Diagnósticos y Auditorías de evaluación ambiental.

#### EVALUACIÓN Y APROBACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL

Art. 24.- La elaboración de los Estudios de Impacto Ambiental, su evaluación y aprobación, se sujetarán a las siguientes normas:

- a) Los estudios deberán ser evaluados en un plazo máximo de sesenta días hábiles contados a partir de su recepción; este plazo incluye la consulta pública;
- b) En caso de aprobación del Estudio de Impacto Ambiental, el Ministerio emitirá el correspondiente Permiso Ambiental, en un plazo no mayor de diez días hábiles después de notificada la resolución correspondiente;
- c) Si transcurridos los plazos indicados en los literales que anteceden, el Ministerio, no se pronunciare, se aplicará lo establecido en el Art. 3 de la Ley de la Jurisdicción Contencioso Administrativo; y d) Excepcionalmente, cuando por la complejidad y las dimensiones de una actividad, obra o proyecto se requiera de un plazo mayor para su evaluación, éste se podrá ampliar hasta por sesenta días hábiles adicionales, siempre que se justifiquen las razones para ello.

#### CONSULTA PÚBLICA DE LOS ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL

Art. 25.- La consulta pública de los Estudios de Impacto Ambiental, se regirá por las siguientes normas:

- a) Previo a su aprobación, los estudios se harán del conocimiento del público, a costa del titular, en un plazo de diez días hábiles para que cualquier persona que se considere



afectada exprese sus opiniones o haga sus observaciones por escrito, lo cual se anunciará con anticipación en medios de cobertura nacional y a través de otros medios en la forma que establezca el reglamento de la presente ley; b) Para aquellos Estudios de Impacto Ambiental cuyos resultados reflejen la posibilidad de afectar la calidad de vida de la población o de amenazar riesgos para la salud y bienestar humanos y el medio ambiente, se organizará por el Ministerio una consulta pública del estudio en el o los Municipios donde se piense llevar a cabo la actividad, obra o proyecto; y

c) En todos los casos de consultas sobre el Estudio de Impacto Ambiental, las opiniones emitidas por el público deberán ser ponderadas por el Ministerio.

## RECURSOS

Art. 26.- La resolución que se pronuncie sobre un estudio de impacto ambiental admitirá los recursos establecidos en esta ley y la Ley de la Jurisdicción Contencioso Administrativo.

## AUDITORÍAS DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

Art. 27.- Para asegurar el cumplimiento de las condiciones, fijadas en el permiso ambiental, por el titular de obras o proyectos, el Ministerio, realizará auditorías de evaluación ambiental de acuerdo a los siguientes requisitos:

a) Las auditorías se realizarán periódicamente o aleatoria, en la forma que establezca el reglamento de la presente ley;





b) El Ministerio, se basará en dichas auditorías para establecer las obligaciones que deberá cumplir el titular o propietario de la obra o proyecto en relación al permiso ambiental; y

c) La auditoría de evaluación ambiental constituirá la base para los programas de autorregulación para las actividades, obras o proyectos, que se acojan a dicho programa.

#### CONTROL Y SEGUIMIENTO DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL

Art. 28.- El control y seguimiento de la Evaluación Ambiental, es función del Ministerio, para lo cual contará con el apoyo de las unidades ambientales.

#### FIANZA DE CUMPLIMIENTO AMBIENTAL

Art. 29.- Para asegurar el cumplimiento de los Permisos Ambientales en cuanto a la ejecución de los Programas de Manejo y Adecuación Ambiental, el titular de la obra o proyecto deberá rendir una Fianza de Cumplimiento por un monto equivalente a los costos totales de las obras físicas o inversiones que se requieran, para cumplir con los planes de manejo y adecuación ambiental. Esta fianza durará hasta que dichas obras o inversiones se hayan realizado en la forma previamente establecida.

#### CAPITULO V INFORMACIÓN AMBIENTAL.

##### INFORMACIÓN AMBIENTAL

Art. 30.- El Ministerio y las Instituciones del Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente, deberán recopilar, actualizar y publicar la información ambiental que les corresponda manejar.



Las Instituciones que conforman el Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente, deben suministrar la información que les solicite el Ministerio, la cual será de libre acceso al público.

INFORME NACIONAL DEL ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE Art. 31.- El Ministerio elaborará cada dos años para su presentación a la nación a través del Presidente de la República el informe nacional del estado del Medio Ambiente.

## CAPITULO VI INCENTIVOS AMBIENTALES Y DESINCENTIVOS ECONÓMICOS

### INCENTIVOS Y DESINCENTIVOS AMBIENTALES

Art. 32.- El Ministerio, conjuntamente con el Ministerio de Economía y el de Hacienda, previa consulta con el Consejo Nacional de Desarrollo Sostenible, elaborará programas de incentivos y desincentivos ambientales para facilitar la reconversión de procesos y actividades contaminantes, o que hagan uso excesivo o ineficiente de los recursos naturales.

Estos programas se incluirán, además en las leyes que contengan beneficios fiscales para quienes realicen procesos, actividades, proyectos o productos ambientalmente sanos o apoyen la conservación de los recursos naturales.

El Banco Multisectorial de Inversiones establecerá líneas de crédito para que el sistema financiero apoye a la pequeña, mediana y microempresa, a fin de que puedan oportunamente adaptarse a las disposiciones de la presente ley.



#### APOYO A LAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS AMBIENTALMENTE SANAS

Art. 33.- El Ministerio estimulará a los empresarios a incorporar en su actividad productiva, procesos y tecnologías ambientalmente adecuadas, utilizando los programas de incentivos y desincentivos, y promoviendo la cooperación nacional e internacional financiera y técnica.

#### MECANISMOS DE FINANCIAMIENTO DE LA GESTIÓN AMBIENTAL

Art. 34.- El Estado promoverá mecanismos de financiamiento para la gestión ambiental pública y privada, con recursos privados o de cooperación internacional, además de los que se asignen para tal fin en el Presupuesto General de la Nación.

#### APOYO A LA CAPTACIÓN DE RECURSOS PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL

Art. 35.- El Ministerio apoyará a los Gobiernos Municipales, a los sectores gubernamentales y sector no gubernamental en la gestión de recursos, a través de la cooperación técnica y financiera nacional e internacional, para ser destinados a actividades y proyectos de conservación, recuperación y producción ambientalmente sana.

#### FINANCIAMIENTO AL COMPONENTE AMBIENTAL EN ACTIVIDADES, OBRAS O PROYECTOS

Art. 36.- En los proyectos públicos financiados con partidas del presupuesto nacional o municipal, o con fondos externos, deberán incluirse las partidas necesarias para financiar el componente ambiental en los mismos y las condiciones y medidas contenidas en el permiso ambiental que autorice dichos proyectos.



