

Septiembre de 1999



CONSORCIO AMBIENTAL Y DE SERVICIOS S.A. de C.V.

PROYECTO EJECUTIVO DEL RELLENO SANITARIO METROPOLITANO PONIENTE "PICACHOS"



CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO

INTRODUCCION

ANTECEDENTES

OBJETIVOS

CAPITULO 1

DESCRIPCION GENERAL DE LOS MUNICIPIOS BENEFICIADOS

- **DESCRIPCION DE LOS MUNICIPIOS BENEFICIADOS**
- **UBICACIÓN Y MARCO BIOFISICO**
- **DATOS DE POBLACION**
- **URBANIZACION**
- **MARCO SOCIOECONOMICO**
- **SITUACION ACTUAL DE LA DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES**
- **GENERACION DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES**
- **DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES.**

CAPITULO 2

ESTUDIOS PREVIOS

- **ESTUDIO DEMOGRAFICO**
- **GENERACION DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES.**
- **GENERACION DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES DOMICILIARIOS.**
- **GENERACION DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES POR OTRAS FUENTES**
- **PRODUCCION TOTAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES.**
- **DETERMINACION DEL PESO VOLUMETRICO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES.**
- **SELECCIÓN Y CUANTIFICACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES.**
- **JUSTIFICACION DE LA LOCALIZACION DEL SITIO PARA EMPLAZAR EL RELLENO SANITARIO.**
- **ESTUDIO TOPOGRAFICO**
- **ESTUDIO GEOHIDROLOGICO Y GEOFISICO**
- **ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS.**

CAPITULO 3

DISEÑO EJECUTIVO, CONSTRUCCION, OPERACIÓN, CONTROL Y MANTENIMIENTO DEL RELLENO SANITARIO.

- PARAMETROS DE DISEÑO**
- **ANALISIS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION TOPOGRAFICA**
- **SELECCIÓN DEL METODO DE OPERACIÓN**
- **CELDA DIARIA**
- **NIVEL DE DESPLANTE**
- **MATERIAL DE COBERTURA**
- **FRENTE DE TRABAJO**
- **VIDA UTIL**
- **SUPERFICIE FINAL**
- **SISTEMA DE IMPERMEABILIZACION**
- **GENERACION Y CONTROL DE BIOGAS**
- **CALCULO DEL VOLUMEN GENERADO DE BIOGAS.**
- **SISTEMA DE CONTROL DE BIOGAS.**
- **GENERACION, CONTROL Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS.**
- **GENERACION DE LIXIVIADOS**
- **CONTROL DE LIXIVIADOS**
- **TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS**
- **CONTROL DE FAUNA NOCIVA**
- **MANEJO DE AGUAS PLUVIALES**
- **CALCULO DE GASTO DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL.**
- **DRENES PLUVIALES EXTERNOS E INTERNOS**
- **BERMAS DE CONTENCION**
- **OBRAS HIDRAULICAS DE ENCAUSAMIENTO Y/O DESVIO DE AGUAS PLUVIALES.**
- **CAMINOS**
- **CAMINO DE ACCESO PRINCIPAL**
- **CAMINO PRINCIPAL DEL RELLENO**
- **CAMINOS INTERNOS DE OPERACIÓN**
- **OBRAS COMPLEMENTARIAS Y DE CONTROL**
- **CASETA DE CONTROL DE INGRESO Y VIGILANCIA**
- **BASCULA Y CASETA DE CONTROL DE PESAJE.**
- **OFICINAS ADMINISTRATIVAS**
- **ESTACIONAMIENTO**
- **TALLER Y COBERTIZO DE MAQUINARIA.**
- **CERCADO PERIMETRAL Y FRANJAS DE PROTECCION Y AMORTIGUAMIENTO.**
- **POZO DE MONITOREO DE AGUAS SUBTERRANEAS**
- **SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA.**

CAPITULO 4

SELECCIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPO

- MAQUINARIA Y EQUIPO PARA LA CONSTRUCCION DEL RELLENO SANITARIO
- MAQUINARIA Y EQUIPO PARA LA OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO
- MAQUINARIA Y EQUIPO COMPLEMENTARIO.

CAPITULO 5

MANUAL DE OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO

- OBJETIVO
- DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES A DESARROLLAR POR CADA ETAPA DE CONSTRUCCION DEL RELLENO SANITARIO.
- DESCRIPCION DE LAS AREAS DEL RELLENO.
- DESCRIPCION GENERAL DEL PERSONAL
- REGLAMENTO INTERNO DE TRABAJO
- NORMAS DE SEGURIDAD E HIGIENE
- PLANES DE CLAUSURA

CAPITULO 6

INVERSIONES Y COSTOS

- DETERMINACION DE INVERSIONES DE OBRA CIVIL E INFRAESTRUCTURA

CAPITULO 7

PLANES DE CLAUSURA

- USO FINAL DEL SITIO
- CLAUSURA DEL RELLENO SANITARIO

CAPITULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

BIBLIOGRAFIA

RESUMEN EJECUTIVO.

1. Este proyecto forma parte de las acciones que el Consejo Metropolitano de Guadalajara realiza, en coordinación con la Comisión Estatal de Ecología, para hacer frente a la grave problemática ambiental y sanitaria causada por los tiraderos municipales en la Zona Metropolitana Guadalajara. Una de las soluciones más apropiadas para sustituir los tiraderos de residuos sólidos que funcionan a cielo abierto son los rellenos sanitarios, definidos estos como obras de ingeniería para confinar la residuos sólidos en la menor área posible, sin causar perjuicios al medio ambiente y sin causar molestias o peligros para la salud y la seguridad pública.

El apoyo del Consejo Metropolitano de Guadalajara y de los Ayuntamientos que lo conforman en coordinación con la Comisión Estatal de Ecología, para proyectar e instalar rellenos sanitarios se realiza como parte del Programa prioritario para el manejo de los residuos sólidos urbanos.

2. El objetivo del proyecto ejecutivo es contar con un documento en el cual se presente toda la información técnica, económica y la justificación de las obras de infraestructura e instalaciones con las que debe contar el relleno sanitario Metropolitano Poniente "Picachos", y, además se describan los diferentes procesos de operación y control del relleno. La construcción de las obras civiles de infraestructura, las instalaciones, las obras de control ambiental y la operación deberán realizarse apegándose a la normatividad y regulaciones que establecen las normas oficiales mexicanas aplicables.

La instalación del relleno sanitario Metropolitano Poniente, permitirá a los municipios de la Zona Metropolitana de Guadalajara clausurar y sanear los actuales tiraderos de residuos sólidos que se localizan dentro de sus municipios, concretamente el caso del vertedero conocido como "El Taray", en Zapopan y "Coyula Matatlan" ubicado dentro del municipio de Tonalá.

Otro de los propósitos del proyecto fue estudiar el impacto ambiental que causara el relleno sanitario, con la finalidad de incluir en el mismo documento las medidas adecuadas de prevención y control de la contaminación, así como de otros factores que puedan afectar la salud pública o el medio ambiente.

3. Para realizar el proyecto ejecutivo del relleno sanitario Metropolitano Poniente y Manifestación de impacto ambiental, se contó con el valioso apoyo de la Comisión Estatal de Ecología, del Consejo Metropolitano, y todos y cada uno de los Ayuntamientos que lo conforman. proporcionando información muy útil para la realización del estudio.
4. La población actual de la Zona Metropolitana de Guadalajara, según el conteo definitivo de Población de 1995 del INEGI, está estimado en 3'279,424 habitantes, de los cuales el 49.8 % corresponde al municipio de Guadalajara, el 13.7 % a Tlaquepaque, el 8.3 % de Tonalá y el 28.2 % Zapopan el resto de la población del área conurbada que es de 202,993 representa el 5.8 %, y abarca los municipios de; Tlajomulco de Zuñiga, El Salto, Juanacatlan e Ixtlahuacan de los Membrillos respectivamente. en este proyecto se tomó como base la población total del municipio de Zapopan y del sector Hidalgo de Guadalajara para estimar el volumen de residuos que serán llevados al relleno sanitario en su vida útil de los próximos años.

Este proyecto forma parte de las acciones que el Gobierno del Estado de Jalisco a través del Consejo Metropolitano de Guadalajara realiza, en coordinación con la Comisión Estatal de Ecología, para hacer frente a la grave problemática originada a partir de un manejo inadecuado de los residuos sólidos municipales, a continuación se presenta la población total de la zona conurbada de Guadalajara.

Población total zona conurbada de Guadalajara.

Municipio	Población
Guadalajara	1'633,216
Ixtlahucan de los membrillos	20,598
Juanacatlan	11,513
El Salto	70,085
Tlajomulco	100,797
Tlaquepaque	449,238
Tonala	271,857
Zapopan	925,113
TOTAL	3'482,417

Resultados definitivos, conteo 1995 (I.N.E.G.I.)

Las principales actividades económicas de la Zona Metropolitana de Guadalajara. son el comercio, la industria, los servicios, la agricultura y la ganadería.

5. Es prioritario clausurar y sanear los vertederos actuales, ya que, están funcionando fuera de normas.
6. Los Ayuntamientos de Guadalajara (a través de una empresa concesionaria) y Zapopan. cuenta con una organización sólida para efectuar el servicio de aseo publico, no así los ayuntamientos de Tonalá y de Tlaquepaque que presentan deficiencias en el manejo de sus residuos.
7. En la Z.M.G., hay alrededor de 682,739 viviendas distribuidas en los cuatro municipios que la conforman, en los cuales se generan aproximadamente 2,500 toneladas por día de residuos de origen domiciliario.
8. Los principales componentes de los residuos sólidos domiciliarios en la Z.M.G. son aproximadamente el 50 % residuos orgánicos y 50% inorgánicos.
9. Después de analizar varias opciones, la Comisión Estatal de Ecología y el Consejo Metropolitano, seleccionaron el terreno ubicado en la localidad de Milpillas, a la altura del kilometro 15.8 carretera a San Cristobal de la Barranca, predio denominado "Picachos" para instalará el Relleno Metropolitano Poniente. Este terreno tiene una superficie de 70-03-80 ha, de las cuales se utilizarán en el proyecto 38-18-00Ha.
- 10 .Para verificar la viabilidad el terreno seleccionado, se hicieron diversos estudios previos como: Estudio Topográfico, Estudio Geohidrológico, Estudio Geológico, Geofísico y de Mecánica de Suelos. Estos estudios junto con el Estudio de Generación de Residuos Sólidos Urbanos en el Municipio de Zapopan y Guadalajara sirvieron de base para el diseño del relleno sanitario.
El sitio donde se instalará el relleno cuenta con condiciones favorables para el proyecto. Según lo demuestran los estudios previos.
11. Para establecer una base que permitiera el diseño conceptual del relleno se elaboró en primer término un plano topográfico con la altimetría y 43 perfiles o secciones, con orientación de Nor-

Este a Sur-Oeste y 61 de Nor-Oeste a Sur Este. representando de manera precisa las pendientes y las diferencias de niveles en el sitio.

Además se analizó con cuidado la información geológica y geofísica, así como los datos de edafología y mecánica de suelos, con lo cual se determinó:

- Que el diseño del relleno se haría en las 38-18-00 ha. disponibles, consideradas como la primera etapa del proyecto.
- Que no era conveniente construir trincheras; es decir, extraer gran cantidad de material, debido a que el subsuelo es sumamente duro y se ocasionaría un alto costo por este concepto.

Con estos antecedentes se proyectó el relleno por el método de área.

12. El material de cobertura será obtenido de un banco de préstamo que se localiza a 3 kilómetros hacia el Noreste del predio, los pocos cortes que se obtendrán dentro del predio, servirán como rellenos de las obras hidráulicas que se realizarán.

13. La ocupación de las 38-18-00 ha disponibles para la primera etapa del proyecto llevarán un tiempo estimado de operación de 12 años. Posteriormente se contempla la ampliación del Relleno. Dado que hay condiciones favorables en el sitio, para lo cual se cuenta con poco más de 500 ha. Adicionales.

14. Las principales obras de infraestructura e instalaciones del relleno son:

- Camino de acceso desde el entronque con la carretera a San Cristobal de la Barranca al predio Picachos (2 km).
- Camino principal.
- Caminos internos.
- Drenes para control y conducción de lixiviados.
- Fosa para almacenamiento lixiviados.
- Sistema para el control de agua pluvial.
- Impermeabilización del subsuelo con geomembrana.
- Construcción de una caseta de control y una caseta de vigilancia.
- Instalación de básculas.
- Construcción de un cobertizo para protección de la maquinaria.
- Construcción de oficinas generales y área de estacionamiento.
- Colocación de señalamientos viales.
- Instalación de una cerca perimetral y cortina arbórea.

- Instalación de pozos para la conducción del biogas.
- Suministro de energía eléctrica.
- Obras hidráulicas
- Otros.

INTRODUCCION

Derivado de las acciones prioritarias en el marco de la gestión ambiental que ha motivado que las autoridades federales, estatales y municipales en sus ámbitos de competencia, así como la participación activa de la sociedad civil en la búsqueda de acciones y estrategias para la protección y preservación del ambiente y el mejoramiento de la calidad de vida partiendo de la visión del desarrollo sustentable en cuanto se refiere, al aprovechamiento de los recursos naturales y la prevención y control de la contaminación ambiental generada a partir de las acciones productivas de la propia sociedad, en el presente proyecto se contempla las aplicaciones de tecnologías eficientes para la disposición final de los residuos sólidos de origen municipal, y en este marco se aplican técnicas de ingeniería tanto para la construcción del relleno sanitario metropolitano poniente "Picachos" como de control ambiental para prevenir y mitigar impactos ambientales, así como, establecer actividades de mantenimiento y de seguridad del sitio.

El método del relleno sanitario para la disposición de residuos sólidos, es en la actualidad el de mayor uso a nivel mundial, ya que por un lado minimiza riesgos de contaminación, cumpliendo con normas ambientales en su diseño, construcción, operación y control, así como, por su bajo costo económico, comparado con otros sistemas de disposición.

El método del relleno sanitario tiene otras ventajas adicionales, como por ejemplo; el equipamiento y los materiales utilizados se localizan localmente o regionalmente, el personal utilizado, no requiere de una especialización y capacitación compleja, y por ultimo la rapidez para desarrollar su construcción y operación.

Por lo anterior, la decisión que han tomado las autoridades estatales y municipales por la protección ambiental y por la importancia que representa en el ámbito nacional e internacional la zona Metropolitana de Guadalajara será determinante para que en el corto y mediano plazo sean ejemplo de vanguardia en cuanto al mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes.

ANTECEDENTES

La zona Metropolitana de Guadalajara, es la segunda zona mas importante a nivel nacional después de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, esto es por el total de la población que habita en ella y por su propio desarrollo socioeconómico, como toda zona conurbada se presentan problemas en la atención y calidad de los servicios públicos que prestan los diversos municipios que la conforman, dentro de estos, los de materia de higiene y salud representan un gran reto, porque en ellos intervienen factores naturales y artificiales que benefician o perjudican a la calidad de vida de los habitantes, en la constante búsqueda por parte de las autoridades de alternativas que puedan brindar soluciones adecuadas para el mejoramiento de la calidad de vida de la población, en este contexto, y en lo que marca el plan estatal de desarrollo, convergen esfuerzos importantes a través de organismos públicos o descentralizados, con el objeto de atender las necesidades mas apremiantes de la población, y en este marco. La Comisión Estatal de Ecología, el Consejo Metropolitano de Guadalajara y los municipios que lo conforman han logrado consensos importantes para encontrar soluciones en materia ambiental a los problemas del manejo adecuado de los residuos sólidos en la fase de disposición final, donde coordinadamente han trabajado durante los años de 1998 y 1999 para encontrar soluciones a mediano y largo plazo para la disposición final de los residuos sólidos de la Zona Metropolitana de Guadalajara, y es en este marco, que con el trabajo conjunto se ha localizado el sitio conocido como "Picachos" en el municipio de Zapopan, para desarrollar un proyecto ejecutivo para la construcción y operación de lo que será el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente, sobre una superficie total en su primera etapa de 70 ha. De las cuales se utilizaran 38.18 ha, para la disposición de los residuos sólidos municipales, en un principio del municipio de Zapopan y una fracción del de Guadalajara, el cual tendrá una vida útil estimada de 12 años, a partir del año 2000. El proyecto consta del diseño, construcción, operación, control ambiental y mantenimiento del relleno sanitario poniente "Picachos", así como de la manifestación del impacto ambiental respectiva, dando cumplimiento así, a la normatividad ambiental vigente.

OBJETIVOS

GENERALES

Realizar el proyecto ejecutivo del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente "Picachos", detallando los aspectos técnicos, constructivos y económicos.

Contempla las etapas de diseño, construcción, operación, control ambiental y mantenimiento lo cual derivara en la puesta en marcha de este proyecto para inicios del año 2000.

ESPECIFICOS

- Se determinaran las características físicas y socioeconómicas de los municipios de Guadalajara y Zapopan, que serán los beneficiados por el proyecto en esta primera etapa.
- Se determinara la producción de residuos sólidos municipales de origen domiciliario como de otras fuentes.
- Se determinara la viabilidad del sitio elegido para desarrollar el proyecto, con base en los resultados de los análisis topográficos , Geohidrológicos, Geofísicos y de mecánica de suelos
- Se desarrolla el diseño ejecutivo, que incluirá aspectos básicos y detalles de la ingeniería civil y ambiental para el desarrollo del proyecto.
- Se desarrollara un manual de operación del proyecto, donde se describirán los procedimientos generales de operación, medidas de seguridad e higiene, mantenimiento y control ambiental.
- Se determinaran los requerimientos de personal para la operación del proyecto.
- Se determinaran los montos de las inversiones para el desarrollo del proyecto.

DISEÑO EJECUTIVO, OPERACIÓN Y CONTROL DEL RELLENO SANITARIO.

CAPITULO 1. DESCRIPCION GENERAL DE LOS MUNICIPIOS BENEFICIADOS

CAPITULO 1. DESCRIPCION GENERAL DE LOS MUNICIPIOS BENEFICIADOS

El Relleno Sanitario Metropolitano Poniente "Picachos", será una obra de ingeniería ambiental que coadyuvará para la solución a mediano y largo plazo de la disposición final de los residuos sólidos municipales, generados en una parte importante de la zona Metropolitana de Guadalajara, inicialmente beneficiado en su primera etapa a los Municipios de Guadalajara (Parcialmente) y Zapopan en su totalidad, por lo anterior, se presentan a continuación los aspectos más relevantes de ambos municipios en el ámbito biofísico y socioeconómico.

1.1. UBICACION Y MARCO BIOFISICO ASPECTOS GEOGRAFICOS

MUNICIPIO DE ZAPOPAN

Ubicación Geográfica

Coordenadas Geográficas extremas Al norte 21° 00', al Sur 20° 35' de latitud norte; al Este 103° 18', al Oeste 103° 40' de longitud Oeste.

Porcentaje Territorial El municipio de Zapopan representa el 1.48% de la superficie del estado.

Colindancias El municipio de Zapopan colinda al Norte con los Municipios de Tequila, San Cristobal de la Barranca, e Ixtlahuacan del río y Guadalajara; al Sur con los municipios de Guadalajara, Tlaquepaque, Tlajomulco de Zúñiga y Tala; al Oeste con los municipios de Tala, Arenal, Amatitán y Tequila.

Tabla 1.1. Geología

Clave	Era Nombre	Clave	Periodo Nombre	Roca o suelo Nombre	Unidad Litológica Clave Nombre	% de la superficie Municipal	
C	Cenozoico	Q	Cuaternario	Ignea extrusiva Volcanoclástica Suelo	(r)	Riolita	7.99
					(vc)	Volcanoclástica	42.17
					(al)	Aluvial	0.42
					(re)	Residual	0.12
		T-Q	Terciario- Cuaternario	Ignea extrusiva	(b)	Basalto	1.86
					(b-bvb)	Basalto- Brecha	1.40
					(bvb)	volcánica básica.	0.12
					(tq)	Brecha volcánica básica. Traquita	1.71
					(ta)	Toba ácida	44.22
		T	Terciario	Ignea extrusiva	(ta)	Toba ácida	44.22

FUENTE: INEGI carta Geológica, 1:250,000

Tabla 1.2.
CLIMAS

TIPO O SUBTIPO	SIMBOLO	% DE LA SUPERFICIE MUNICIPAL
Cálido subhúmedo con lluvias en verano de menor húmeda	A (w0)	16.63
Semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de húmeda media.	Acw1	81.68
Templado subhúmedo con lluvias de verano, de mayor humedad.	C(w2)	1.69

Tabla 1.3.
TEMPERATURA MEDIA ANUAL
(Grados Centigrados)

ESTACION	PERIODO	TEMPERATURA PROMEDIO	TEMPERATURA DEL AÑO MAS FRIO	TEMPERATURA DEL AÑO MAS CALUROSO
Zapopan	1989-1996	21.1	21.0	21.3

FUENTE: CNA Registro Mensual de Temperatura Media en °C. Inédito.

Tabla 1.4.
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL
(Grados Centigrados)

ESTACION Y CONCEPTO	PERIODO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Zapopan	1996	16.2	22.1	20.2	21.8	25.4	23.7	22.6	21.6	21.8	20.7	18.6	17.3
Promedio	1989-1996	17.5	19.9	20.9	22.8	25.2	24.5	22.0	21.9	21.5	20.5	19.5	17.3
Año mas frío	1996	16.2	22.1	20.2	21.8	25.4	23.7	22.6	21.6	21.8	20.7	18.6	17.3
Año mas caluroso	1995	18.0	19.9	20.9	22.4	25.2	24.5	22.6	22.2	21.8	20.8	20.5	16.8

FUENTE: CNA Registro Mensual de Temperatura Media en °C. Inédito.

Tabla 1.5.
PRECIPITACION TOTAL ANUAL
(Milímetros)

ESTACION	PERIODO	PRECIPITACION PROMEDIO	PRECIPITACION DEL AÑO MAS SECO	PRECIPITACION DEL AÑO MAS CALUROSO
Zapopan	1987-1996	962.3	896.6	1084.0

FUENTE: CNA Registro Mensual de Precipitación pluvial en mm. Inédito.

**Tabla 1.6 PRECIPITACION TOTAL MENSUAL
(Milímetros)**

ESTACION Y CONCEPTO	PERIODO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Zapopan	1996	0.0	0.0	0.0	0.0	12.6	192.0	213.0	256.5	167.5	56.0	10.0	0.0
Promedio	1989-1996	1.2	8.5	0.7	1.8	15.4	183.5	258.7	238.2	190.0	41.8	8.7	13.8
Año mas seco	1996	0.0	9.8	0.0	0.0	13.7	52.2	289.8	253.8	166.0	52.1	10.5	47.7
Año mas lluvioso	1995	4.2	28.5	4.4	9.0	34.3	282.2	243.3	249.1	223.4	0.0	3.5	2.1

FUENTE: CNA Registro Mensual de Precipitación pluvial en mm. Inédito

AGRICULTURA Y VEGETACION

Agricultura

20.96 % de la superficie municipal

Pastizal

19.38 % de la superficie municipal

Bosque

41.70 % de la superficie municipal

Selva

7.64 % de la superficie municipal

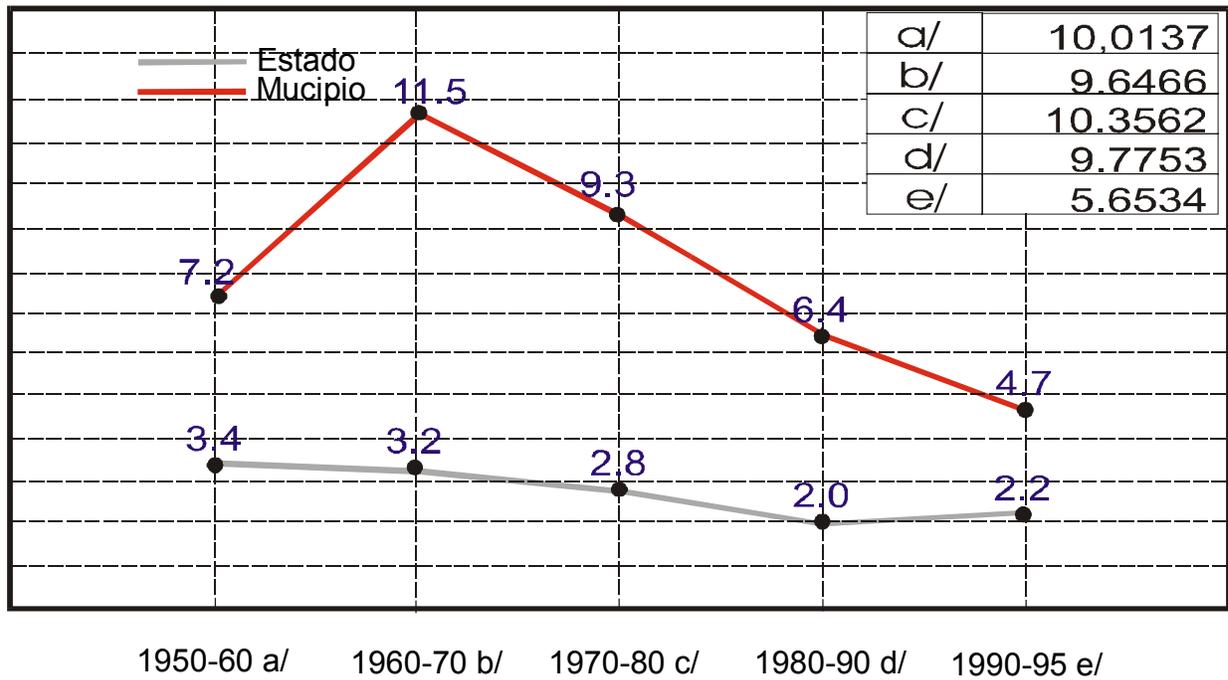
Otro

10.32 % de la superficie municipal.

Fuente: INEGI, carta de uso del suelo y vegetación, 1:250,000

Gráfica 1.1.

ASPECTOS DEMOGRAFICOS
Tasa de crecimiento media anual
Intercensal 1950-95
(En porciento)



Nota: Expresa el ritmo de crecimiento de la población que radica en una determinada unidad geográfica, durante cierto periodo. Se estimó como:

$$\text{Tasa de crec. Media anual} = \left[\left(\frac{\text{pob. Al final del periodo}}{\text{pob. Al inicio del periodo}} \right)^{\frac{1}{\text{No. Años considerados}}} - 1 \right] \times 100$$

Fuente: INEGI

MUNICIPIO DE GUADALAJARA

ASPECTOS GEOGRAFICOS

Ubicación Geográfica

Coordenadas Geográficas extremas Al norte 20° 45', al Sur 20° 36' de latitud norte; al Este 103° 16', al Oeste 103° 25' de longitud Oeste.

Porcentaje Territorial El municipio de Guadalajara representa el 0.19 % de la superficie del estado.

Colindancias El municipio de Guadalajara colinda al Norte con los Municipios de Zapopan e Ixtlahuacan del río, Zapotlanejo, Tonalá y Tlaquepaque; al Sur con el municipio de Tlaquepaque; al Oeste con los municipios de Tlaquepaque y Zapopan.

Tabla 1.7. Geología

Clave	Era Nombre	Clave	Periodo Nombre	Roca o suelo Nombre	Unidad Litológica Clave Nombre	% de la superficie Municipal
C	Cenozoico	Q	Cuaternario	Volcanoclástica	(vc) Volcanoclástica	93.79
		T-Q	Terciario-Cuaternario	Igneas extrusivas	(b) Basalto	1.07
					(b-bvb) Basalto-Brecha volcánica básica.	5.14

FUENTE: INEGI carta Geológica, 1:250,000

Tabla 1.8. CLIMAS

TIPO O SUBTIPO	SIMBOLO	% DE LA SUPERFICIE MUNICIPAL
Semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de húmeda media.	Acw1	100.00

Tabla 1.9. TEMPERATURA MEDIA ANUAL
(Grados Centígrados)

ESTACION	PERIODO	TEMPERATURA PROMEDIO	TEMPERATURA DEL AÑO MAS FRIO	TEMPERATURA DEL AÑO MAS CALUROSO
Guadalajara	1956-1995	20.9	20.2	22.1

FUENTE: CNA Registro Mensual de Temperatura Media en °C. Inédito.

Tabla 1.10 TEMPERATURA MEDIA MENSUAL
(Grados Centígrados)

ESTACION Y CONCEPTO	PERIODO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Guadalajara	1995	18.3	24.4	21.8	22.8	25.3	24.6	22.2	22.1	22.0	21.6	20.2	17.5
Promedio	1956-1995	17.0	18.0	20.9	22.8	24.5	24.0	22.1	22.0	21.9	21.1	19.3	17.8
Año mas frío	1983	15.4	16.1	18.5	21.5	24.4	24.4	21.7	20.6	21.9	21.6	18.6	17.7
Año mas caluroso	1980	17.7	18.5	32.3	23.0	24.6	23.5	24.8	22.3	22.0	20.9	18.9	16.6

FUENTE: CNA Registro Mensual de Temperatura Media en °C. Inédito.

Tabla 1.11. PRECIPITACION TOTAL ANUAL
(Milímetros)

ESTACION	PERIODO	PRECIPITACION PROMEDIO	PRECIPITACION DEL AÑO MAS SECO	PRECIPITACION DEL AÑO MAS CALUROSO
Guadalajara	1954-1995	980.3	615.2	1349.1

FUENTE: CNA Registro Mensual de Precipitación pluvial en mm. Inédito.

Tabla 1.12. PRECIPITACION TOTAL MENSUAL
(Milímetros)

ESTACION Y CONCEPTO	PERIODO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Guadalajara	1995	0.0	3.0	0.0	0.0	37.2	161.4	209.4	221.5	225.6	8.5	3.5	18.5
Promedio	1954-1995	18.2	6.1	4.6	6.7	24.0	184.8	268.5	225.0	154.3	59.7	15.1	13.3
Año mas seco	1989	0.0	0.1	0.0	0.0	1.1	31.7	167.4	218.9	106.1	51.1	7.1	31.7
Año mas lluvioso	1958	51.9	1.1	6.5	0.0	31.3	202.7	347.1	231.0	242.6	150.9	43.2	40.8

FUENTE: CNA Registro Mensual de Precipitación pluvial en mm. Inédito.

AGRICULTURA Y VEGETACION

Pastizal

1.77 % de la superficie municipal

Selva

7.19 % de la superficie municipal

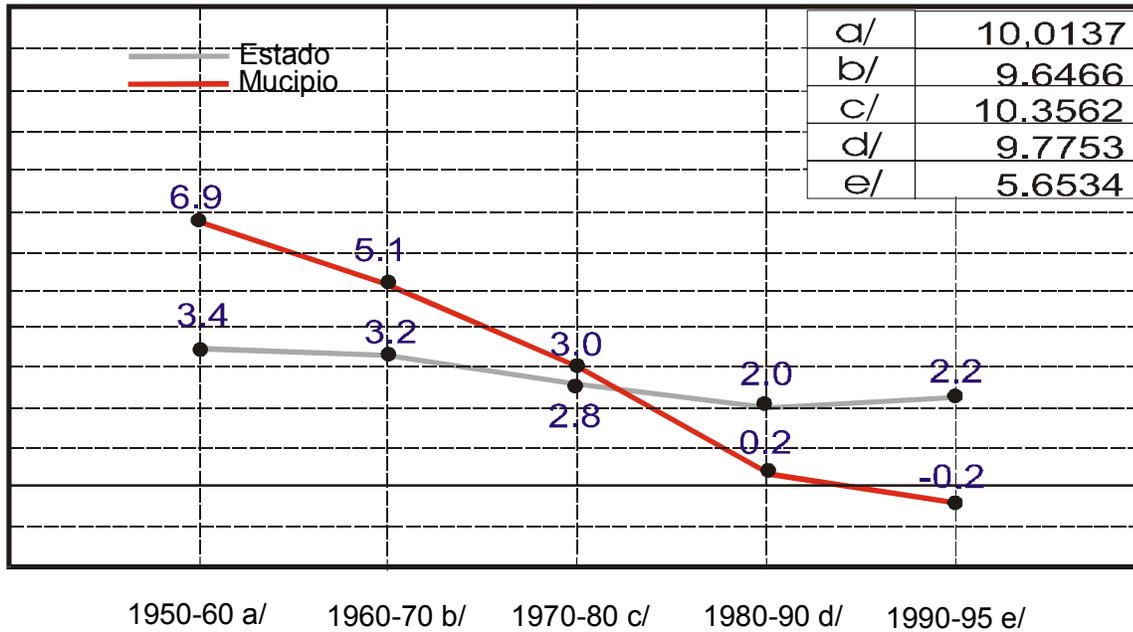
Urbanización

91.04 % de la superficie municipal.

Fuente: INEGI, carta de uso del suelo y vegetación, 1:250,000

Gráfica 1.2.

ASPECTOS DEMOGRAFICOS
Tasa de crecimiento media anual
Intercensal 1950-95
(En porciento)



Nota: Expresa el ritmo de crecimiento de la población que radica en una determinada unidad geográfica, cierto periodo. Se estimó

Tasa de crec. Media anual = $[(\text{pob. Al final del periodo} / \text{pob. Al inicio del periodo})^{1/\text{No. Años considerados}} - 1] \times 100$

Fuente: INEGI

1.2 DATOS DE POBLACION

A continuación se presenta en la tabla la población total para la zona conurbada de Guadalajara para el año de 1995.