## PREMIO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Art. 37.- Créase el Premio Nacional del Medio Ambiente, que será otorgado anualmente por el Presidente de la República, a las personas, empresas, proyectos o instituciones, que durante el año se hayan destacado en actividades de protección del medio ambiente o en la ejecución de procesos ambientalmente sanos en el país.

## SELLOS VERDES O ECOETIQUETADO

Art. 38.- El reglamento de la presente Ley contendrá las normas y procedimientos para regular la acreditación y registro de los organismos que certifiquen los procesos y productos ambientalmente sanos, o provenientes del aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

Las organizaciones u organismos registrados emitirán el sello verde o ecoetiquetado a productos o procesos ambientalmente sanos, previa certificación del Ministerio.

## PROTECCIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

Art. 48.- El Ministerio promoverá el manejo integrado de cuencas hidrográficas, una ley especial regulará esta materia. El Ministerio creará un comité interinstitucional nacional de planificación, gestión y uso sostenible de cuencas hidrográficas. Además promoverá la integración de autoridades locales de las mismas.

## CONTAMINACIÓN Y DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS SÓLIDOS

Art. 52.- El Ministerio promoverá, en coordinación con el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Gobiernos Municipales y otras organizaciones de la sociedad y el



sector empresarial el reglamento y programas de reducción en la fuente, reciclaje, reutilización y adecuada disposición final de los desechos sólidos. Para lo anterior se formulará y aprobará un programa nacional para el manejo Integral de los desechos sólidos, el cual incorporará los criterios de selección de los sitios para su disposición final.

#### PROPORCIONALIDAD Y BASE DE LAS SANCIONES

Art. 90.- En la imposición de las sanciones administrativas reguladas y establecidas en la presente ley, se aplicará el principio de proporcionalidad en la infracción y la sanción, tomando en cuenta las circunstancias siguientes:

- a) La gravedad del daño causado al medio ambiente, a la salud o calidad de vida de las personas;
- b) Las acciones que el infractor tomó para reparar el daño causado;
- c) El beneficio obtenido por el infractor;
- d) La capacidad económica del infractor; y
- e) La reiteración en la violación de la presente ley y su reglamento.



## TITULO XIII PROCEDIMIENTOS

### CAPÍTULO I PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO SANCIONATORIO

#### INICIO DEL PROCEDIMIENTO.

Art. 91.- El procedimiento administrativo sancionatorio se iniciará de oficio, por denuncia o por aviso ante el Ministerio.

Cuando la Policía Nacional Civil, Concejos Municipales, Fiscalía General de la República o Procuraduría para la Defensa de los Derechos Humanos, tuvieren conocimiento por cualquier medio de una infracción ambiental, procederán de inmediato a inspeccionar el lugar o lugares donde se hubiese cometido la infracción. El

#### ACTUACIONES PREVIAS

## TITULO XIV DISPOSICIONES TRANSITORIAS Y FINALES

### CAPÍTULO ÚNICO DIAGNÓSTICOS AMBIENTALES

Art. 107. - Los titulares de actividades, obras o proyectos públicos o privados, que se encuentren funcionando al entrar en vigencia la presente ley, que conforme al Art. 20 de la misma deban someterse a evaluación de impacto ambiental, están obligados a elaborar un diagnóstico ambiental en un plazo máximo de dos años y presentarlo al Ministerio para su aprobación. El Ministerio podrá establecer plazos menores hasta por un año en los casos de actividades, obras o proyectos en operación que generen productos peligrosos o usen procesos peligrosos o generen emisiones altamente contaminantes. Al diagnóstico deberá acompañarse su correspondiente programa de adecuación ambiental como requisito para el otorgamiento del permiso respectivo; deberá contener los tipos y niveles de contaminación e impactos ambientales de la actividad, obra o proyecto en



ejecución. El contenido, alcance y los procedimientos para su elaboración serán establecidos en el reglamento de la presente ley.

#### PROGRAMAS DE ADECUACIÓN AMBIENTAL

Art. 108.- El Programa de Adecuación Ambiental, deberá contener todas las medidas para reducir los niveles de contaminación para atenuar o compensar, según sea el caso, los impactos negativos en el ambiente.

Para la ejecución del Programa de Adecuación Ambiental, el titular de una actividad, obra o proyecto, contará con un plazo máximo de tres años.

El plazo anterior podrá reducirse, en el caso de actividades, obras o proyectos en operación que elaboren productos peligrosos o usen procesos o generen emisiones altamente contaminantes.

#### PLANES DE APLICACIÓN VOLUNTARIA

Art. 109.- Cuando por la complejidad y las dimensiones de la actividad, obra o proyecto, que deba someterse a un Diagnóstico Ambiental y su correspondiente Programa de Adecuación Ambiental, y a solicitud del propietario, éste podrá acogerse a un Plan de Aplicación Voluntaria, que implicará la realización de una Auditoría Ambiental con cuyos resultados el propietario elaborará con la dirección del Ministerio el correspondiente Plan de Adecuación Ambiental. El plazo de aplicación de dicho plan no podrá ser mayor de dos años.



## SUSPENSIÓN PARA OPERAR

Art. 110. - Las actividades, obras o proyectos que se encuentren operando y que no cumplan con lo establecido en los Art. 107, 108 y 109, serán suspendidas hasta que cumplan con las exigencias legales establecidas.

## REGLAMENTO

Art. 114. - El Presidente de la República emitirá el reglamento general de la presente ley y los especiales establecidos en la misma, en un plazo no mayor de ciento ochenta días, contados a partir de la fecha de su vigencia.

## ESPECIALIDAD DE LA LEY

Art. 115. - La presente ley es de carácter especial por consiguiente sus normas prevalecerán sobre cualquiera otra que la contraríen.

## VIGENCIA

Art. 116. - La presente ley entrará en vigencia ocho días después de su publicación en el Diario Oficial.

DADO EN EL SALÓN AZUL DEL PALACIO LEGISLATIVO: San Salvador, a los dos días del mes de marzo de mil novecientos noventa y ocho.





## **DECRETO No. 42**

# **REGLAMENTO ESPECIAL SOBRE EL MANEJO INTEGRAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS.**

## **TITULO I**

### **DISPOSICIONES GENERALES**

#### **CAPITULO UNICO**

#### **DEL OBJETO, DEL ALCANCE Y DEL AMBITO DE APLICACION**

##### **Objeto y Alcance**

**Art. 1:** El presente Reglamento tiene por objeto regular el manejo de los desechos sólidos. El alcance del mismo será el manejo de desechos sólidos de origen domiciliar, comercial, de servicios o institucional; sean procedentes de la limpieza de áreas públicas, o industriales similares a domiciliarios, y de los sólidos sanitarios que no sean peligrosos.