Tabla 1.13 Población total zona conurbada de Guadalajara.

Municipio	Población
Guadalajara	1'633,216
Ixtlahucan de los membrillos	20,598
Juanacatlan	11,513
El Salto	70,085
Tlajomulco	100,797
Tlaquepaque	449,238
Tonala	271,857
Zapopan	925,113
TOTAL	3'482,417

Resultados definitivos, conteo 1995 (I.N.E.G.I.)

1.3 URBANIZACION

ZAPOPAN

Tabla 1.14

Numero de viviendas	197,529	Año 1995
Instituciones de salud	120	Año 1996
Centros educativos	920	Año 1996

GUADALAJARA

Tabla 1.15

Numero de viviendas	347,314	Año 1995
Instituciones de salud	182	Año 1996
Centros educativos	1,759	Año 1996

1.4. MARCO SOCIOECONOMICO

ZAPOPAN

Tabla 1.16

Población económicamente activa 223,434 - 1998

Unidades de producción	2,298 - 1991
Rural	2,215
Urbana	83

Unidades económicas censadas

Manufacturas	1,874
Comercio	8,540
Servicios financieros de administración y alquiler de bienes, mueble e inmuebles.	253
Servicios comunales sociales, hoteles, restaurantes y otros servicios.	4,686

GUADALAJARA

Tabla 1.17

Población económicamente activa 547,294 - 1980-1990

Unidades de producción	80 - 1991
Rural	12
Urbana	68

Unidades económicas censadas 1993

Manufacturas	7,071
Comercio	31,618
Servicios financieros de administración y alquiler de bienes, mueble e inmuebles.	862
Servicios comunales sociales, hoteles, restaurantes y otros servicios.	21,893

1.5. SITUACION ACTUAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES EN LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA

La disposición final de los residuos sólidos municipales ha sido sin duda la fase de manejo que presenta la mayor problemática para una solución adecuada y ecológicamente eficiente, para todos y cada uno de los municipios que conforman la Zona Metropolitana de Guadalajara.

Existen en la actualidad riesgos ambientales derivados o asociados con el manejo inadecuado de la disposición final de los residuos de la Zona Metropolitana de Guadalajara, y esto se fundamentan por el escaso control ambiental al operar sitios sin planificación, básicamente tiraderos a cielo abierto y vertederos controlados, que en ambos casos son factores de contaminación importante, en los sitios donde se ubican, tales son los casos de sitios ya clausurados como: las juntas I y II, Tateposco, el Zalate, La Micaelita, y santa María Tequepexpan en el Municipio de Tlaquepaque, en el Municipio de Guadalajara el vertedero de Loma linda, en Tonalá las 29 etapas de los vertederos de San Gaspar ya clausurados, así como los de Coyula-Matatlán y los Laureles actualmente en operación por la empresa Caabsa Eagle, que es la concesionaria del manejo de residuos sólidos en el municipio de Guadalajara, en estos dos últimos sitios, depositan sus residuos los municipios de Guadalajara y Tonalá.

Por último el municipio de Zapopan, con los vertederos clausurados de San Juan de Ocotán, Nuevo México, El Collí, el Carril, Río Blanco, Copala y el Taray, este último el actualmente en operación y el de Río Blanco, fue el sitio donde se confino los residuos del rechazo acumulado en lo que fue la planta de compostaje de los belenes, que actualmente es propiedad del Ayuntamiento de Zapopan, donde opera un área de transferencia de residuos sólidos.

Adicionalmente se localiza cercano a la localidad de Milpillás, dentro del mismo municipio de Zapopan, un Relleno Sanitario particular denominado Hasar's, y es donde actualmente deposita sus residuos el municipio de Tlaquepaque, así como empresas recolectoras privadas o particulares.

La característica común de todos los sitios mencionados es, que generan contaminación e impactan al ambiente negativamente en mayor o menor grado, según fue o sea su control ambiental y mantenimiento.

1.6 GENERACION DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES EN LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA

La generación aproximada de residuos sólidos para la Zona Metropolitana de Guadalajara para el año de 1999, se presenta en la tabla No 1.18

Tabla 1.18

Municipio	Generación de R.S.M. Ton/día
Guadalajara	1,600
Tlaquepaque	400
Tonalá	200
Zapopan	1,100
Total	3,300

DISEÑO EJECUTIVO, OPERACIÓN Y CONTROL DEL RELLENO SANITARIO.

CAPITULO 2. ESTUDIOS PREVIOS

2.1. ESTUDIO DEMOGRAFICO

La población de la zona Metropolitana de Guadalajara y los municipios conurbados han presentado un crecimiento importante durante los últimos 20 años, el crecimiento demográfico no ha sido homogéneo, debido a que algunos municipios como Guadalajara ya no tienen posibilidad de crecimiento ya que su superficie municipal se encuentra prácticamente utilizada por la mancha urbana, y este fenómeno ha propiciado que según el INEGI, su crecimiento poblacional haya sido en sentido negativo del -0.2 % para el periodo 1990-1995, lo que contrasta con el crecimiento que ha presentado al municipio de Tonalá que en el mismo periodo es de 8.8 %, representando el mayor para la zona metropolitana de Guadalajara.

La población total de la Zona Metropolitana de Guadalajara, representada por los municipios de Guadalajara, Tlaquepaque, Tonalá y Zapopan, para el año de 1995 sumaban un total de 3'279,424 de habitantes.

Para el desarrollo del proyecto del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente "picachos", se tomo como base la población de los municipios de Zapopan en su totalidad y Guadalajara parcialmente, ya que, se tomo como una población inicial del sector hidalgo de 150,000 habitantes, y son los residuos sólidos generados por esta población los que serían trasladados al relleno Sanitario "Picachos", para determinar los habitantes que serán beneficiados con la puesta en operación del proyecto, es necesario realizar proyecciones de incremento de población, para estar en condiciones de establecer parámetros mas reales.

Para llevar a cabo lo anterior, se determino la tasa de crecimiento a utilizar de acuerdo a la establecida por el INEGI para el periodo 1990-1995, ya que fue de 4.7 % para el municipio de Zapopan y en virtud que para el municipio de Guadalajara fue con tendencia negativa del -0.2 % esta última se tomo para el sector hidalgo como una tasa 0, para una población estimada en 150,000 habitantes.

Se aplica el método geométrico, donde la tasa de crecimiento anual fue del 4.7% para el municipio de Zapopan, dando como resultados los asentados en la tabla No 2.1.

Tabla No 2.1.

AÑO	POBLACION ZAPOPAN *	POBLACION SECTOR HIDALGO	TOTAL
2000	1163933	150000	1313933
2001	1218638	150000	1368638
2002	1275914	150000	1425914
2003	1335882	150000	1485882
2004	1398668	150000	1548668
2005	1464405	150000	1614405
2006	1533232	150000	1683232
2007	1605294	150000	1755294
2008	1680743	150000	1830743
2009	1759738	150000	1909738
2010	1842446	150000	1992446
2011	1929041	150000	2079041
2012	2019706	150000	2169706

- Municipio de Zapopan tasa de crecimiento anual 4.7 %.
- Municipio de Guadalajara tasa de crecimiento 0.

2.2. ESTUDIO DE GENERACION DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

Tomando en cuenta las tendencias del crecimiento de población de los municipios de Zapopan y Guadalajara, de su cultura, los hábitos de vida, las épocas del año, el clima etc., se considera que la generación percapita será constante respecto al tiempo, ya que es impredecible con exactitud las tendencias al futuro, en este sentido.

No obstante lo anterior, los residuos sólidos municipales que ingresaran al relleno sanitario, serán la suma de los de origen domiciliario, mas los de otras fuentes catalogados como no peligrosos, con su respectiva proyección de crecimiento, como se indica en la tabla No 2.2.

Tabla 2.2

AÑO	POBLACION ZAPOPAN *	POBLACION SECTOR HIDALGO	ZAPOPAN TON/DIA	GUADALAJARA SECTOR HIDALGO TON/DIA	ZAPOPAN OTRAS FUENTES TON/DIA	GENERACION TOTAL TON/DIA	GENERACION TOTAL POR AÑO TON/AÑO	GENERACION ACUMULADA TON/AÑO.
2000	1163933	150000	854	108	150.00	1112.00	400320	400320
2001	1218638	150000	894	108	151.50	1153.50	415260	815580
2002	1275914	150000	936	108	153.02	1197.02	430925	1246505
2003	1335882	150000	980	108	154.55	1242.55	447316	1693821
2004	1398668	150000	1026	108	156.09	1290.09	464433	2158254
2005	1464405	150000	1074	108	157.65	1339.65	482275	2640529
2006	1533232	150000	1125	108	159.23	1392.23	501202	3141731
2007	1605294	150000	1178	108	160.82	1446.82	520855	3662586
2008	1680743	150000	1233	108	162.43	1503.43	541234	4203820
2009	1759738	150000	1291	108	164.05	1563.05	562699	4766519
2010	1842446	150000	1352	108	165.69	1625.69	585250	5351769
2011	1929041	150000	1416	108	167.35	1691.35	608886	5960655

* Generación percapita para el Municipio de Zapopan 0.734 kg/hab/día.

* Generación percapita para el Municipio de Guadalajara 0.720 kg/hab/día.

2.3. GENERACION DE RESIDUOS SOLIDOS DOMICILIARIOS

Para determinar el muestreo de los residuos sólidos municipales se utilizo la metodología y procedimientos establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas NOM-AA-15-1985, Muestreo método de cuarteo, que establece el método de cuarteo para los Residuos sólidos domiciliarios y la obtención de especímenes para los análisis en el laboratorio, determinándose que la generación percapita para el municipio de Zapopan fue de 0.734 kg/hab/día. y para el municipio de Guadalajara 0.720 kg/hab/día.

2.4. MUESTREO DE GENERACION DE RESIDUOS SOLIDOS DOMICILIARIOS DE OTRAS FUENTES.

Estos son los generados por sitios diferentes a casas habitación y son provenientes de comercios, industrias, prestadores de servicios, mercados, tianguis, instituciones publicas, escuelas, parques, jardines, barrido manual y mecánico, etc.

Para la determinación de la generación total de este tipo de residuos, se establecieron estimaciones en unos casos como comercios, industria, prestadores de servicio e instituciones publicas, centros educativos y por otro lado se obtuvo información directa de los organismos

operadores de la recolección como es el casos de: recolección contratada, mercados municipales, tianguis, parques y jardines, barrido manual y mecánico.

Tabla 2.3. De generación de residuos sólidos por otras fuentes para 1999

Municipio de Zapopan

FUENTE GENERADORA	PRODUCCIÓN DIARIA TON/DÍA.
Comercios	24
Industrias	4.5
Hoteles	7.0
Escuelas	23.5
Servicios financieros	1.0
Clínicas y hospitales	3.4
Recolección contratada	30.0
Tianguis y mercados	27.0
Parques y jardines	5.5
Barrido manual	9.0
Barrido mecánico	8.0
Saneamiento ambiental	2.5
Otros	4.6
Totales	150.0

2.5. PRODUCCION TOTAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES.

Para determinar La generación de residuos sólidos municipales se utilizó la metodología y procedimientos establecidos en la norma oficial mexicana NOM-AA-61-1985, que especifica el método para determinar la generación de residuos sólidos municipales. A partir de un muestreo estadístico aleatorio.

El objeto de llevar a cabo este muestreo es la obtención de un indicador estadístico de generación por habitante, por día, por cada uno de los estratos socioeconómicos y el promedio de la población, con estos valores se estiman la producción real de residuos sólidos de una localidad determinada.

IDENTIFICACIONES DE LAS ZONAS A MUESTREAR

Se eligieron zonas habitacionales representativas de los tres estratos socioeconómicos del municipio de Zapopan, para el caso del municipio de Guadalajara como ya se ha mencionado anteriormente, se tomaron valores en base al estudio realizado por la empresa procesa ingeniería en el año de 1996 para el municipio de Guadalajara.

COLONIAS MUESTREADAS, MUNICIPIO DE ZAPOPAN

Tabla 2.4.

ESTRATO SOCIOECONOMICO	COLONIA
ALTO	Chapalita sur
MEDIO	Acacias
BAJO	El mantito.

Para llevar a cabo los procedimientos del muestreo de generación de residuos sólidos municipales, la determinación del peso volumétrico y la selección y cuantificación, se realizó en las zonas elegidas, llevando muestras hacia el área de transferencia denominada “los Belenes” acondicionado un área de 10 x 10 m², con piso de concreto y previamente limpia para evitar alterar las muestras, posteriormente se procedió a determinar el peso de las muestras en bolsas de los residuos de los tres estratos socioeconómicos muestreados anotando los datos de cada bolsa y su peso correspondiente, posteriormente se vaciaban las bolsas sobre la superficie de concreto limpia, para homogenizar las muestras, inmediatamente después se procedía a realizar el cuarteo del total de los residuos de cada uno de los tres estratos socioeconómicos de acuerdo a lo establecido por la norma NOM-AA-15-1985, lo correspondiente a la selección y cuantificación de subproductos se obtuvo una muestra de 50 kg. de residuos por estrato socioeconómico, seleccionados por tipo de subproducto, en bolsas de polietileno procediéndose a su clasificación en base a los datos de la tabla No 2.5.

Tabla 2.5. PRESENTACION DE RESULTADOS

ESTRATO SOCIOECONOMICO	KG/HAB/DIA
Alto	0.793
Medio	0.730
Bajo	0.680
Promedio	0.734

2.6. DETERMINACION DEL PESO VOLUMETRICO IN SITU DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES.

Para determinar el peso volumétrico IN SITU de los residuos sólidos municipales. Se utilizo la metodología y procedimientos establecidos de la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-19-1985, - determinación del peso volumétrico IN SITU, que establece un método para determinar el peso volumétrico IN SITU de los residuos sólidos municipales, en el lugar donde se afecta la operación del cuarteo.

**TABLA 2.6.
RESULTADOS OBTENIDOS POR ESTRATOS SOCIOECONOMICO PESO VOLUMETRICO IN SITU**

ESTRATO SOCIOECONOMICO	KG/M3
Alto	297
Medio	300
Bajo	318
Promedio	305

2.7. SELECCIÓN Y CUANTIFICACION DE SUBPRODUCTOS

Para determinar la selección y cuantificación de subproductos, se utilizo la metodología y procedimientos establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-22-1985, donde se establece la selección y el método para la cuantificación de subproductos contenidos en los residuos sólidos municipales. Los resultados se muestran en la tabla No 2.7.

Tabla 2.7. Selección y cuantificación de subproductos.

Subproducto	Estrato socioeconómico			
	Bajo %	Medio %	Alto %	Promedio
Algodón	0.0	0.0	0.0	0,0
Cartón	2.5	2.9	2.7	2,7
Cuero	0.1	0.0	0.2	0,1
Residuo fino	3.0	2.0	1.0	2,0
Envase cartón encerado	0.5	0.8	1.0	0,8
Fibra vegetal	4.0	3.5	0.9	2,8
Fibras sintéticas	0.2	0.7	0.7	0,5
Hueso	0.5	0.4	0.7	0,5
Hule	0.6	1.0	1.3	1,0
Lata	1.5	2.0	2.2	1,9
Loza cerámica	0.6	0.9	1.0	0,8
Madera	1.0	1.2	1.0	1,1
Material de construcción	2.3	3.3	3.0	3,1
Material ferroso	0.8	1.3	1.0	1,0
Material no ferroso	0.2	0.4	0.3	0,3
Papel	4.0	7.0	8.6	6,5
Pañal desechable	6.0	6.0	6.6	6,2
Plástico película	5.2	6.5	6.1	5,9
Plástico rígido	3.0	4.0	4.0	3,7
Poliuretano	0.1	0.2	0.1	0,1
Polietileno expandido	0.2	0.2	0.4	0,3
Residuos alimenticios	23.0	18.0	26.0	22,3
Residuos de jardinería	30.0	27.0	20.0	25,7
Trapo	3.5	2.9	0.9	2,4
Vidrio de color	1.0	2.0	2.4	1,8
Vidrio transparente	3.0	3.2	4.0	3,4
Otros	3.2	2.6	3.9	3,2
Totales	100	100	100	100

2.8. JUSTIFICACION DE LA LOCALIZACION DEL PREDIO PICACHOS PARA EMPLAZAR EL RELLENO SANITARIO

Se selecciono el sitio, en base en los estudios de localización realizados por el comité técnico formado por los municipios de la Zona Metropolitana de Guadalajara, coordinados por el Consejo Metropolitano y la Comisión Estatal de Ecología respectivamente, habiéndose analizado predios en los municipios de Tonalá, Zapopan y Zapotlanejo.

Concluyendo que el predio que contaba con mayor vocacionamiento fue el denominado "Picachos" en la localidad de Milpillias, Municipio de Zapopan, Jalisco.

Además que el proyecto se integra a los planes municipales, Regionales, Metropolitanos y Estatales pero el establecimiento de la infraestructura adecuada para el manejo y la disposición final de los Residuos Sólidos.

ESPECIFICACIONES DE RESTRICCIONES DE CONFORMIDAD A LA NOM-083-ECOL-1996.

La evaluación técnica del área seleccionada para la construcción del relleno sanitario metropolitano poniente "picachos", se hizo con base a los lineamientos que indica la Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1996, la cual establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados para la disposición final de residuos sólidos; las condiciones son en varios aspectos, señalando el punto marcado en la norma como son: aspectos generales, hidrológicos, geológicos, hidrogeológicos y algunas consideraciones de selección; estos aspectos se describen a continuación y se indica en cuales se cumple y en caso contrario se indica la solución mediante obras de ingeniería.

Tabla 2.8

PREDIO "LOS PICACHOS"			
Aspectos Generales			
Restricción por afectación a obras civiles o áreas naturales protegidas.			
Especificaciones	Cumple		Dictamen Comentarios
	Si	No	
Las distancias mínimas a aeropuertos son:			
a) De 3,000 m (tres mil metros) cuando maniobren aviones de motor a turbina.	✓		No existen aeropuertos dentro o en los alrededores de (radio = 3.0 km.), del sitio en estudio.
b) De 1,500 m (mil quinientos metros) cuando maniobren aviones de motor a pistón.	✓		No existen aeropuertos dentro o en los alrededores de (radio = 1.5 km.), del sitio en estudio.
Respetar el derecho de vía de autopistas, ferrocarriles, caminos principales y caminos secundarios.	✓		No existen autopistas o vías férreas dentro de la zona, además se respetan los derechos de vía de los caminos secundarios.
No se deben sitios dentro de áreas naturales protegidas.	✓		El sitio de estudio no se ubica dentro de un área natural protegida.
Se deben respetar los derechos de vía de obras públicas federales, tales como oleoductos, gasoductos, poliductos, torres de energía eléctrica, acueductos, etc.	✓		No existen obras públicas federales en el sitio elegido.
Debe estar alejado a una distancia mínima de 1,500 m. (mil quinientos metros) a partir del límite de la traza urbana de la población por servir, así como de poblaciones rurales de hasta 2,500 habitantes. En caso de no cumplir con ésta restricción, se debe demostrar que no existirá afectación alguna a dichos centros de población.	✓		El poblado más cercano (Milpillias) cuenta con una población de 37 habitantes. Y se encuentra a una distancia aproximada de 2.5 kilómetros.
La localización de los sitios de disposición final de residuos sólidos municipales, para aquellas localidades con una población de hasta 50,000 habitantes o cuya recepción sea de 30 toneladas por día de éstos residuos, se debe hacer considerando exclusivamente las especificaciones establecidas en los puntos de esta Norma Oficial Mexicana.	✓		La recepción de basura es superior a las 30 toneladas por día, por lo que se observarán todas las especificaciones.

Aspectos Hidrológicos		
Se debe localizar fuera de zonas de inundación con periodo de retorno de 100 años. En caso de no cumplir lo anterior, se debe demostrar que no exista la obstrucción del flujo en el área de inundación o posibilidad de deslaves o erosión que provoquen arrastre de los residuos sólidos.	✓	No se encuentra en zonas de inundación.
El sitio de disposición final de residuos sólidos municipales no se debe ubicar en zonas de pantanos, marismas y similares.	✓	El sitio indicado no se encuentra dentro de zonas pantanosas o similares.
la distancia de ubicación del sitio con respecto a cuerpos de agua con caudal continuo debe ser de 1,000 m (mil metros) como mínimo y contar con una zona de amortiguamiento tal que pueda retener el caudal de la precipitación pluvial máxima presentada durante los últimos 10 años en la cuenca, definida por los canales perimetrales de la zona.	✓	Los cuerpos de agua más cercanos con caudal continuo son el arroyo Milpillitas que se ubica 1,100 metros aguas abajo del sitio del proyecto, donde se intercepta con las aguas del arroyo El Pedregal, último que se incluye en el sitio del proyecto, con un régimen de caudal temporal, y para el cual se realizan obras de ingeniería hidráulica que eviten el riesgo de contaminación o afectación por el proyecto.
Aspectos Geológicos		
Debe estar a una distancia mínima de 60 m (sesenta metros) de una falla activa que incluya desplazamientos en un periodo de tiempo de un millón de años.	✓	No existen fallas geológicas activas, dentro del sitio o en un radio de 60 metros.
Se debe localizar fuera de la zona donde los taludes sean inestables, es decir, que puedan producir movimientos de suelo o roca, por procesos estáticos y dinámicos.	✓	En el sitio indicado no se localizan taludes inestables. La naturaleza de los materiales que componen la estructura geológica no representan riesgo de inestabilidad.
Se deben evitar zonas donde existan o se puedan generar asentamientos diferenciales que lleven a fallas o fracturas del terreno, que incrementan el riesgo de contaminación al acuífero.	✓	El terreno es estable en el sitio de estudio.
Aspectos Hidrogeológicos		
En caso de que el sitio para la disposición final de residuos sólidos municipales esté sobre materiales fracturados, se debe garantizar que no exista conexión con los acuíferos de forma natural y que el factor de tránsito de la infiltración (f), sea $< \text{ó} = a \times 10^{-10} \text{ seg}^{-1}$	✓	De acuerdo a los estudios geofísicos no existe fracturamiento de materiales geológicos.
En caso de que el sitio para la disposición final de residuos sólidos municipales esté sobre materiales granulares, se debe garantizar que el factor de tránsito de infiltración (f), sea $< \text{ó} = a \times 10^{-10} \text{ seg}^{-1}$	✓	El sitio no se encuentra sobre materiales granulares.
La estancia mínima del sitio a pozos para la extracción de agua para uso doméstico, industrial, riego y ganado; tanto en operación como abandonados, debe de estar a una distancia de la proyección horizontal por lo menos 100 m. (cien metros), de la mayor circunferencia del cono de abatimiento, siempre que la distancia resultante sea menor a 500 m (quinientos metros), esta última será la distancia a respetar.	✓	El pozo más cercano de extracción de agua se localiza a una distancia de 1,200 m del sitio indicado en este estudio.

Consideraciones de Selección		
En caso de que exista una probable contaminación a cuerpos de agua superficial y subterránea, se debe recurrir a soluciones mediante obras de ingeniería.	✓	Además de cumplir con todas y cada una de las restricciones, se realizarán obras de ingeniería ambiental para asegurar la no contaminación.

Identificación del tipo del acuífero

Esta zona se identifica como una unidad geohidrológica que se consideran como material consolidado en posibilidades bajas y se ubica en el acuífero El Arenal, de la Región Hidrológica 18, determinada por la CNA, mismo que se establece como una barrera impermeable compuesta por rocas volcánicas de composición ácida y básica de Terciario Reciente y se considera que sus condiciones subterráneas no son propicias para almacenar agua o constituir acuíferos, sino que actúa generalmente como zona de recarga, los pozos que producen agua en esta unidad se tiene un espesor superior a los 400 m. Existiendo evidencias de pozos que hasta esa profundidad no la atraviesan, a este tipo de acuífero. Se conoce como acuitardo o acuícluso, el pozo más cercano al proyecto es el denominador ARROW aproximadamente a 1.2 Km este, y Su nivel estático es mayor a 200 m.

HIDROLOGÍA (RANGO DE 10 A 15 KM.)

La Hidrología es la ciencia que se ocupa de estudiar las propiedades, distribución y circulación del agua especialmente del estudio del agua en la superficie de la tierra, en el suelo y en la atmósfera. De esta manera la descripción de las características hidrológicas de una determinada región consiste en reflejar la forma como se distribuye dicho recurso en un espacio cualquiera.

La zona donde se localiza el predio pertenece a la Región Hidrológica Lerma-Chapala-Santiago No.12, considerada la más importante del Estado.

La principal corriente dentro de esta región es conocida como Río Grande de Santiago, y se origina en el Lago de Chapala con una dirección NW entrando al estado de Nayarit donde finalmente desemboca en el Océano Pacífico.

La zona de estudio pertenece a la cuenca Río Santiago Guadalajara 12E, la cual drena una superficie de 9,641 km². La importancia de esta cuenca estriba en que en ella se puede considerar el inicio del recorrido del Río Grande de Santiago, además ocupa toda la parte central del Estado. Esta cuenca recibe las corrientes de varias subcuencas intermedias, el terreno donde se localiza el sitio en estudio forma parte de la subcuenca Río-Verde-Presa Santa Rosa 12 EC, localizada al NW de Guadalajara.

El predio a su vez forma parte de una microcuenca, la cual se determinó delimitando su parteaguas empleando para ello la carta topográfica San Francisco Tesistán F-13-D-55 a escala 1:50,000 editada por el I.N.E.G.I., donde la superficie aproximada es de 575 –00-00 Has.

PRINCIPALES RÍOS O ARROYOS CERCANOS:

El principal escurrimiento superficial es el río Grande de Santiago localizado en su parte más próxima a 8 km. al NE del sitio en estudio. Todos los escurrimientos de la sierra de San Esteban y el lado este de la sierra de Tesistán desembocan en este sector del río Santiago.

El total del predio donde se pretende emplazar el relleno sanitario se encuentra dentro de las microcuencas del arroyo El Potrero de la Casa y el A. El Pedregal, este último que se intersecta con el A. Milpillan en la margen E de la propiedad; el primero y tercer arroyo son de carácter permanente, y el segundo es de temporal.

Cada arroyo mencionado es independiente, es decir que tiene bien establecida su microcuenca hasta llegar al denominado A. Grande, que funge como colector principal de éstos, desembocando finalmente en el río Santiago. Y puesto que el proyecto se realizará únicamente en lo que viene a ser la microcuenca del A. El Pedregal sin afectar o alterar en modo alguno las microcuencas y escurrimientos aledaños, ya que las características propias del relieve así lo determinan, el análisis detallado se hará únicamente para la cuenca del A. El Pedregal.

Actividad para lo que son Aprovechados.

Actualmente el agua del A. el Pedregal no tiene uso alguno, escurre libremente por sus causas naturales, siendo determinado su volumen por las precipitaciones pluviales, a excepción de los encharcamientos naturales que sirven como abrevadero temporal al ganado que pasta en sus inmediaciones.

Embalses y cuerpos de agua cercanos (lagos, presas, etc.)

Localización y distancia al predio.

El cuerpo de agua más cercano que existe en el lugar es una represa intermitente alimentada por el arroyo el Potrero de la Casa y el Potrero de los Amoles, afluente del anterior, ubicándose al norte de la zona en estudio a un kilómetro de distancia aproximadamente y es utilizado para fines agropecuarios por la localidad de Milpillan, localizado a dos kilómetros aguas abajo del mismo. No existe conexión alguna entre este bordo y el arroyo El Pedregal, principal escurrimiento de la microcuenca del sitio en estudio. Debido al desnivel de más de 60 mts. que existe, el embalse no corre ningún riesgo de ser afectado.

Drenaje subterráneo.

Debido a la creciente demanda para satisfacer las múltiples necesidades de agua de la población, siendo el agua subterránea una de las principales fuentes de abastecimiento, y la que en esta ocasión nos ocupa para el presente estudio, tomando en cuenta los pozos y manantiales existentes en la zona, así como los usos y formas de aprovechamiento de los mismos.

Las zonas planas limitadas a planicies costeras, mesetas y valles intermontanos del relieve accidentado de Jalisco, constituyen las áreas donde se pueden explotar económicamente las aguas subterráneas; prueba de ello es el incremento en el uso de este recurso para el desarrollo industrial y agrícola en el rico valle de Tesistán.

El sitio en estudio se encuentra ubicado en la Región Hidrológica denominada RH-12 Lerma-Santiago.

La hidrología subterránea en la zona del proyecto de acuerdo a las unidades geohidrológicas es muy pobre ya que corresponde a un material consolidado con bajas posibilidades de contener agua.

Esta unidad está ampliamente distribuída en el área de estudio y está conformada por rocas volcánicas de composición ácida y básica del Terciario Superior Reciente; presentan un fracturamiento variable, de moderado a alto con un intemperismo somero, por lo que la humedad secundaria aumenta de media a alta. Se le ha ubicado en esta unidad ya que al parecer las condiciones subterráneas no son propicias para almacenar el agua y constituir acuíferos, sino que actúa generalmente como zona de recarga. Los pozos que producen agua en esta unidad son generalmente de bajo caudal. Esta unidad tiene un espesor superior a los 400 mts. ya que algunos pozos localizados en la parte Nororiental del Estado con esta profundidad no la atraviezan.

Profundidad y Dirección.

La profundidad de los mantos acuíferos en esta parte de la zona en estudio es de alrededor de los 300 metros, de acuerdo a la información proporcionada por la CNA. Del pozo ubicado en el tiradero municipal de Zapopan, Jal.

Con respecto a la dirección del flujo tenemos que está regida por la morfología del terreno, tanto local como regional, la cual es perpendicular al río Santiago.

Usos principales (agua, riego, etc.)

Los usos que la gente le da a los aprovechamientos acuíferos son como agua potable y para el ganado principalmente.

De los pozos mencionados anteriormente el pozo de Arrow tiene tiene poco más de un año sin operar.

Cercanía del Proyecto a Pozos.

El proyecto en estudio se encuentra en la Zona Geohidrológica No. 18, conocida como el Arenal, y de acuerdo a sus características se ubica en una zona de recarga, como se mencionó anteriormente. Los pozos que se localizan en esta zona geohidrológica cercanos al proyecto en estudio son los que se enumeran a continuación de acuerdo a su cercanía:

- 1)- Pozo Arrow, se localiza a 1.25 km al este del proyecto.
- 2)- Pozo Milpillas, a 2 km. Al NE.
- 3)- Pozo Monticello y Robledales, se ubican a 2.5 km. al SE y NE respectivamente.
- 4)- Pozo Rancho Viejo, a 8.75 km. al NE y
- 5)- Pozo Escalón, a 9.1 km. al NE.

PERFORACION DE INVESTIGACION

Esta información es tomada de la consulta realizada a la manifestación de impacto ambiental realizada en el proyecto Hasar's, ya que se realizo la perforación de investigación dentro de un área correspondiente al proyecto de Relleno Metropolitano Poniente.

Además que los resultados coinciden con muestras de roca tomadas en diferentes puntos del predio y a diferentes profundidades.

Intervalo (m)	Material litogico.
0.00-0.15	Suelo residual.
0.15-12.80	Toba riolitica ácida.

EVALUACION DEL POTENCIAL DE CONTAMINACION

Se elaboro la gráfica para la determinación del potencial de contaminación del sitio para determinar su aptitud con relación al proyecto. Se aplico la fórmula para el valor de la condición de tránsito.

$$F = (k \times i) / (\Phi \times d)$$

Donde:

k = Conductividad hidráulica.

I = Gradiente hidráulico.

Φ = Porosidad efectiva.

d = 200 profundidad.

Para la riolita volcánica

$$K = 5.2 \times 10^{-5} \text{ m/día.}$$

$$I = 1.$$

$$\Phi = 32.35$$

$$d = 200$$

$$f = 8 \times 10^{-9} \text{ m/seg}$$

Para la toba Riolítica

$$K = 1.2 \times 10^{-6} \text{ m/día.}$$

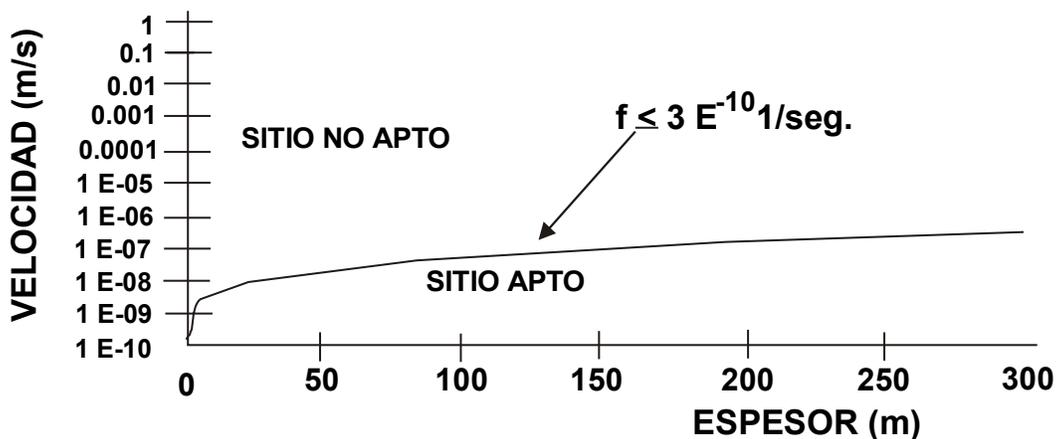
$$I = 1$$

$$\Phi = 14.88$$

$$d = 200$$

$$f = 4.0 \times 10^{-10} \text{ m/seg}$$

Los resultados comprobados con la gráfica de aptitud de sitios, muestre que el predio "picachos" tiene una aptitud para desarrollar el proyecto del relleno sanitario Metropolitano Poniente.



$$F = (k \times i) / (u \times d)$$

Donde:

F = Factor de tránsito de la infiltración.

d = Espesor de la Zona no saturada.

u = Porosidad promedio efectiva (adimensional).

i = Gradiente hidráulico (adimensional).

k = Conductividad hidráulica. (m/s).