De aquí en adelante la Ley del Medio Ambiente será llamada La Ley y el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, el Ministerio.

##### **Ámbito de Aplicación**

**Art. 2:** Las disposiciones del presente Reglamento se aplicarán en todo el territorio nacional y serán de observancia general y de cumplimiento obligatorio para toda persona natural o jurídica.

##### **Glosario**

**Art. 3:** Los conceptos y sus correspondientes definiciones empleados en este



Reglamento, constituyen los términos claves para la interpretación del mismo, y se entenderán en el significado que a continuación se expresa, sin perjuicio de los conceptos empleados en la Ley, así los contenidos en los instrumentos internacionales sobre la materia.

**Almacenamiento:** Acción de retener temporalmente desechos, mientras no sean entregados al servicio de recolección, para su posterior procesamiento, reutilización o disposición.

**Aprovechamiento:** Todo proceso industrial y/o manual, cuyo objeto sea la recuperación o transformación de los recursos contenidos en los desechos.

**Botadero de Desechos:** Es el sitio o vertedero, sin preparación previa, donde se depositan los desechos, en el que no existen técnicas de manejo adecuadas y en el que no se ejerce un control y representa riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

**Compostaje:** Proceso de manejo de desechos sólidos, por medio del cual los desechos orgánicos son biológicamente descompuestos, bajo condiciones controladas, hasta el punto en que el producto final puede ser manejado, embodegado y aplicado al suelo, sin que afecte negativamente el medio ambiente. Contaminación por desechos sólidos: La degradación de la calidad natural del medio ambiente, como resultado directo o indirecto de la presencia o la gestión y la disposición final inadecuadas de los desechos sólidos.

**Contenedor:** Recipiente en el que se depositan los desechos sólidos para su almacenamiento temporal o para su transporte.



**Desechos Sólidos:** Son aquellos materiales no peligrosos, que son descartados por la actividad del ser humano o generados por la naturaleza, y que no teniendo una utilidad inmediata para su actual poseedor, se transforman en indeseables.

**Disposición Final:** Es la operación final controlada y ambientalmente adecuada de los desechos sólidos, según su naturaleza.

**Estación de Transferencia:** Instalación permanente o provisional, de carácter intermedio, en la cual se reciben desechos sólidos de las unidades recolectoras de baja capacidad, y se transfieren, procesados o no, a unidades de mayor capacidad, para su acarreo hasta el sitio de disposición final.

**Generador de desechos sólidos:** Toda persona, natural o jurídica, pública o privada, que como resultado de sus actividades, pueda crear o generar desechos sólidos.

**Lixiviado:** Líquido que se ha filtrado o percolado, a través de los residuos sólidos u otros medios, y que ha extraído, disuelto o suspendido materiales a partir de ellos, pudiendo contener materiales potencialmente dañinos.

**Gestión Integral:** Conjunto de operaciones y procesos encaminados a la reducción de la generación, segregación en la fuente y de todas las etapas de la gestión de los desechos, hasta su disposición final.

**Relleno Sanitario:** Es el sitio que es proyectado, construido y operado mediante la aplicación de técnicas de ingeniería sanitaria y ambiental, en donde se depositan, esparcen, acomodan, compactan y cubren con tierra, diariamente los desechos sólidos, contando con drenaje de gases y líquidos percolados.



**Relleno Sanitario Manual:** Es aquél en el que sólo se requiere equipo pesado para la adecuación del sitio y la construcción de vías internas, así como para la excavación de zanjas, la extracción y el acarreo y distribución del material de cobertura.

Todos los demás trabajos, tales como construcción de drenajes para lixiviados y chimeneas para gases, así como el proceso de acomodo, cobertura, compactación y otras obras conexas, pueden realizarse manualmente.

**Relleno Sanitario Mecanizado:** Es aquél en que se requiere de equipo pesado que labore permanentemente en el sitio y de esta forma realizar todas las actividades señaladas en el relleno sanitario manual, así como de estrictos mecanismos de control y vigilancia de su funcionamiento.

**Reciclaje:** Proceso que sufre un material o producto para ser reincorporado a un ciclo de producción o de consumo, ya sea el mismo en que fue generado u otro diferente.

**Recolección:** Acción de recoger y trasladar los desechos generados, al equipo destinado a transportarlos a las instalaciones de almacenamiento, transferencia, tratamiento, reusó o a los sitios de disposición final.

**Recolección Selectiva:** Acción de clasificar, segregar y presentar segregadamente para su posterior utilización.

**Reutilización:** Capacidad de un producto o envase para ser usado en más de una ocasión, de la misma forma y para el mismo propósito para el cual fue fabricado.

**Reducción en la Generación:** Reducir o minimizar la cantidad o el tipo de residuos generados que deberán ser evacuados. Esta reducción evita la formación de residuos,



mediante la fabricación, diseño, adquisición o bien modificación de los hábitos de consumo, peso y generación de residuos.

**Segregación en la Fuente:** Segregación de diversos materiales específicos del flujo de residuos en el punto de generación. Esta separación facilita el reciclaje.

**Tara:** Peso neto de un vehículo de transporte.

**Tratamiento o Procesamiento:** Es la modificación de las características físicas, químicas o biológicas de los desechos sólidos, con el objeto de reducir su nocividad, controlar su agresividad ambiental y facilitar su gestión.

## **TITULO II**

### **DEL MARCO GENERAL**

#### **CAPITULO UNICO**

#### **DE LAS RESPONSABILIDADES Y ATRIBUCIONES**

##### **Responsabilidades del Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales**

**Art. 4:** Serán responsabilidades del Ministerio:

- a. Determinar los criterios de selección para los sitios de estaciones de transferencias, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos;
- b. Emitir el permiso ambiental de acuerdo a lo establecido en la Ley para todo plan, programa, obra o proyecto de manejo de desechos sólidos.



### **TITULO III**

## **DEL MANEJO INTEGRAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS MUNICIPALES**

### **CAPITULO I**

#### **DEL ALMACENAMIENTO**

##### **Especificación de almacenamiento temporal**

**Art. 5:** En aquellos casos en que se establezcan sitios de almacenamiento colectivo temporal de desechos sólidos en las edificaciones habitables, deberán cumplir, en su grado mínimo, con las siguientes especificaciones:

- a) Los sistemas de almacenamiento temporal deberán permitir su fácil limpieza y acceso;
- b) Los sistemas de ventilación, suministro de agua, drenaje y de control de incendios, serán los adecuados;
- c) El diseño deberá contemplar la restricción al acceso de personas no autorizadas y de animales; y
- d) Los sitios serán diseñados para facilitar la separación y la recuperación de materiales con potencial reciclable.