ESTUDIOS HIDROGEOLOGICOS

Evidencias y uso de agua subterránea, se investigo las evidencias de agua subterránea y los aprovechamientos de esta, en un ramo de 10 km. con relación al predio “picachos”; a continuación se presentan los siguientes resultados:

Cercanía del Proyecto a Pozos.

El proyecto en estudio se encuentra en la Zona Geohidrológica No. 18, conocida como el Arenal, y de acuerdo a sus características se ubica en una zona de recarga, como se mencionó anteriormente. Los pozos que se localizan en esta zona geohidrológica cercanos al proyecto en estudio son los que se enumeran a continuación de acuerdo a su cercanía:

- 1)- Pozo Arrow, se localiza a 1.2 km al este del proyecto.
- 2)- Pozo Milpillas, a 2 km. Al NE.
- 3)- Pozo Monticello y Robledales, se ubican a 2.5 km. al SE y NE respectivamente.
- 4)- Pozo Rancho Viejo, a 8.75 km. al NE y
- 5)- Pozo Escalón, a 9.1 km. al NE. A continuación se presenta un corte litológico del pozo No 3.

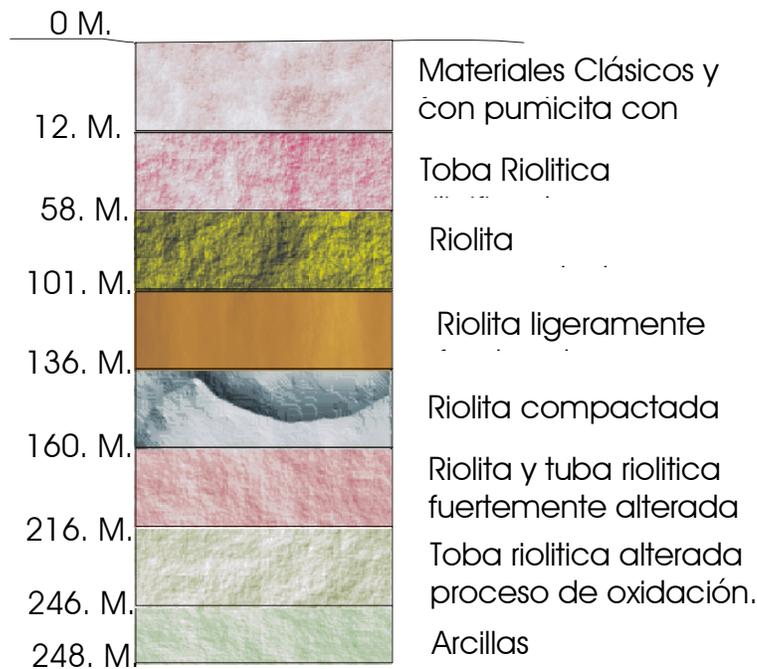
PERFIL LITOLÓGICO DE UN POZO CERCANO AL PROYECTO PICACHOS

IDENTIFICACION DEL POZO:
MONTICELLO

UBICACION:
Kilometro 14 carretera a Sn. Cristobal de la Barranca

USO: Potable, consumo Humano y riego.

REGION HIDROLOGICA: No 18 el arenal. CNA



CRITERIOS DE LA SELECCIÓN DEL SITIO. MENCIONAR LOS ESTUDIOS REALIZADOS PARA LA SELECCIÓN.

Los criterios de selección del sitio fueron realizados por el Comité Técnico conformados por los Municipios de la Zona Metropolitana de Guadalajara y coordinadas por el Consejo Metropolitano y la Comisión Estatal de Ecología del gobierno del Estado.

La zona en la que se incluye el sitio que servirá como relleno sanitario metropolitano poniente, alberga los rellenos sanitarios Hasar's - predio con el que colinda y con su vertedero municipal El Taray. El primero es de carácter privado y el segundo propiedad del municipio de Zapopan, por lo que la zona tiene ya vocacionamiento para sitios de disposición final de residuos sólidos municipales.

Actualmente, el deterioro de la cubierta vegetal y del suelo en el sitio es muy evidente, pues la cubierta vegetal que se desarrolla, es en su mayoría pastizal; el bosque de pino y roble ha sido prácticamente eliminado. La fertilidad del suelo es baja y sus características físicas limitan cualquier uso, incluso el de agostadero, pues los pastizales no se desarrollan convenientemente para este fin.

Además de realizar un análisis ambiental, se hicieron estudios topográficos, hidrológicos, geohidrológicos, geológicos, geofísicos, de ingeniería y de mecánica de suelos para seleccionar las áreas más propicias que sirvan para el fin perseguido de confinar los residuos sólidos municipales con las mayores ventajas técnicas, económicas, ambientales, operativas y de accesibilidad.

2.9. ESTUDIO TOPOGRAFICO

Memoria descriptiva del levantamiento topográfico de la fracción del predio rústico denominado los “picachos y puerta de Milpillas”, donde se desarrollará el proyecto de **relleno sanitario metropolitano poniente “picachos”**, con una extensión superficial de **700,380.51 m²** y con una superficie útil de 38.18 has. ubicado en la localidad de Milpillas, municipio de Zapopan, Jalisco.

FECHA DE EJECUCIÓN DEL LEVANTAMIENTO: 30 DE JULIO DE 1999.

ANTECEDENTES.

El levantamiento topográfico cuenta con la presente memoria descriptiva, se encuentra ubicado en la zona conocida como “Milpillas”, del municipio de Zapopan, Jalisco, el cual tiene una superficie de 700,380.51m². En dicho predio se proyectará el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente, para lo cual se realizó el estudio topográfico del mismo, para así optimizar las condiciones físicas del sitio.

OBJETIVO.

El presente estudio resume la topografía del predio, a partir del reconocimiento físico de los límites del mismo y sus vértices correspondientes. De la misma forma se obtiene la configuración topográfica de la superficie del terreno y la localización de objetos y/o elementos que se encuentran dentro y alrededor del mismo.

El levantamiento así constituido, contará con todos los elementos que posibiliten el desarrollo de los proyectos ejecutivos necesarios. Por lo que se establecerá en campo una poligonal de apoyo de precisión, orientada en forma magnética y un banco de nivel (B.N.) a los cuales se les asignaron coordenadas relativas y se referirá todo el levantamiento topográfico.

RECONOCIMIENTO FÍSICO DEL PREDIO.

En términos generales las colindancias del predio son las siguientes:

Al Norte: Con camino de acceso.

Al Sur: Con parte del predio los “Picachos”.

Al Este: Con parte del predio los “Picachos”.

Al Oeste: Con relleno sanitario “Hasar’s”.

OBSERVACIONES DE RELEVANCIA.

El predio en estudio se encuentra ubicado en una zona montañosa del Municipio de Zapopan, por el extremo sudeste del predio pasa un arroyo el cual responde al lindero este de la zona de estudio, asimismo un arroyo denominado el Pedregal. atraviesa el predio de Poniente a Oriente.

PROCEDIMIENTO.

Se realizó una poligonal de apoyo de precisión, orientada en forma magnética y se colocaron clavos para concreto y pintura sobre las estaciones de la poligonal de apoyo y el banco de nivel (B.N.), para lograr su permanencia en el campo, considerando la posibilidad del trazo y ubicación de futuras edificaciones e instalaciones.

EQUIPO UTILIZADO.

Para la realización del trabajo de campo se empleó una estación total Geodimeter, con aproximación de 1" (un segundo) tanto en la lectura de ángulos verticales como horizontales y 1 mm en distancias, además de los accesorios propios del equipo antes descrito. Para el trabajo de gabinete se utilizó una computadora pentium con el programa Auto-Civil especial para los cálculos de topografía, así como un plotter HP 450 C de inyección de tinta.

PERSONAL EMPLEADO.

El personal encargado de elaborar el levantamiento es el siguiente:

- 1 Ingeniero topógrafo
- 1 Auxiliar
- 1 cadenero

HERRAMIENTAS.

Para el trabajo de campo fueron usadas las siguientes herramientas: prisma con baliza de aplomar, radios, cinta metálica, marro, estaca, pintura, clavos, etc.

TRABAJO DE CAMPO.

Se realizó el levantamiento tomando como base la poligonal de apoyo de 3 estaciones obteniéndose los vértices del predio, los cuales se encuentran definidos al lado norte por el camino de acceso principal y al lado oeste por la cerca de alambre de púas propiedad de la empresa Hasar's. los frentes este y sur del predio. Se encuentran delimitados por un límite imaginario.

Se desarrolló nivelación diferencial a partir del banco de nivel con cota arbitraria de 100.00 m., ubicado sobre la estación 1.

El levantamiento fue referido al norte magnético.

RESULTADOS.

POLIGONAL DE APOYO

Partiendo de que el trabajo esta orientado al norte magnético se procedió a referirlo a sistema de coordenadas arbitrarias las cuales son :

Estación	Este (X)	Norte (Y)	ELEV(Z)
E1	5000.000	5000.000	100.000
E2	3510.698	5031.276	227.113
E6	3500.549	5000.131	225.375

NIVELACIÓN

Se realizó Nivelación diferencial cerrada alcanzando una precisión aceptable.

CONFIGURACIÓN

La configuración en general del predio es semi-montañosa, obteniéndose las cotas tanto en el exterior como en el interior del predio. Realizándose curvas de nivel a cada metro.

LEVANTAMIENTO DE DETALLES

La infraestructura levantada fue: la trayectoria seguida por el camino de ingreso principal, la línea de energía eléctrica de media tensión, el lienzo de alambre de púas y otros detalles que se anotan en el plano.

Construcciones.- No se localizo construcción alguna dentro del predio

Vegetación.- Existe una cantidad considerable de arboles aislados de mas o menos 15.00 mts de altura sobre las laderas, así como pasto y algunos arbustos propios del temporal.

2.10. ESTUDIO GEOHIDROLOGICO Y GEOFISICO

Se anexan

- Estudio Geohidrológico.
- Estudio Geofísico.

2.11. ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS.

Se anexa

- Estudio de mecánica de suelos.

DISEÑO EJECUTIVO, OPERACIÓN Y CONTROL DEL RELLENO SANITARIO.

CAPITULO 3. DISEÑO EJECUTIVO, CONSTRUCCION, OPERACIÓN, CONTROL AMBIENTAL Y MANTENIMIENTO DEL RELLENO SANITARIO.

CAPITULO 3. DISEÑO EJECUTIVO, CONSTRUCCION, OPERACIÓN Y CONTROL DEL RELLENO SANITARIO.

Para desarrollar el diseño del proyecto ejecutivo del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente, se analizaron todos y cada uno de los resultados obtenidos en los estudios previos, así como, los del diagnostico de generación y disposición de los residuos sólidos municipales, generándose posteriormente lo que vendría a ser los parámetros de diseño del proyecto, además se tomaron en cuenta los resultados obtenidos de las conclusiones de la manifestación de impacto ambiental que se desarrollo del mismo proyecto.

3.1. PARÁMETROS DEL DISEÑO

Como resultado de los análisis previos se definieron los parámetros de diseño del proyecto para desarrollar los cálculos que permitieron un desarrollo adecuado del mismo, a continuación se enumeran en la tabla No 3.1.

Tabla 3.1. Parámetros de diseño

Características generales	Parámetros
Horario de recepción	8:00 a 20:00hrs
Días del año de trabajo	360
Cantidad de residuos/día	1,112 ton/día
Peso volumétrico de los residuos sólidos municipales	0.85 ton/m ³
Superficie disponible de relleno	38.18 ha.
Impermeabilización	Geomembrana Hdpe de 1.5 mm de espesor
Material de cobertura	Material arenoso-arcilloso
Material de cobertura final	Tierra vegetal
Espesor del material de cobertura intermedio	0.20 m. Abundado y 0.15 m compactado

3.2. ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA.

De la altimetría realizada en el predio "Picachos", se obtuvo una representación altimétrica del terreno en planta y por otra parte, se levantaron y construyeron 43 perfiles o secciones, con orientación de Nor-Este a Sur-Oeste y 61 de Nor-Oeste a Sur Este, que de manera más precisa representan las pendientes y diferencias de niveles en el sitio.

Las secciones indican que el terreno destinado para Relleno Sanitario Metropolitano Poniente presenta una superficie irregular (con accidentes topográficos), con una pendiente orientada de Nor- Oeste a Sur-Este (Ver lámina L-5 A y B).

Derivado de la propia conformación topográfica del sitio y como un requerimiento de ampliación de su vida útil al máximo, se determino canalizar el arroyo intermitente denominado "El pedegral", que atraviesa el área del proyecto con dirección Poniente-Suroriente de acuerdo a su flujo, este será canalizado en una longitud de 1.04 km. A través de un colector de concreto que inicia con un diámetro de 0.90 m en una longitud de 700 ML que incluye tramo del colector

principal del arroyo el pedregal con una longitud de 350 m. orientación Noroeste-Sureste el subcolector A, con una longitud de 180 ML. Con orientación Norte-Sureste., el subcolector B con 170 ML. Con la misma orientación de la anterior (ver detalle en el plano L-9 A). El colector de 1.20 m de diámetro en lo que corresponde al encausamiento del arroyo el pedregal tiene una longitud de 690 ML. Con la misma orientación. (ver Lamina L-9 A)

Estos arroyos conforme van sus desplazamientos serán las principales obras hidráulicas del proyecto donde para su colocación se realizan cortes, nivelaciones, rellenos y por último la compactación de todos los rellenos que se realizan sobre los cauces originales, por lo anterior, y para asegurar que no existirá contacto entre los lixiviados generados por el desarrollo del proyecto, se determino la impermeabilización total del área del proyecto, con material sintético en base a geomembrana de polietileno de alta densidad.

3.3. SELECCIÓN DEL MÉTODO DE OPERACIÓN

La Sociedad Norteamericana de Ingenieros Civiles, ASCE, define: "Relleno sanitario es una técnica para la disposición de residuos sólidos en el suelo sin causar perjuicios al medio ambiente y sin causar molestias o peligro para la salud y seguridad pública; este método utiliza principios de ingeniería para confinar la residuos sólidos en la menor área posible, reduciendo su volumen al mínimo practicable y cubriendo los residuos depositados con una capa de tierra con la frecuencia necesaria o por lo menos al fin de cada jornada".

Existen tres métodos básicos para operar un relleno sanitario, con la finalidad de colocar las capas de residuos sólidos y cubierta final en forma adecuada. Estos métodos de operación del relleno sanitario son los siguientes:

Método de trinchera:

Consiste en depositar los residuos sólidos sobre el talud inclinado en la trinchera (talud 1:3), donde son esparcidos y compactados con el equipo adecuado en capas, hasta formar una celda que después será cubierta con el material excavado de la trinchera, con una frecuencia mínima de una vez al día, esparciéndolo y compactándolo sobre el residuo.

Este método es usado normalmente donde el nivel de aguas freáticas es profundo, las pendientes del terreno son suaves y las trincheras pueden ser excavadas utilizando equipos normales para movimientos de tierra.

Método de área

El método es similar al de trinchera y consiste en depositar los residuos sobre el talud inclinado, se compactan en capas inclinadas no mayores de 60 cm hasta formar la celda que después se cubre con tierra. Las celdas se construyen inicialmente en un extremo del área a rellenar y se avanza hasta terminar en el otro extremo.

Este método se puede usar en cualquier terreno disponible como canteras abandonadas, inicio de cañadas, terrenos planos, depresiones y ciénegas contaminadas; un punto importante en este método, para que el relleno sea económico. es que el material de cubierta debe transportarse de lugares cercanos a éste.

Método combinado

En algunos casos, cuando las condiciones geohidrológicas, topográficas y fisiográficas del sitio elegido para llevar a cabo el relleno sanitario son apropiadas, se pueden combinar los dos métodos anteriores; por ejemplo, se inicia con el método de trinchera y posteriormente se continúa con el método de área en la parte superior. Otra variación del método combinado consiste en iniciar con un método de área, se excava el material de cubierta de la base de la rampa, formándose una trinchera, la cual servirá también para ser rellenada.

El método combinado es considerado el más eficiente, ya que permite ahorrar el transporte del material de cubierta (siempre y cuando exista en el sitio en cantidad y calidad suficientes) y aumenta la vida útil del sitio.

De acuerdo a la configuración topográfica del terreno "Picachos" destinado para la construcción y operación del relleno sanitario Metropolitano Poniente, se llegó a la conclusión de que el método más apropiado para este relleno sanitario es el de área.

No es recomendable la excavación de trincheras debido a que el subsuelo se encuentra demasiado consolidado, por lo cual la excavación sería sumamente costosa. En cierta forma la configuración natural del terreno determina que se emplee el método de área.

3.4 CELDA DIARIA

Para cualquiera de los tres métodos de operación del relleno sanitario la unidad fundamental de operación es la celda.

Se llama *celda* a la conformación geométrica que se le da a los residuos sólidos y al material de cubierta (tierra), debidamente compactada mediante equipo mecánico.

Los elementos de una celda son: altura, largo, ancho del frente de trabajo, pendiente de los taludes laterales y espesores del material de cubierta diario y del último nivel de celdas.

La altura de la celda depende de la cantidad de los residuos que se depositen, del espesor del material de cubierta, de la estabilidad de los taludes y la compactación. Mientras más altas sean las celdas, menor será la cantidad de tierra necesaria para cubrir los residuos.

El ancho mínimo de las celdas o mínimo frente de trabajo, dependerá de la longitud de la cuchilla y del equipo que se emplee en la construcción de las celdas. Se recomienda que el ancho mínimo sea de 2 a 2.5 veces el largo de la cuchilla de la maquinaria.

Con el propósito de facilitar la operación de un relleno sanitario, con base en el volumen de residuos sólidos urbanos que llegan al sitio, debe diseñarse la forma de confinamiento geométrico más adecuada tanto a las características del sitio como a la maquinaria empleada. Dicha conformación geométrica de residuos junto con el material de cubierta (tierra), recibe el nombre de celda.

Aunque el tamaño de las celdas cambia según la cantidad de residuos sólidos que llegue al relleno sanitario, todas las celdas deben tener las mismas características constructivas. Una de las principales características es que la celda debe albergar todos los residuos municipales que el relleno sanitario reciba en el transcurso de una jornada.

En el relleno sanitario cada celda de residuos sólidos debe ser, en esencia, un bloque debidamente compactado y totalmente cubierto, el cual contenga los residuos urbanos generados en un día.

Las dimensiones y volumen de la celda varían de acuerdo con la cantidad de residuos sólidos que recibe el relleno, el método de operación empleado, la superficie del terreno disponible, la maquinaria utilizada y el material de cubierta disponible en el sitio o el que se suministre de un banco cercano.

Sin embargo, las dimensiones de una celda de residuos sólidos deben regirse por las siguientes especificaciones:

- a) **Altura:** Puede variar desde 1 a 5 m, incluyendo el espesor de la cubierta., con un talud cuya relación entre la altura y avance sea 1:2.5 hasta 1:3.
- b) **Largo de la celda.** Este parámetro depende de las necesidades del proyecto, de la operación de cada sitio y de la superficie de terreno disponible. También está determinada por el volumen diario de residuos a disponer.
- c) **Ancho de la celda.** Esta dimensión está condicionada por el frente de trabajo necesario para que la maquinaria funcione y maniobre adecuadamente, para realizar el acomodo y la compactación de la residuos sólidos. La celda debe tener el ancho suficiente para permitir la descarga de los equipos de recolección de residuos sólidos.

Así pues, el ancho de la celda depende de la cantidad de residuos, del tamaño de la maquinaria y de las necesidades mínimas de operación de los vehículos y las máquinas.

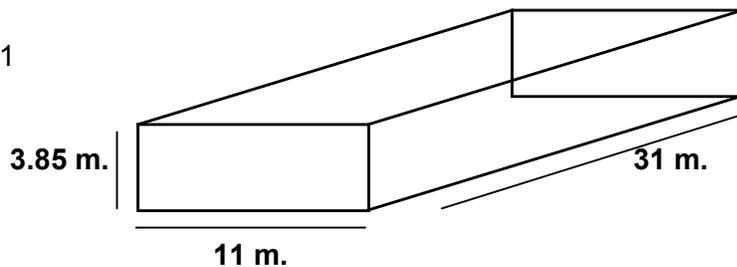
Para el caso del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente. se recomienda una celda inicial, con las siguientes dimensiones:

Ancho: 11 mts
Largo: 31 mts
Altura: 3.85 mts.

Dando una capacidad por día de 1,313 m³. Para confinar 1,308 m³ por día.

A continuación se muestra el diseño de una celda, (ver figura 3.1)

Figura 3.1



Para el caso específico del Relleno Metropolitano Poniente y considerando el volumen de residuos sólidos generado, la topografía y condiciones del terreno, la maquinaria a utilizar y el método de operación, a continuación se presenta un ejemplo del dimensionamiento de una celda.

Datos:

Año. 2000

Residuos sólidos a disponer	1'112 ton/día.
Peso volumétrico de residuos compactados	0.850 kg/m3.
Altura propuesta	3.85 m.
Maquinaria pesada a utilizar	Tractor de cadenas D8N,
Largo de la celda:	31.00 m.
Ancho de la celda (propuesto)	11.00 m
Volumen de residuos	1,308 m3/día.
Volumen de material de cubierta:	51.00 M3 /día.
Volumen de residuos + material de cubierta:	1,359 m3/día.
Area necesaria:	341 m2.

A continuación se muestra en la tabla 3.3. el dimensionamiento de celdas para el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente "Picachos"

Tabla 3.3.
Dimensionamiento de celdas para la primera etapa del Relleno Sanitario de Metropolitano Poniente incluyendo el material de cubierta.

Año	Residuos Disponer Ton/día	Volumen Residuos m3/día	Volumen material de cubierta m3/día	Volumen de material de cubierta + residuos por día m3/día.	Volumen de material de cubierta + residuos m3/año	Dimensiones de la celda			Volumen Acumulado
						ancho	alto	Largo	
2000	1112	1308	51	1.359	489240	11	3,85	31,0	489240
2001	1153	1356	54	1.410	507600	11	3,85	32,5	996840
2002	1197	1408	55	1.463	526779	11	3,85	33,5	1523619
2003	1242,5	1462	58	1.520	547200	11	3,85	35,0	2070819
2004	1290	1518	59	1.577	567720	11	3,85	36,0	2638539
2005	1339,6	1576	62	1.638	589680	11	3,85	37,5	3228219
2006	1392,1	1638	64	1.702	612720	11	3,85	39,0	3840939
2007	1446,7	1702	67	1.769	636840	11	3,85	40,5	4477779
2008	1503,3	1769	69	1.838	661320	11	3,85	42,0	5139099
2009	1562,9	1839	72	1.911	687960	11	3,85	43,5	5827059
2010	1625,6	1912	75	1.987	715320	11	3,85	45,5	6542379
2011	1691,2	1990	77	2.067	744120	11	3,85	47,0	7286499

3.5. NIVEL DE DESPLANTE

De acuerdo con la extensión y el relieve del predio "Picachos" se hace necesario que el inicio del nivel de desplante sea en la cota 170, de lo que será la primera etapa del proyecto, partiendo de esta hacia la cota 174 y posteriormente en la 178. Estas se determinan como subniveles de diseño, ya que quedaran totalmente cubiertos y sin bermas con la sobreposición de lo que será el nivel 1, que inicia en la cota 182, que posteriormente y de manera escalonada ira en ascenso hasta completar los 10 niveles máximos del diseño del proyecto, esto es a la cota 218. Como se ejemplifica en lámina L-6 A.

3.6. MATERIAL DE COBERTURA

Cobertura de la celda

El material de cubierta tiene las siguientes funciones: impedir la entrada y salida de fauna nociva, reducir la emisión de biogás, los malos olores y evitar incendios así como también disminuir la entrada de agua. Las pruebas experimentales realizadas en diversos rellenos sanitarios de los E.U.A. han demostrado que una capa de 15 cm de material arenoso compactado al 95% proctor cumple con estos requisitos. La aplicación diaria de la cubierta reduce la atracción de los residuos sobre las aves y los roedores en busca de alimento y es esencial para mantener una buena apariencia del relleno sanitario.

Muchos tipos de suelos cuando están debidamente compactados muestran baja permeabilidad, no se contraen y pueden ser usados para controlar el agua que pudiera entrar al relleno e incrementar el volumen de lixiviado.

El control de la emanación de gases es también una función esencial de material de cubierta. Dependiendo de la profundidad planeada para el termino recuperado por el relleno, los gases pueden ser bloqueados o ventilados a través del material de cubierta. Un suelo permeable que no retenga mucha agua puede servir como un buen material para ventilar los gases. Arena limpia, grava pequeña o roca quebrada son excelentes cuando se mantienen secas.

El cubrir los residuos también protege contra el fuego. Casi todos los suelos son incombustibles por lo que la cubierta y los taludes de cada una de las celdas del relleno ayudan a confinar el fuego, dentro de ésta.

La celda diaria de residuos sólidos deberá cubrirse con tierra compactada, tanto en la superficie como en los taludes, de tal manera que al final del día no queden residuos sólidos sin cubrir.

En la tabla 3.3. se muestran los volúmenes de material de cubierta calculados para el año 2000 y posteriores, hasta el 2011. Los volúmenes se expresan en: volumen de material de cubierta por celda diaria, volumen anual y volumen anual acumulado.

Tabla 3.3.
Cálculo del volumen de material de cobertura para la primera etapa en la fase 1 del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente

FASE 1

NIVEL	SUPERFICIE M2	MATERIAL DE COBERTURA M3	TALUDES Y BERMAS	MATERIAL DE COBERTURA
1	129225.76	* 34043,86	495,12	148,5
2	203569.78	30535,46	7106,74	2132
3	231366.55	34704,98	13508,64	4052,5
4	230630.30	34594,54	13174,76	3952,4
5	227020.60	34053,09	20539,56	6161,8
6	203239.13	30485,86	24372,00	7311,6
7	188120.66	28218,09	23904,25	7171,2
8	161276.63	24191,49	26180,10	7854
9	123458.40	18518,76	24512,99	7353,8
10	84116.74	67293,39	22544,80	6763,4
FASE 2				
1	30523.89	4578,5	3766,96	1130
2	33705.48	5055,8	3917,76	1175,3
3	34844.79	5226,7	3985,14	1195,5
4	34187.56	5128,1	4109,26	1232,7
5	23407.39	18725,8	9625,38	2887,6
TOTAL	1938693,66	375354,4	201743,46	60522,3

* Se suma el material de cobertura de los subniveles de las cotas 174 y 178

3.7. FRENTE DE TRABAJO

La longitud del frente de trabajo corresponderá al ancho de la celda a construirse, por lo tanto, al diseñarse ésta se tendrán en cuenta las exigencias requeridas para un frente de trabajo.

Se denomina frente de trabajo a la dimensión mínima necesaria para que la maquinaria funcione y manibre adecuadamente para realizar el acomodo y compactación de la residuos sólidos, tomando también en cuenta el número de unidades recolectoras que llegan al relleno sanitario en horas pico.

En este punto se determinaran las dimensiones mínimas de las áreas de trabajo diario dentro del relleno sanitario, buscando optimizar los rendimientos de maquinaria para la compactación de los residuos confinados y el material de cobertura diaria, además de agilizar las maniobras de los vehículos que descargan los residuos en el frente operativo.

Para lograr establecer las dimensiones del frente se consideraron dos tipos de usuarios de vehículos; los de carga lenta y los de carga rápida, la diferencia entre ambos es que los primeros no poseen mecanismos de descarga, esto es, se realiza manualmente, y los segundos si cuentan con mecanismo de descarga, mecánico y/o hidráulico.

DATOS DEL DISEÑO DEL FRENTE DE TRABAJO

Toneladas/día 1,112 ton/día
Horas pico 11:30 a 12:30 hrs

Números de vehículos que ingresaran al sitio

Vehículos de carga lenta 30
Vehículos de carga rápida 120

	Tiempo de descarga	Ancho	Distancia entre Vehículos
Descarga lenta	27 minutos	2.40 m	2.50 m
Descarga rápida	8 minutos	2.40 m	2.50 m.
Promedio estimado de vehículos en hora pico		26	
% Vehículos descarga rápida		17	
% Vehículos de descarga lenta		9	

CALCULOS DEL FRENTE DE TRABAJO PROPUESTO

Intervalo de entrada:

Vehículos descarga rápida $i = 60 \text{ min}/17 \text{ veh} = 4 \text{ min/veh}$
Vehículos de descarga lenta $i = 60 \text{ min}/9 \text{ veh} = 7 \text{ min/veh}$

Numero de Vehículos descarga rápida $17 = 4 \text{ min/veh. } 4',00''$
Numero de Vehículos de descarga lenta $9 = 7 \text{ min/veh. } 7',00''$

Se considera un frente de trabajo para un periodo critico de 10 min/hora pico, por lo tanto:

$$\text{El ancho} = (10 \times 2.40) + (7 \times 2.5) = 42 \text{ mts.}$$

NIVELES DEL RELLENO

Una vez analizada la topografía del sitio sobre su terreno natural, tomando en cuenta la preparación del sitio, los materiales de preparación y protección de geomembrana se concluyo en los siguientes parámetros de niveles:

No de niveles del relleno 10 niveles. (bajo lo que seria el nivel 1, quedan 2 subniveles a partir de la cota de desplante 170 y hasta 178).

Altura de nivel con residuos
Sólidos municipales 3.85 m.

Espesor de material de cobertura 0.15 m. Compactado.

% de pendientes en nivel
terminado. 1 a 2 %.

Separación de nivel a nivel
A través de bermas 8.0 m.

Pendiente de taludes finales
Por nivel 3:1.

Espesor de la cobertura del Nivel
Final y espesor en bermas y
taludes. 0.30 m.

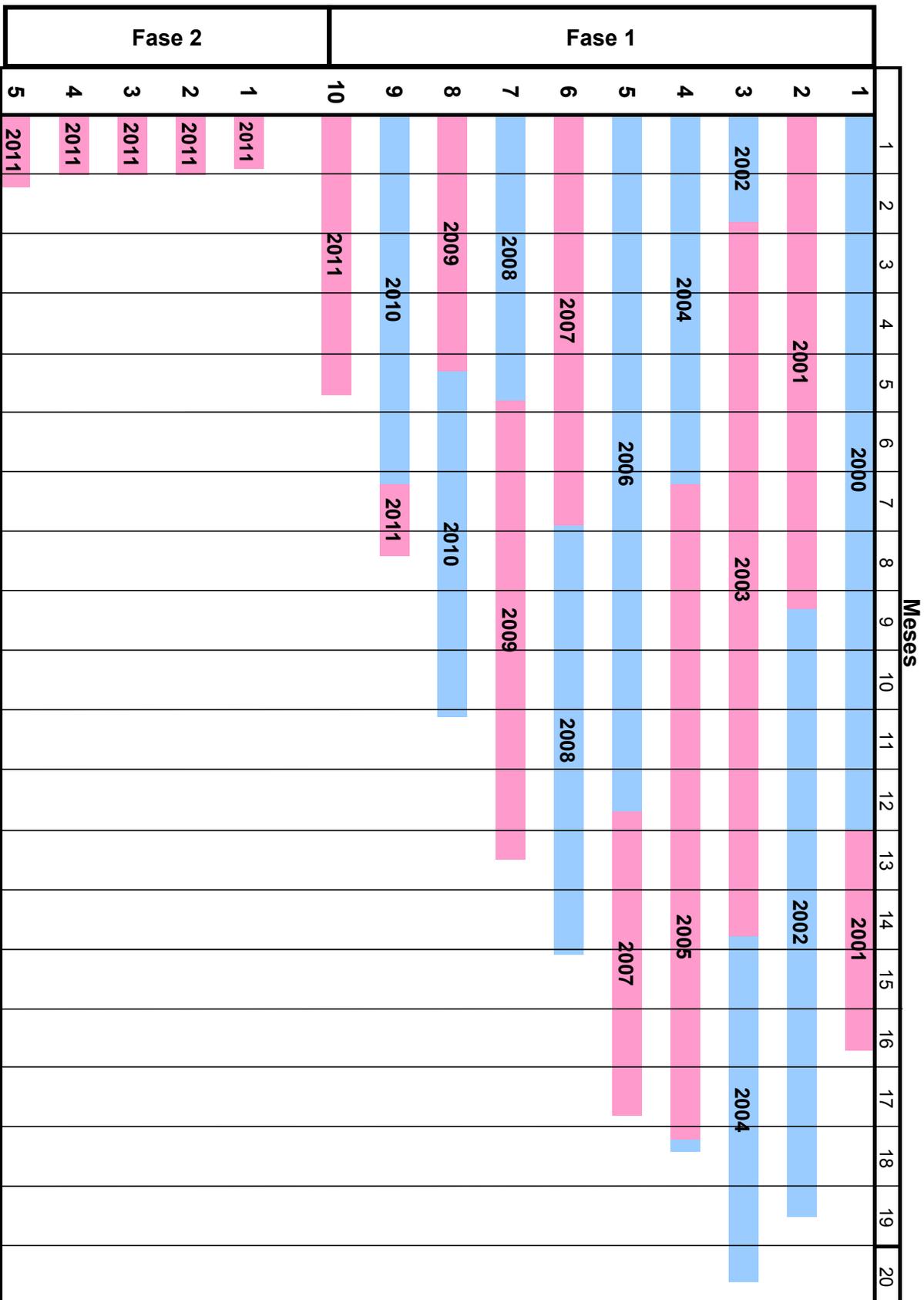
Espesor del material vegetal
Sobre cubierta final 0.50 m.