##### **Disposiciones relativas a los Contenedores**

**Art. 6:** Los contenedores para el almacenamiento temporal de desechos sólidos, deberán cumplir los siguientes requisitos mínimos:

- a) Estar adecuadamente ubicados y cubiertos;
- b) Tener adecuada capacidad para almacenar el volúmen de desechos sólidos generados;



- c) Estar contruidos con materiales impermeables y con la resistencia necesaria para el uso al que están destinados;
- d) Tener un adecuado mantenimiento; y
- e) Tener la identificación relativa al uso y tipos de desechos.

## **CAPITULO II**

### **DE LA RECOLECCION Y TRANSPORTE**

#### **Rutas, horarios y frecuencias de recolección**

**Art. 7:** La determinación de las rutas, de los horarios y las frecuencias del servicio de recolección de desechos sólidos y planes de contingencia establecidos por los titulares, se realizará con sujeción estricta de los aspectos ambientales vigentes.

#### **Equipos de Recolección y Transporte**

**Art. 8:** El equipo de recolección y transporte de desechos sólidos deberá ser apropiado al medio y a la actividad. Dicho equipo deberá estar debidamente identificado y encontrarse en condiciones adecuadas de funcionamiento, y llevará inscrito en lugar visible y con material indeleble la magnitud de la tara. Los equipos deben ir debidamente cubiertos para evitar la dispersión de los desechos.

#### **Transporte de desechos sólidos**

**Art. 9:** Los equipos de transporte pesado de desechos sólidos, desde la estación de transferencia, si la hubiere, hacia el sitio de disposición final, deberán estar debidamente identificados. En su recorrido, se respetará una ruta única y previamente establecida, la que no será alterada sin previa autorización.



### **CAPITULO III**

#### **DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERENCIA**

##### **Estaciones de Transferencia Fijas**

**Art. 10:** De acuerdo con el Art. 21, letra d), de la Ley, las estaciones de transferencia requerirán del Permiso Ambiental respectivo, otorgado por el Ministerio y deberán considerarse, sin limitarse a ello, los siguientes aspectos: a) Volúmen de desechos sólidos, que requiere almacenamiento temporal;

b) Localización o ubicación, especialmente por la cercanía con áreas residenciales;

c) Orientación de los vientos predominantes; y

d) Tiempo de almacenamiento de los desechos.

### **CAPITULO IV**

#### **DEL TRATAMIENTO Y APROVECHAMIENTO**

##### **Tratamiento de desechos sólidos**

**Art. 11:** La utilización del Sistema de Tratamientos de Desechos Sólidos en el país dependerá fundamentalmente de la naturaleza y la composición de los desechos. Para los efectos del presente Reglamento, se identifican los siguientes Sistemas de Tratamiento:

a. Compostaje;

b. Recuperación, que incluye la reutilización y el reciclaje; y

c. Aquellos específicos que prevengan y reduzcan el deterioro ambiental y que faciliten el manejo integral de los desechos.

Para la aplicación de estos Sistemas de Tratamientos se requerirá la obtención del permiso ambiental.





## **CAPITULO V**

### **DE LA DISPOSICION FINAL**

#### **Del Relleno Sanitario**

**Art. 12:** Para los efectos del presente Reglamento, se adopta el relleno sanitario como un método de disposición final de desechos sólidos aceptable, sin descartar la utilización de otras tecnologías ambientalmente apropiadas.

#### **Uso de terrenos utilizados como sitio de disposición final**

**Art. 13:** La ubicación de terrenos utilizados como sitios de disposición final deberán cumplir con los criterios establecidos en el anexo de este reglamento.

## **CAPITULO VI**

### **DE LOS RELLENOS SANITARIOS**

#### **Clasificación de los Rellenos Sanitarios**

**Art. 14:** Por su forma de operación, los rellenos sanitarios se clasifican en tres tipos:

- a. Relleno Sanitario Manual;
- b. Relleno Sanitario Mecanizado; y
- c. Relleno Sanitario Combinado o Mixto.

#### **Relleno Sanitario Manual**

**Art. 15:** El relleno sanitario manual se utilizará preferentemente como método de disposición final de los desechos sólidos ordinarios de poblaciones urbanas y rurales, para aquellas localidades que generen menos de 20 toneladas diarias de desechos.



### **Relleno Sanitario Mecanizado**

**Art. 16:** El relleno sanitario mecanizado se utilizará preferentemente como método de disposición final de los desechos sólidos ordinarios de poblaciones urbanas, en las que se generen más de 40 toneladas diarias de desechos. Dicho relleno sanitario podrá utilizarse como tipo de disposición final para varias localidades.

### **Relleno Sanitario Combinado o Mixto**

**Art. 17:** En aquellas poblaciones urbanas y rurales, en las que se generen de 20 a 40 toneladas diarias de desechos sólidos ordinarios, podrá usarse preferentemente cualesquiera de los dos tipos de relleno sanitario, o una combinación de ambos, según lo requieran las condiciones financieras y ambientales de cada caso.

### **Seguridad**

**Art. 18:** La operación de los sitios de disposición final se sujetará a lo establecido en el Reglamento General sobre Seguridad e Higiene de los Centros de Trabajo.

### **Criterios Mínimos**

**Art. 19:** Los criterios técnicos mínimos para el manejo de rellenos y proyectos de compostaje sanitarios, están contenidos en el Anexo del presente Reglamento.

## **TITULO IV**

### **DE LA VIGILANCIA**

#### **Inspecciones**

**Art. 20:** De acuerdo al Art. 86 de la Ley, el Ministerio podrá realizar las inspecciones que considere pertinentes.



## **Informe**

**Art. 21:** El titular del proyecto de relleno sanitario presentará anualmente al Ministerio informes de operación de aquél, los cuales incluirán como mínimo la siguiente información:

- a. Promedio diario, semanal y mensual de ingreso de desechos sólidos, expresado en toneladas métricas;
- b. Registro de ingreso de vehículos de transporte de desechos sólidos, clasificándolos según su origen, peso y tipo de desechos; y
- c. Análisis de laboratorios, oficialmente acreditados, practicados a costo del titular, al afluente del sistema de tratamiento de lixiviados. Este análisis incluirá, como mínimo, los parámetros siguientes DBO, DQO, pH, Sólidos Totales, Cr, Pb, Hg, Ni.

## **TITULO V**

### **DE LAS INFRACCIONES Y SANCIONES**

#### **De las sanciones**

**Art.- 22:** Las contravenciones a las disposiciones del presente Reglamento, serán sancionadas de conformidad con el régimen establecido en la Ley.

## **TITULO VI**

### **DE LAS DISPOSICIONES FINALES**

#### **Observancias de normas técnicas**



**Art. 23:** Los parámetros, tales como la generación per cápita, el peso volumétrico y las composiciones física, química y biológica y cualquier otra que se consideren, deberán ser obtenidos según las normas oficiales obligatorias de determinación de parámetros de desechos sólidos. Estos parámetros se diferencian de otras normas referidas en el presente Reglamento, las que serán desarrolladas en coordinación con Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

**Art. 24:** Al entrar en vigencia el presente reglamento queda sin efecto el Acuerdo Ministerial Número 22 de fecha 6 de octubre de 1999 que contiene los lineamientos técnicos transitorios.

### **Vigencia**

**Art. 25:** El presente Decreto entrará en vigencia ocho días después de su publicación en el Diario Oficial.

DADO EN CASA PRESIDENCIAL: San Salvador, a los treinta y un días del mes de mayo del año dos mil.

FRANCISCO GUILLERMO FLORES PEREZ

Presidente de la República

ANA MARIA MAJANO

Ministra de Medio Ambiente

y Recursos Naturales



## ANEXO

### CRITERIOS TECNICOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PROYECTOS DE COMPOSTAJE Y PARA EL MANEJO DE RELLENOS SANITARIOS

#### Criterios Mínimos para establecimiento de un proyecto de compostaje

Para el establecimiento de Proyectos de Compostaje se deberán respetar los criterios siguientes:

- a) Proporción Carbono:Nitrogeno de 25:1 – 35:1;
- b) Temperatura de 40-50 °C;
- c) Humedad entre el 40 o 50%;
- d) Preferiblemente incorporar materiales en el rango de 1 a 4 centímetros de diámetro.

#### Características de las Áreas destinadas para Relleno Sanitario

Las áreas que se destinen para relleno sanitario deberán presentar, como mínimo, las características siguientes:

- a) Estar ubicadas a una distancia que garantice que las zonas de recarga de acuíferos o de fuentes de abastecimiento de agua potable, estén libres de contaminación. Esta distancia será fijada dentro de las normas técnicas nacionales;
- b) Que el suelo reúna características de impermeabilidad, aceptándose un coeficiente máximo permisible de infiltración  $10^{-7}$  cm/s; que posea características adecuadas de remoción de contaminantes; y que la profundidad del nivel de las aguas subterráneas garantice la conservación de los acuíferos existentes en la zona. En caso de que se carezca de este tipo de suelos, se podrá trabajar con un mayor espesor de la capa, para lograr el mismo nivel de impermeabilidad;



- c) Contar con suficiente material terreno para la cobertura diaria de los desechos sólidos depositados durante la vida útil;
- d) Estar ubicado a una distancia no perjudicial para las zonas de inundación, pantanos, marismas, cuerpos de agua y zonas de drenaje natural;
- e) Estar ubicado a una distancia de 500 metros de los núcleos poblacionales y con un fácil acceso por carretera o camino transitable en cualquier época del año;
- f) Estar ubicado fuera de las áreas naturales protegidas o de los ecosistemas frágiles, así como de las servidumbres de paso de acueductos, canales de riego, alcantarillados y líneas de conducción de energía eléctrica; y
- g) Estar ubicado a una distancia mínima de 60 metros de fallas que hayan tenido desplazamientos recientes.

### **Requisitos técnicos para el Relleno Sanitario**

Para el establecimiento y funcionamiento de un relleno sanitario, independientemente de su tipo y tamaño, este deberá cumplir, como mínimo, con los siguientes requisitos técnicos:

- a) Que exista garantía de estabilidad del terreno y del relleno contra deslizamientos;
- b) Que existan vías internas de acceso, balastadas o pavimentadas, transitables en cualquier época del año, con rótulo de información;
- c) Que exista un cercado periférico, que limite el terreno e impida el ingreso de personas y animales, ajenos al relleno, con portón y entrada restringidos;
- d) Que haya preparación del terreno, con una base impermeable, con pendiente hacia las líneas de drenaje;



- e) Que existan canales periféricos para las aguas pluviales;
- f) Que exista drenaje para los lixiviados y chimeneas, para los gases y los humos;
- g) Que haya instalaciones para captar y tratar o recircular los lixiviados;
- h) Que exista una caseta, bodega, servicios sanitarios y otra infraestructura básica;
- i) Que exista personal suficiente, con capacitación adecuada y supervisión calificada;
- j) Que exista cobertura diaria de los desechos con materia inerte, con un espesor mínimo de 15 cms;
- k) Que haya cobertura final del relleno, con una capa de material de cobertura de 60 cms. de espesor, con una capa adicional de 20 cms. de espesor, capaz de sostener vegetación, y con la suficiente inclinación para impedir el ingreso de aguas pluviales al relleno sanitario;
- l) Que exista un diseño de las diferentes fases de los períodos de explotación del sitio de relleno; y
- m) Que exista un diseño de la configuración final del sitio, con su tratamiento paisajístico.

### **Requisitos mínimos para el Relleno Sanitario Manual**

Para la existencia de un relleno sanitario manual, serán considerados los siguientes requisitos mínimos, adicionalmente a aquellos establecidos en el Artículo 35:

- a) Una vida útil superior a los cinco años;
- b) Un equipo mínimo para el movimiento y la compactación manual de los desechos, incluyendo un equipo de protección personal;
- c) La disposición de desechos en capas de 20 a 30 cms; y



d) El diseño del relleno, el cual será parte de un proyecto integral de la gestión de desechos sólidos.

### **Requisitos mínimos para Relleno Sanitario Mecanizado**

Para la existencia de un relleno sanitario mecanizado, serán considerados los siguientes requisitos mínimos, adicionalmente a aquellos establecidos en el Artículo 35 de este Reglamento:

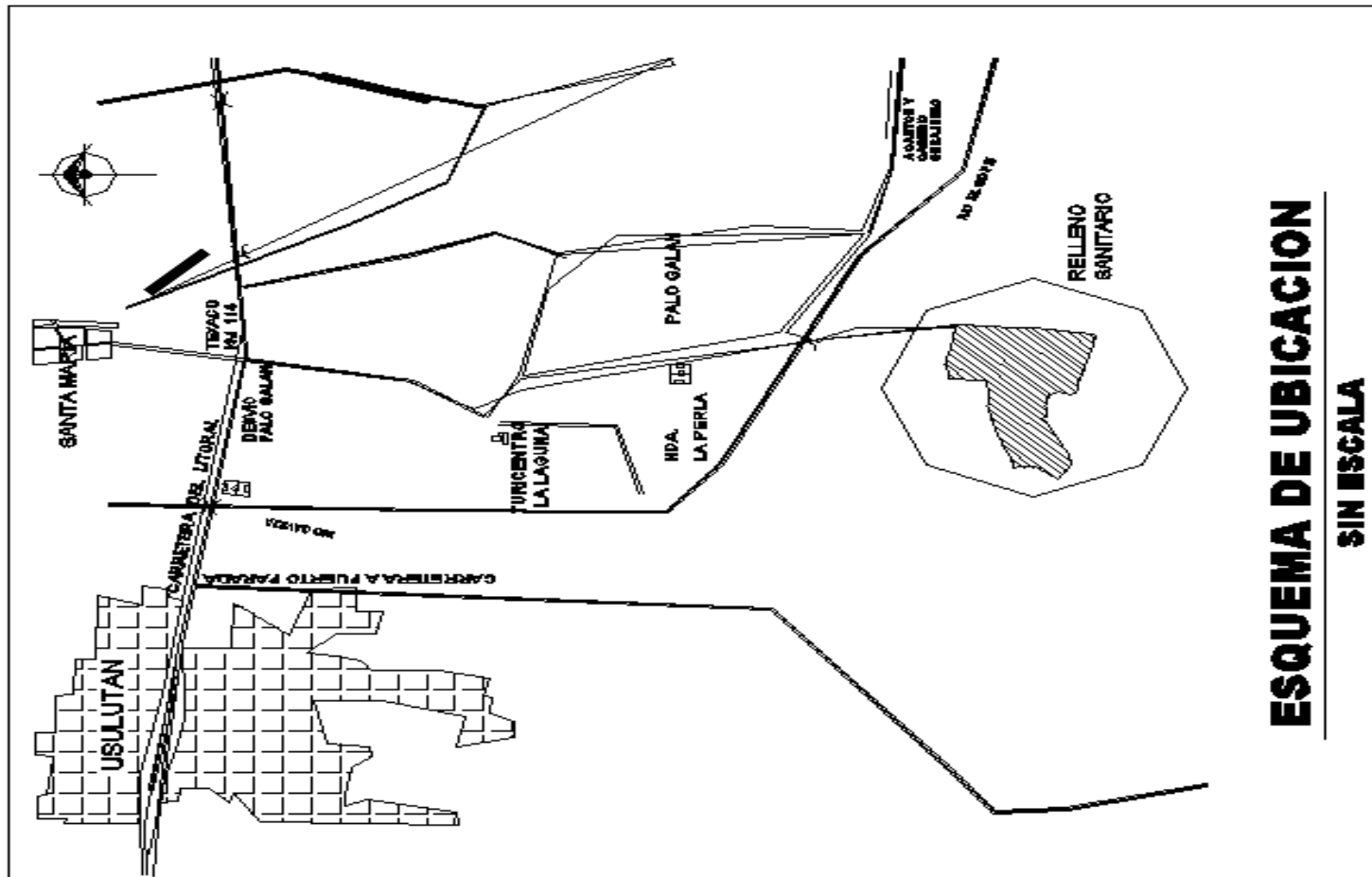
- a) Una vida útil superior a los 10 años;
- b) Los taludes finales deberán tener una inclinación no mayor de 30%;
- c) Un área de ingreso con báscula, caseta de control y estacionamiento;
- d) Un área administrativa y otra de oficinas;
- e) Servicio de electricidad, agua y teléfono, en las áreas administrativas y de ingreso;
- f) Acondicionamiento del terreno, con una base de suelo impermeable, con un coeficiente de máximo permisible de infiltración no superior a los  $10^{-7}$  cm/s, de un espesor mínimo de 50 cms. y compactación al 95%, y con pendiente mínima del 3%, hacia las líneas de los tubos de drenaje;
- g) Un sistema de drenaje para lixiviados, que cuente con aditamentos para su inspección y su mantenimiento, el que conducirá a estos líquidos hasta un sistema de tratamiento y disposición final, con o sin recirculación en el relleno;
- h) Un control de la calidad del agua subterránea, mediante la perforación de los pozos que sean necesarios, para detectar la posible presencia de contaminación por la operación del relleno;
- i) Minimización de la emisión de cualquier material volátil;





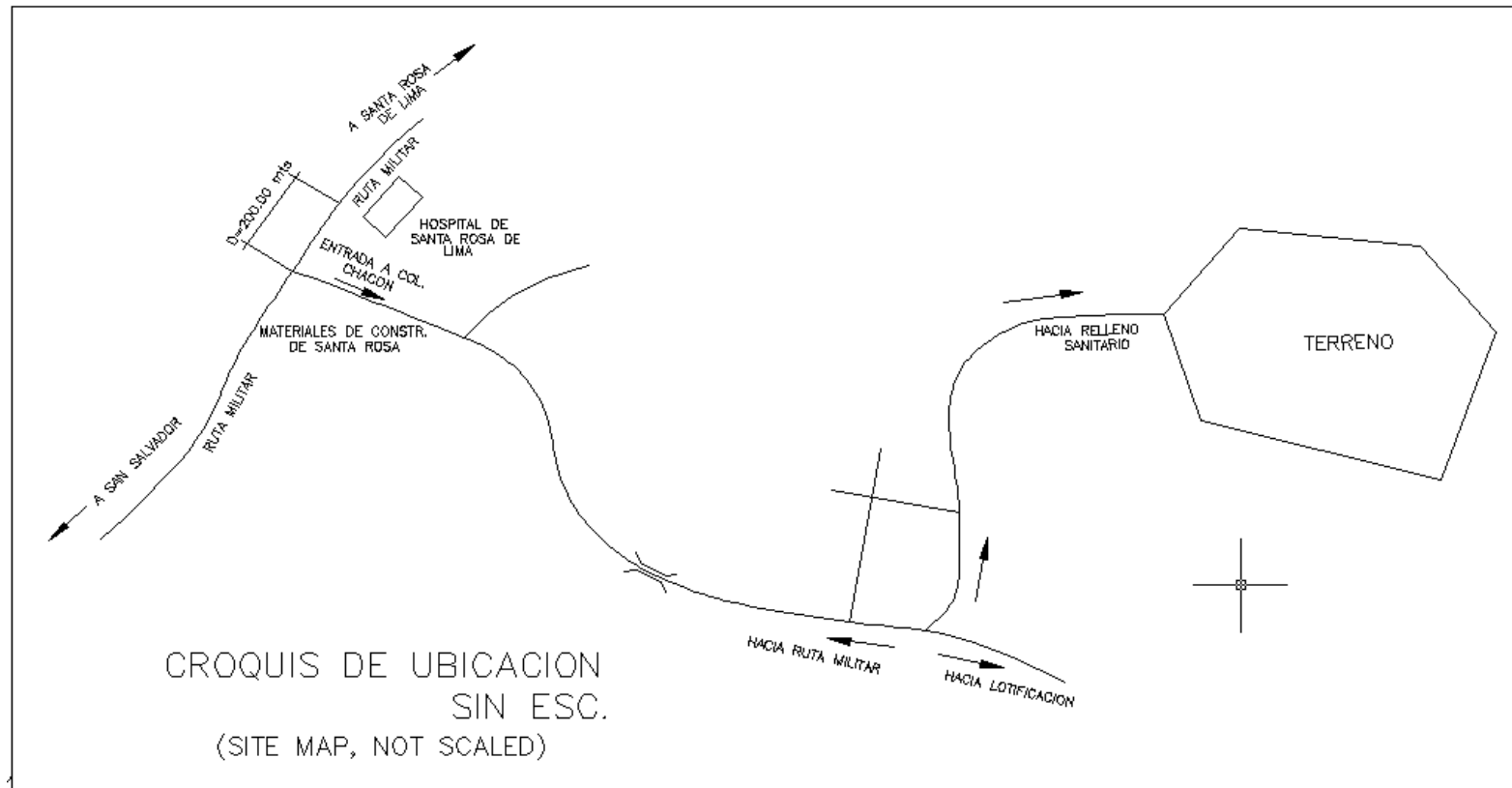
- j) Una supervisión calificada, de carácter permanente;
- k) Una disposición de los desechos, en capas de 60 cms. de espesor;
- l) Una compactación de cada capa, mediante un mínimo de cuatro pasadas con maquinaria de peso mínimo de 15 toneladas;
- m) Un sistema de emisión para gases, con aprovechamiento o evacuación permanente;
- n) Una asignación de personal que sea suficiente para el volumen de desechos que se dispondrá; y
- o) Un reglamento interno de operación.