Detalles
Ver Lámina L-2.

3.8. VIDA ÚTIL

El Consejo Metropolitano, contará con 38-18-00 ha de terreno disponible para el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente en su primera etapa, estimándose una vida útil de 12 años, (como se muestra en la tabla 3.6.).

Tabla 3.4. vida útil por nivel en meses.



3.5. Tabla curva masa-volumen

Millones de m³.

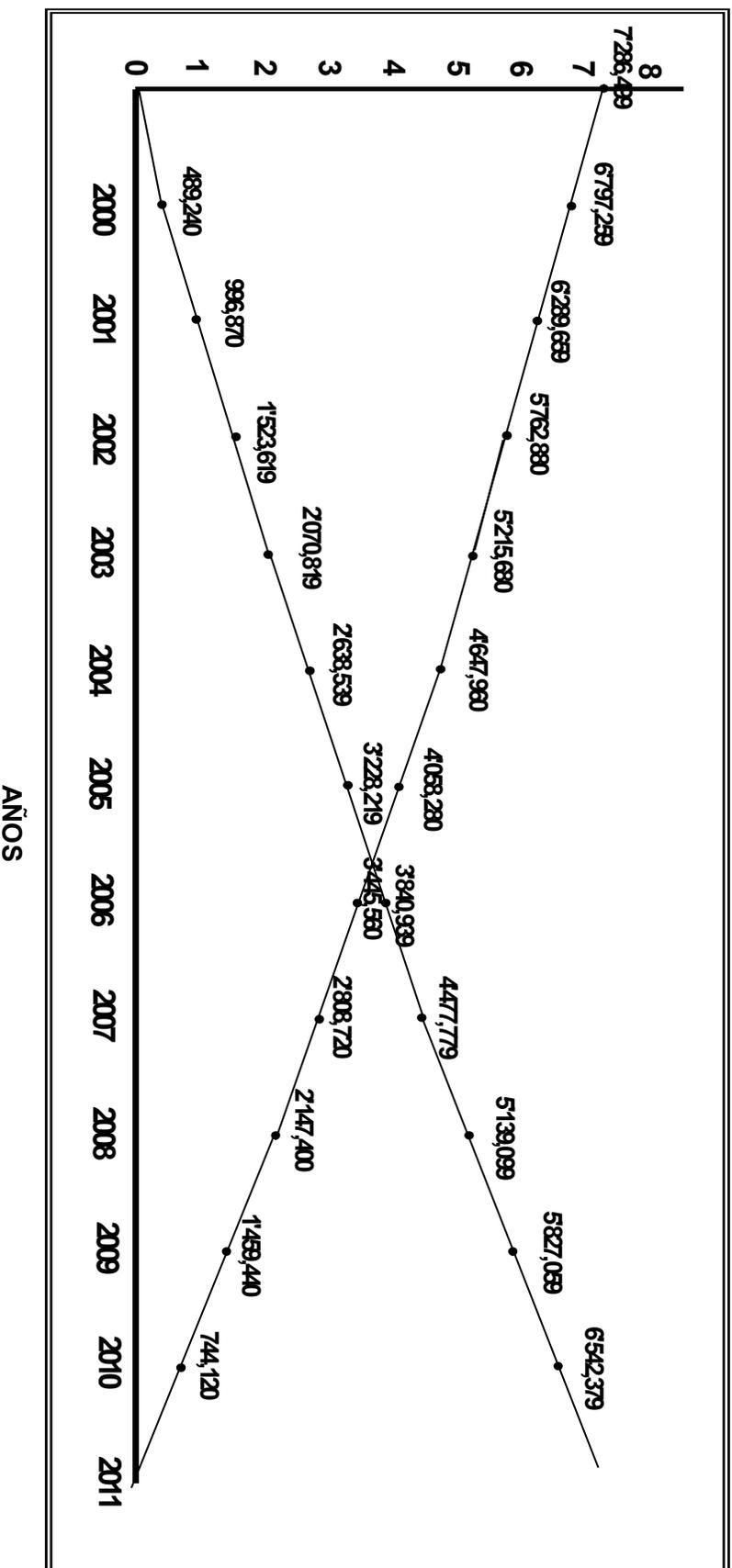


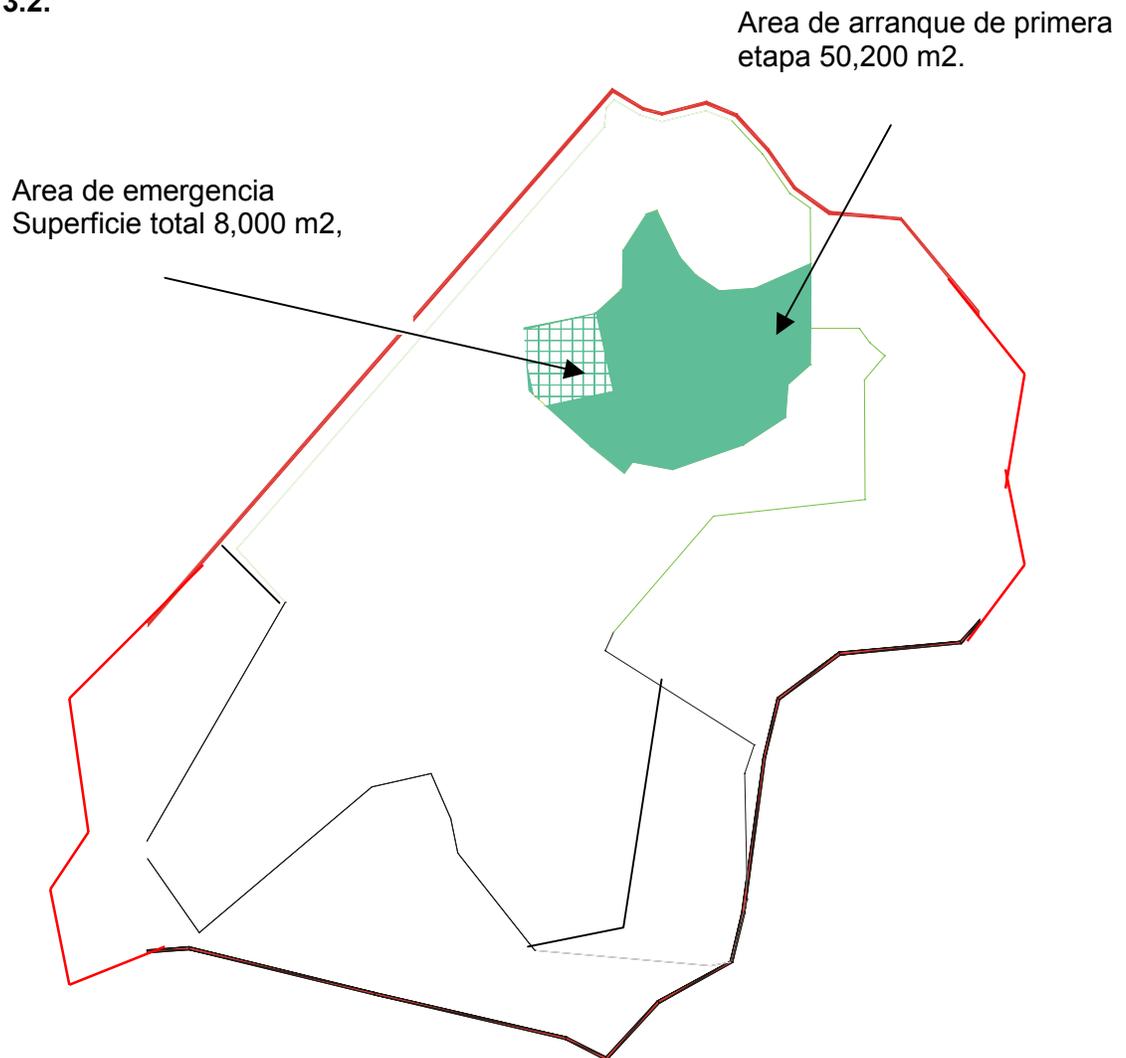
Tabla 3.6. Vida Útil

Se presentan las etapas sobre nivel y vida útil, en las que se dividió la construcción operación del relleno sanitario.

	NIVEL	Capacidad volumetrica (m3)	Años de disposición	Capacidad de recepción (m3.)	Capacidad utilizada por año (%)	Vida util por nivel (meses)
PRIMERA FASE	1	645138.58	2000 2001	489240.00 155898.57	75% 25%	15.7
	2	800065.68	2001 2002	351701.43 448364.25	44% 56%	18.5
	3	898448.93	2002 2003 2004	78414.75 547200.00 272834.18	8.7% 60.9% 30.4%	19.6
	4	896171.96	2004 2005 2006	294905.42 589680.00 11586.54	32.9% 65.8% 1.3%	18.4
	5	867003.30	2006 2007	601133.46 265869.84	69.3% 30.7%	16.8
	6	764212.52	2007 2008	370970.16 393242.36	48.5% 51.5%	14.1
	7	704674.19	2008 2009	265077.64 439596.50	37.6% 62.4%	12.5
	8	592746.35	2009 2010	248363.50 344382.85	41.9% 58.1%	10.1
	9	444807.87	2010 2011	370937.15 73870.72	83.4% 16.6%	7.4
	10	291377.39	2011	291377.39	100%	4.7
SEGUNDA FASE	1	53513.85	2011	53513.85	100%	0.9
	2	59575.34	2011	59575.34	100%	1.0
	3	61719.31	2011	61719.31	100%	1.0
	4	60156.59	2011	60156.59	100%	1.0
	5	74378.12	2011	74378.12	100%	1.2
TOTAL		7213989.98	11.9	7213989.92	100%	142.9

El desarrollo del proyecto inicia con una etapa de arranque de 5.0 ha. Que comprende a partir del nivel de desplante mas bajo del predio, que es de la cota 170 y hasta la cota 190., con un volumen de 737,278 m3. para una vida útil aproximada para esta primera etapa de arranque de 18 meses, mas una superficie de 8,000 m2. Correspondiente para el área de emergencia, cuyo desplante será a partir de la cota 174 y hasta la 190 con un volumen de 128,000 m3, que da una vida útil de 3.1 meses. Ver detalle en la siguiente en figura 3.2:

Fig 3.2.



3.9. SUPERFICIE FINAL

Para la cubierta final del nivel 10 del proyecto que sería de una superficie de 84,116.74 m²., deberá colocarse una capa de material de cobertura de 30 cm compactado y posteriormente una de tierra con un espesor mínimo de 50 cm y de preferencia rica en materia orgánica. La función del sello es evitar los malos olores, completar el confinamiento de los residuos y establecerá las condiciones propicias para la plantación de cubierta vegetal.

La conformación final del relleno sanitario será en forma de piramidal.

La lámina L-2 puede apreciarse en planta, el acabado final del relleno sanitario Metropolitano Poniente "Picachos", incluyendo la cubierta final.

3.10. SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN

El agua subterránea es la fuente futura de abastecimiento más valiosa con que se cuenta para el desarrollo de las próximas generaciones, por lo que es imprescindible evitar su contaminación.

Debido a lo anterior es necesario proteger los acuíferos. Su protección se puede efectuar de dos maneras: natural o artificial.

El método de impermeabilización natural consiste en aprovechar las propiedades fisicoquímicas del suelo y las características del material del subsuelo, para evitar la contaminación de las aguas subterráneas por la acción de los lixiviados.

De acuerdo con recomendaciones los sitios con alto contenido de arcillas (entre 0.30 y 1.00 m de espesor) y/o con capas impermeables a poca profundidad son los mejores.

El método de impermeabilización artificial, consiste en colocar materiales naturales con artificiales con el fin de evitar que los lixiviados penetren al acuífero.

Los materiales generalmente empleados son:

Naturales y/o Artificiales. Entre los naturales los más usados son las arcillas compactadas (4-6 pasadas) en la base del terreno con espesores de capa desde 20 hasta 60 cm y humedad óptima

Entre los materiales artificiales o sintéticos más utilizados para la impermeabilización destacan el hule, polietilenos, PVC y geomembrana de polietileno de alta densidad, material que de acuerdo con estudios realizados en diversos rellenos sanitarios en la Unión Americana, resulta de mayor confiabilidad. (Manual de Rellenos Sanitarios, SEDUE 1988 p.p. 126).

La aplicación de materiales geosintéticos (polietileno de alta densidad) para prevenir y controlar la contaminación del suelo y los acuíferos, es un sistema de impermeabilización eficiente que arroja resultados muy satisfactorios, que evita la contaminación al subsuelo.

Para la construcción del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente, se propone emplear el método de impermeabilización artificial: empleándose material de preparación y protección desde el banco más próximo, para posteriormente colocar la geomembrana para impermeabilizar la totalidad de la superficie útil, así como para las fosas y drenes destinada a la conducción y almacenamiento de los lixiviados.

Impermeabilización de terreno natural y fosas de lixiviados

Con respecto a la impermeabilización de las fosas para lixiviados con geomembrana, el proceso a seguir será el siguiente:

- 1) Como los resultados del análisis de suelos, indican que en el sitio presentan un tipo de suelo franco-arenoso esto combinado con el alto grado de compactación del material, infiere que el ángulo de fricción interna del sustrato en el sitio también es alto; por lo tanto, no deberá colocarse geomembrana directamente sobre materiales propios del lugar debido a la alta fricción.

- 2) Con el fin de eliminar la fricción entre la geomembrana y el sitio, colocara una capa de material de banco de tipo arcilloso
- 3) se colocará un geotextil, cuyas características se muestran más adelante.

Selección de la geomembrana

Para realizar una correcta selección de la geomembrana se deben realizar una serie de revisiones mecánicas de acuerdo a las diferentes condiciones que se irán presentando durante la operación de la fosa para líquidos lixiviados.

Especificaciones de la lamina de polietileno de alta densidad y superficie a recubrir.

El laminado de Polietileno de alta densidad, deberá resistir satisfactoriamente los productos a manejar y sus reacciones químicas entre sí, Se requieren correr pruebas del laminado, cortar especímenes, a peso constante a 43 °C., sometiéndose a una exposición en las soluciones químicas señaladas más adelante por 112 días a temperatura de 25 °C ± 1 °C. midiendo cada 30 días su resistencia a la tensión y cambio de peso. Pasado ese lapso, el material no deberá mostrar daño ni falla en las propiedades marcadas en la tabla No 3.7.

Tabla 3.7.

SOLUCION QUIMICA	CONCENTRACION
ACIDO SULFURICO	20%
HIDROXIDO DE SODIO	10%
HIDROXIDO DE AMONIO	10%
ACIDO NITRICO	10%
CLORURO FERRICO	100%
DETERGENTE SULFONADO	1%
ACEITE ASTM # 1	100%
COMBUSTIBLE ASTM C	100%

+ Porcentajes volumétricos, Grado Q.P.

Tabla 3.8. Valores mínimos en propiedades físicas del Laminado de Polietileno de alta densidad.