PLANO DE UBICACION SIN ESCALA DEL RELLENO SANITARIO SOCINUS SEM.



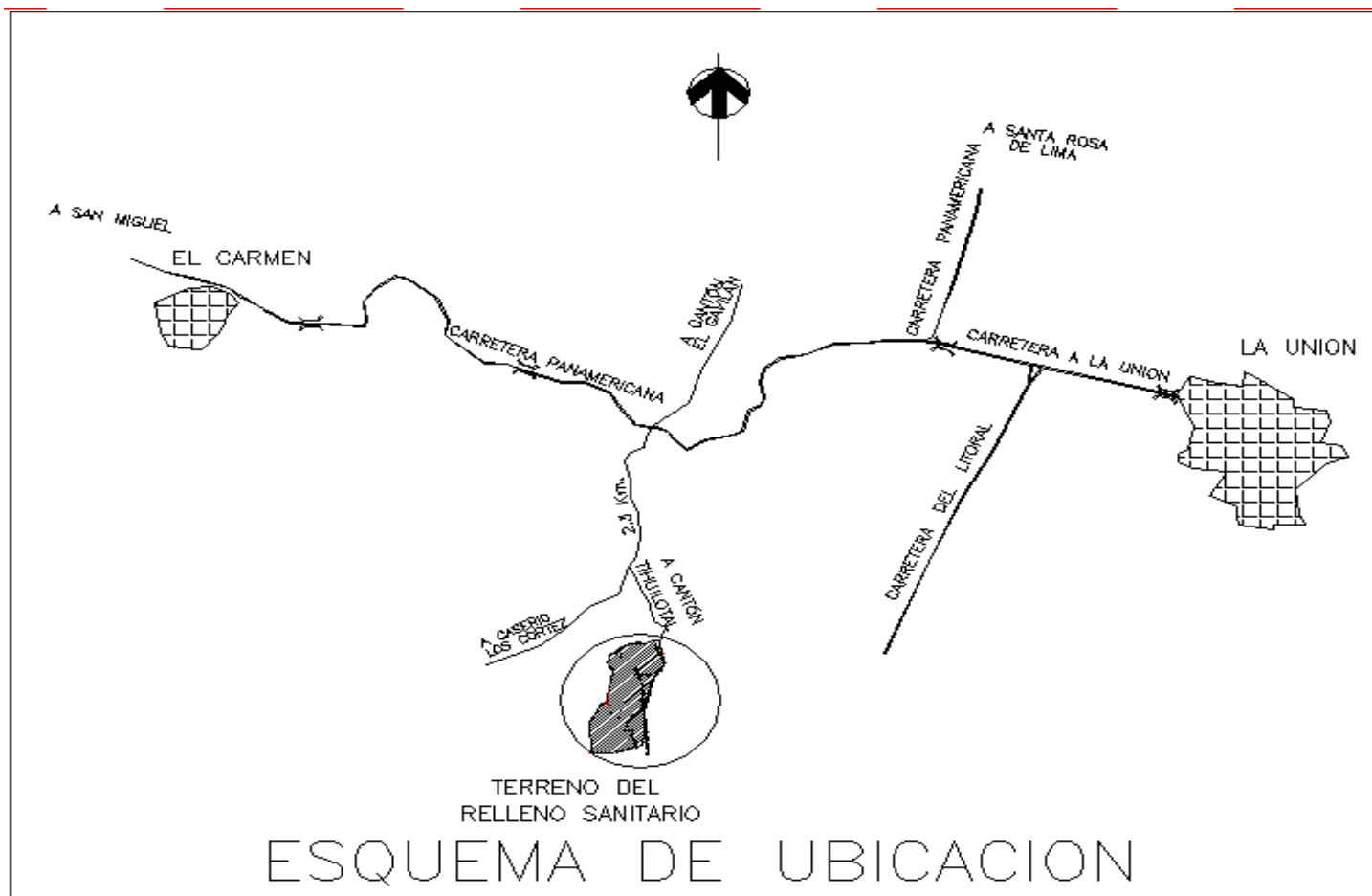


## PLANO DE UBICACION SIN ESCALA DEL RELLENO SANITARIO ASINORLU.



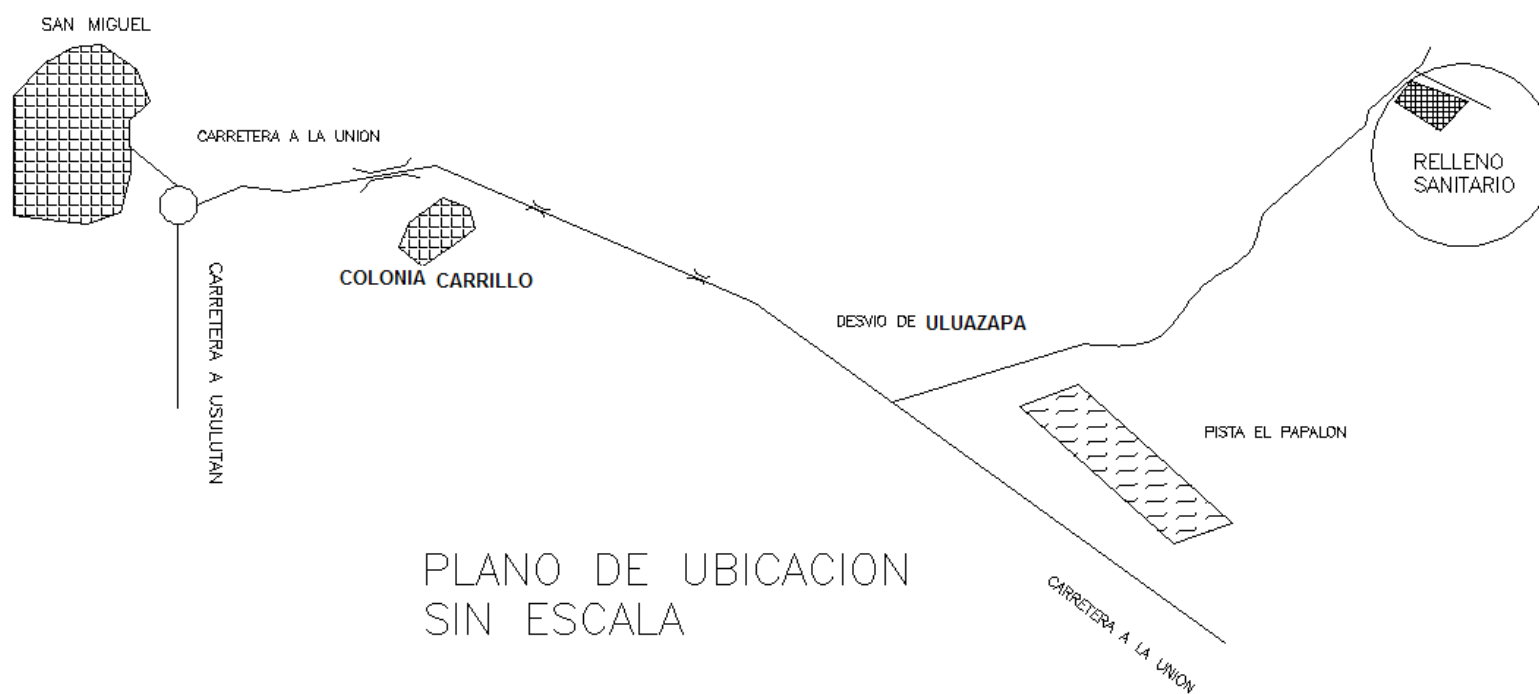


### PLANO DE UBICACION SIN ESCALA DEL RELLENO SANITARIO ASIGOLFO.





## PLANO DE UBICACION SIN ESCALA DEL RELLENO SANITARIO SAN MIGUEL.





## ENCUESTA POBLACIONAL

**Nombre de la persona:** \_\_\_\_\_

Desde el inicio de la operación del relleno:

**1.- Han percibido malos olores:** SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_ N/R: \_\_\_\_\_

**2.- Que tipo de sistema de abastecimiento de agua utilizan:**

Agua Potable: \_\_\_\_\_

Pozo: \_\_\_\_\_ Profundidad: \_\_\_\_\_

Otro: \_\_\_\_\_ Fuente: \_\_\_\_\_

**3.- Ha percibido un cambio en el agua:** SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_ N/R: \_\_\_\_\_

Sabor: \_\_\_\_\_ Olor: \_\_\_\_\_ Color: \_\_\_\_\_

**4.- Ha notado incrementos de plagas:**

Roedores: \_\_\_\_\_ Cucarachas: \_\_\_\_\_

Zancudos: \_\_\_\_\_ Otros: \_\_\_\_\_

**5.- Para usted que hacen en el sitio de disposición final:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**6.- Como ve la operación del relleno:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**7.- Ha visto aves de rapiña en la zona:** SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_ N/R: \_\_\_\_\_

**8.- Cuales son las enfermedades más comunes que presentan en su familia:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Número de habitantes en la casa: \_\_\_\_\_

Sexos: \_\_\_\_\_

Edades: \_\_\_\_\_

Oficios: \_\_\_\_\_

Descripción de la vivienda:

Piso: \_\_\_\_\_

Paredes: \_\_\_\_\_

Techo: \_\_\_\_\_

Distancia del relleno a la vivienda: \_\_\_\_\_




## BIBLIOGRAFIA

 CARPETA TECNICA

PROCOSAL (Ings. RONALD CAMPOS Y ROBERTO AVELAR)

 DISEÑO DEL RELLENO DE LA ASOCIACIÓN INTERMUNICIPAL DEL  
GOFO DE FONSECA.

AMBIENTEC, S.A. de C.V.

 GUIA PRÁCTICA PARA LA OPERACION DE LAS CELDAS DIARIAS EN  
RELLENOS SANITARIOS PEQUEÑOS Y MEDIANOS.

CARLOS EDUARDO MELÉNDEZ

OCTUBRE 2004.

 GUIA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCION Y OPERACION DE  
RELLENOS SANITARIOS MANUALES.

AUTOR JORGE JARAMILLO.

ADAPTACION Y EDICION FRANCISCO ZEPEDA.


WASHINGTON, D.C., SEPTIEMBRE DE 1991.



 *GUÍA PARA LA GESTIÓN DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS  
MUNICIPALES ENFOQUE CENTROAMÉRICA.*

GUILLERMO UMAÑA, JORAM GIL LAROJ, CARLOS SALAZAR ORTIZ, MARIO  
STANLEY CÁCERES, MENAJEM BESSALEL.  
AIDIS CARE EL SALVADOR PROARCA/SIGMA.

AÑO 2003

 *MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL RELLENO  
REGIONAL DE USULUTAN.*

AMBIENTEC, S.A. de C.V.

 *MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA EL RELLENO  
SANITARIO DE ASINORLU.*

PROYECTO DE MANEJO INTEGRAL DE DESECHOS SÓLIDOS PARA  
MUNICIPIOS EN LA REPUBLICA DE EL SALVADOR (PROMADES).

 *MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL RELLENO  
SANITARIO DEL GOLFO DE FONSECA.*

AMBIENTEC, S.A. de C.V.

 *REDISEÑO DEL RELLENO REGIONAL DE USULUTAN.*

AMBIENTEC, S.A. de C.V.