PROPIEDADES TIPICAS						
Propiedades	Método de prueba	Valores típicos				
Espesor en Mills	ASIM-D 1593	40	60	80	100	120
Densidad	ASIM-D 1505 A	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
Indice de fluidez	ASIM-D 1238 E	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Resistencia a la tensión (cedencia) LB/PG. De ancho	ASIM-D 638 tipo IV DUMB-BELL a 12 IPM.	95	140	190	240	290
Resistencia a la tensión (ruptura) LB/PG. De ancho	ASIM-D 638 tipo IV DUMB-BELL a 12 IPM.	160	240	320	400	480
Elongación a la Cedencia (%)	1.3" longitud de calibrador	13	13	13	13	13
Elongación a la	ASIM-D 638 Tipo IV	700	700	700	700	700

Ruptura (%)	2.0" long. Calibrador 2.52 long. Calibrador (NFS 54, mod.)	560	560	560	560	560
Resistencia al desgarramiento inicial	ASIM-D 1004 TROQUEL C	30	45	55	65	80
Fragilización a baja Temperatura °F	ASIM-D 746-B	-112	-112	-112	-122	-122
Coeficiente de expansión lineal	ASIM-D 696	1.2 x 10 ⁻⁴ CM/CM°C				
Resistencia al Ozono	ASIM-D 7 días 100 PPHM-AMPLIF y 104° C	Sin fracturas 7x.				
Cambio en estabilidad dimensional en cada dirección (max).	ASIM-D 1204 212 °F 1 HR.	± 2	±2	±2	±2	±2
Resistencia a la perforación. (Lbs). Absorción de agua	ASIM-D 4833 Fims 101 Método 2065 ASIM-D 570	70 52 0.1 %	108 80	142 105	175 130	200 150
Resistencia hidrostática	ASIM-D 751 Método Proc. 1	8 Psi/00.001" de espesor				
Contenido de carbón (negro de humo)(%)	ASIM-D 1603 ASIM-D 3015	2-3 A1	2-3 A2	2-3 B1	2-3	2-3
Modulo de elasticidad	ASIM-D 882 PSI	110000	110000	110000	110000	110000
Estabilidad térmica con inducción de oxidación. Minutos (OIT)	ASIM-D 3865 (MIN) 130 °C 800 psi. 02.	2000	2000	2000	2000	2000
Resistencia a la fractura Por esfuerzo ambiental ESOR (hrs)	ASIM-D 1693 Método B (10 % 1gepal, 50 °C)	2000	2000	2000	2000	2000
Dimensiones Ancho (m) Largo (m) Area (m2) Peso (Kg)	Todos los valores son aproximados	23 730 16,790 3,450	23 485 11,155 3,450	23 360 8,280 3,450	23 290 6,670 3,450	23 245 5,635 3,450

El espesor mínimo recomendado para estos sistemas es de 0.080" (2.0 mm.). La selección del espesor dependerá de las condiciones de operación, siendo su Limite inferior al antes mencionado.

Colocación de la geomembrana sobre la superficie natural

El Proveedor deberá suministrar materiales, mano de obra calificada y equipo para una adecuada instalación.

- El Cliente deberá entregar el terreno firme, compactado a 95 Proctor terminado y listo para iniciar los trabajos, así como, sin protuberancias, piedras filosas y puntiagudas, ramas, lamina de agua, etc. que puedan dañar el Laminado, incluyendo en éste trabajo los taludes.

- En su caso, todos los trabajos electromecánicos deberán estar listos para instalar en presencia del aplicador del Laminado, dando indicaciones y/o reparando daños (en caso de que esto suceda) durante la instalación electromecánica.
- El sistema de unión entre placas deberá considerar una soldadura de Patín Caliente (Hot Wedge) con canal de prueba de aire, la cual se someterá a una presión el 30 Psi. durante 5 minutos, requiriéndose probar el 100% de las soldaduras.

En el caso de detalles en esquinas, cárcamos, etc. se utilizará soldadura de extrusión, la cual lleva un filamento de cobre desnudo que permita detectar cualquier fuga de corriente a través de la soldadura de acuerdo a las normas N A C E std. RP-02-74 donde se marca lo siguiente:

ESPESOR MILS. DE PULG.	VOLTAJE MINIMO
40	8 000
60	10 000
80	12 000
100	13 000

Con un detector Tinker and Razor Holiday detector modelo AP-W o similar.

Sistema de Fijación

La fijación de pasos se hará en Trinchera perimetral proporcionada por el cliente así como su posterior relleno.

Boquillas

Las boquillas, de requerirse, deberán ser fabricadas del mismo material e introducidas en la boquilla de acero.

INSPECCION

- El Proveedor deberá suministrar al Cliente la especificación del producto a instalar.
- La instalación deberá hacerse en base a la presente especificación, debiendo el Proveedor en su propuesta técnica, marcar los detalles y programa de instalación.
- La prueba de continuidad del laminado se deberá hacer de acuerdo a Lo expuesto en el párrafo anterior.
- En caso de presentarse algún problema de continuidad se deberá reparar siguiendo el sistema de extrusión. De ser necesario se colocará un parche en áreas más grandes. Probando nuevamente la reparación hecha.
- El Proveedor deberá contar con equipo y personal entrenado en México, pudiendo el Cliente a su criterio, desechar a cualquier Proveedor que no cumpla este requisito.
- El Proveedor deberá contar al menos con 500 000 M2. instalados en México. Para lo cual deberá entregar "Curriculum Vitae" de Clientes con Dirección y Teléfono.

CONTROL DE CALIDAD

- Para instalar La Geomembrana se deberá inspeccionar previamente el área Por recubrir, en conjunto con el Usuario y el Contratista de la obra civil (en su caso)
- EL Instalador deber Proporcionar un dibujo que muestre La colocación de paños así como su número de identificación.
- Antes de iniciar la soldadura de Los paños, se deberá probar el ajuste de la máquina con tiras de material (2) de 1.20 M. de largo por 50 cm. de ancho, probando el equipo e indicando el número de máquina, operador y temperatura de trabajo. la soldadura resultante deberá probarse sometiendo a tensión las dos capas soldadas hasta romperlas. La ruptura no deberá presentarse en la unión. Esta prueba es valiosa para la soldadura de extrusión.
- Durante el trabajo de soldadura, cada 250 M. de soldadura deberá cortarse una muestra de 90 cm. de Largo por 50 cm. de ancho, para cortar cupones ASTM y Llevarlas a prueba de tensiómetro, reportando al Cliente y a el personal de instalación los resultados de La misma. En caso de que aunque pase la prueba de aire y no pase la de tensiómetro, la soldadura deberá ser soldada adicionalmente con un cordón de extrusión. Esta prueba así como su reporte de resultados será necesario para aceptar la obra por parte del cliente.

Las pruebas de tensión se llevaran de acuerdo a las especificaciones ASTM D3083 y ASTM D413.

Los valores para 0.080" (2.0 mm.) de espesor deberán ser como mínimo de 320 y 190 Psi a la tensión (peel) y de al corte (shear) respectivamente.

GARANTIAS

Garantía de Geomembrana.

El Proveedor deberá suministrar una garantía por 20 años prorrateada a partir de la fecha de presentación del trabajo terminado.

Garantía de Instalación

El Contratista deberá garantizar la instalación de la Geomembrana por un periodo mínimo de 2 años contra defectos debidos a una instalación impropia., reparando sin costo alguno para el Cliente dichos defectos.

FOSA DE RECOLECCION DE LIXIVIADOS

La canalización de los lixiviados se captará en dos fosas adjuntas, la primera al relleno sanitario localizado bajo el nivel mínimo en las cotas 125 hasta la 135, en la intercepcion de los arroyos El Pedregal y arroyo sin nombre ubicado aguas abajo aproximadamente 400mts de la cota de descarga 170 del colector principal de salida de 1.20M de diámetro,(ver lamina L-9A) estos se conducirán en tuberías de PVC hidráulicos Anger S.I. RD 26 de 4.6.7,8 y 10" de diámetro, hacia dicha fosa, que también será recubierta con la geomembrana de polietileno.

PROTECCION DE LA GEOMEMBRANA

Para protección de la geomembrana contra la acción de equipos topadores Y distribuidores (trascavos, motocomformadoras y tractores), se procederá a tender sobre la geomembrana una capa de arena o de tepetate compactado, Con Un espesor mínimo de 0.30 m, para que sirva como base de amortiguamiento y distribuidor de esfuerzos.

a) Preparación del sitio

Antes de la colocación de materiales geosintéticos es necesario realizar la preparación del terreno, la cual, consiste cortes, rellenos y afine de las superficies a impermeabilizar, dejándolas libres de protuberancias, piedras filosas y puntiagudas, ramas, lámina de agua, etc. que puedan dañar los materiales.

b) Protección inferior de la membrana

Se realizará con la colocación de un material arcilloso fino de 0.20 m. Compactado al 95 % proctor estándar, sobre el cual descansará la geomembrana de polietileno de alta densidad de 1.5 mm (0.060"), posteriormente se colocará una capa de arena como material de drenaje de 0.30 m., y sobre de esta una capa de seguridad de 0.20 m. De material arcilloso compactado.

c) Colocación de la membrana

La geomembrana es colocada manual o mecánicamente y dejando un traslape mínimo de 10 cm para la unión de las capas.

Para lograr la completa impermeabilización, se realiza la unión de las membranas utilizando el proceso conocido como termofusión controlada.

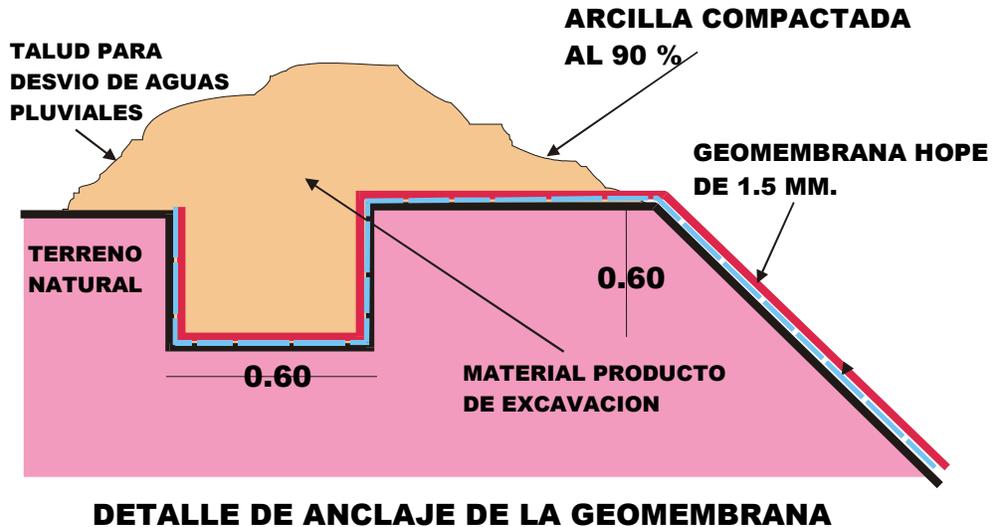
Durante la colocación de la membrana deberán realizarse ensayos de campo para verificar que las condiciones en las uniones son las recomendadas. Estas pruebas deben hacerse tomándose muestras de los extremos de cada unión, a las que se les prueba con un dinamómetro.

Por otro lado, se efectuarán pruebas no destructivas de las uniones a lo largo de todas ellas (Prueba al 100%). Estas pruebas son para determinar que el sellado de la geomembrana es el adecuado y se realizarán a lo largo de todas y cada una de las uniones, asegurándose la completa impermeabilidad ver figura 3.3.

d) Anclado de la membrana

Para asegurar la estabilidad de la membrana, se instalarán anclajes que la fijan a la superficie del relleno sanitario, mediante la construcción de una zanja perimetral a la zona a impermeabilizar, donde se fijará la membrana, se excavará una trinchera perimetral de 0.60 m x 0.60 m. De sección y alejada del borde del talud un mínimo de 0.60 m. Posteriormente dicha trinchera será rellena con material arenoso. (ver figura 3.3.)

Figura 3.3.



3.11 GENERACIÓN Y CONTROL DE BIOGAS

Una vez que los residuos quedan compactados bajo capas de tierra, se va creando un ambiente libre de oxígeno que permite el desarrollo de diversos tipos de organismos anaerobios, especialmente bacterias que biodegradan la materia orgánica contenida en la residuos sólidos. La descomposición progresiva de la materia orgánica implica la formación de compuestos intermedios (ácidos grasos volátiles y ácido sulfhídrico) que provocan los típicos malos olores de los residuos en descomposición.

Es por ello que en el relleno sanitario deben colocarse sistemas de venteo para controlar la salida de gases y debe cuidarse que las capas de residuos sólidos queden debidamente compactadas y perfectamente cubiertas con tierra para evitar la salida desordenada de los gases nocivos al medio ambiente por sitios que no sean los sistemas de evacuación. Una biodegradación completa de la residuos sólidos ocurre cuando ésta es depositada en capas compactadas y aisladas con tierra por encima y a los lados. A continuación se presentan una serie de factores y características mas importantes en la generación, composición y control de biogás, producido en rellenos sanitarios para residuos sólidos municipales.

Tabla 3.9 Constituyentes típicos encontrados en el gas de vertedero de RSUa

Componente	Porcentaje (base volumen seco)b
Metano	45-60
Dióxido de carbono	40-60
Nitrógeno	2-5
Oxígeno	0,1-1,0
Sulfuros, disulfuros, mercaptanos, etc.	0-1,0
Amoníaco	0,1-1,0
Hidrógeno	0-0,2
Monóxido de carbono	0-0,2
Constituyentes en cantidades traza	0,01-0,6
Característica	Valor
Temperatura	37-67° C
Densidad específica	1,02-1,06
Contenido en humedad	Saturado
Poder calorífico superior, Kcal/m ³ .	890-1.223

a Adaptado de referencias 16, 24 y 34

b La distribución porcentual exacta variará según la antigüedad del vertedero

Peso molecular, densidad y peso específico de los gases encontrados en un vertedero controlado en condiciones estándar (0°C, 1 atm).

Tabla 3.10

Gas	Fórmula	Peso molecular	Densidad, g/L	Peso específico, kg/m3.
Aire		28,97	1,2928	1,293
Amoniaco	NH ₃	17,03	0,7708	0,771
Dióxido de Carbono	CO ₂	44,00	1,9768	1,977
Monóxido de carbono	CO	28,00	1,2501	1,250
Hidrógeno	H ₂	2,016	0,0898	0,089
Sulfuro de hidrógeno	H ₂ S	34,08	1,5392	1,538
Metano	CH ₄	16,03	0,7167	0,717
Nitrógeno	N ₂	28,02	1,2507	1,251
Oxígeno	O ₂	32,00	1,4289	1,428

Nota: para un comportamiento de gas ideal, la densidad es igual a mp/RT , donde m es el peso molecular del gas, p es la presión, R es la constante de gas universal, y T es la temperatura utilizando una serie de unidades consistente.

Concentraciones típicas de compuestos en cantidades traza encontrados en el gas de vertedero en 66 vertederos de RSU en California a. **Tabla 3.11**

Compuesto	Concentración, ppbV _b		
	Mediana	Media	Máxima
Acetona	0	6.838	240.000
Benceno	932	2.057	39.000
Clorobenceno	0	82	1.640
Cloroformo	0	245	12.000
1,1-Dicloroetano	0	2.801	36.000
Diclorometano	1.150	25.694	620.000
1,1-Dicloroetano	0	130	4.000
Clorodietileno	0	2.835	20.000
Tras-1,2-Dicloroetano	0	36	850
2,3-Dicloropropano	0	0	0
1,2-Dicloropropano	0	0	0
Bromuro de etileno	0	0	0
Dicloroetileno	0	59	2.100
Oxido de etileno	0	0	0
Etilbenceno	0	7.334	87.500
Metil-etil-cetona	0	3.092	130.000
1,1,2-Tricloroetano	0	0	0
1,1,1-Tricloroetano	0	615	14.500
Tricloroetileno	0	2.079	32.000
Tolueno	8.125	34.907	280.000
1,1,2,2-tetracloroetano	0	246	16.000
tetracloroetileno	260	5.244	180.000
Cloruro de vinilo	1.150	3.508	32.000
Estirenos	0	1.517	87.000
Acetato de vinilo	0	5.663	240.000
Xileno	0	2.651	38.000

^a Adaptado de referencia 5

^b ppbV = partes por billón (mil millones por volumen).

Distribución porcentual de los gases de vertedero observados durante los primeros 48 meses después de la clausura de una celda de vertedero

Tabla 3.12

Intervalo temporal desde el llenado de la celda, meses	Medio, porcentaje por volumen		
	Nitrógeno, N ₂	Dióxido de carbono, CO ₂	Metano, CH ₄
0-3	5,2	88	5
3-6	3,8	76	21
6-12	0,4	65	29
12-18	1,1	52	40
18-24	0,4	53	47
24-30	0,2	52	48
30-36	1,3	46	51
36-42	0,9	50	47
42-48	0,4	51	48

Tabla 3.13

Constituyentes orgánicos rápidamente y lentamente biodegradables en los RSU

Componente de residuos orgánicos	Rápidamente biodegradable	Lentamente biodegradable
Residuos de comida	Si	
Periódicos	Si	
Papel de oficina	Si	
Cartón	Si	
Plásticos ^a		
Textiles		Si
Goma		Si
Cuero		Si
Residuos de Jardín	Si ^b	Si ^c
Madera		Si
Orgánicos misceláneos		Si

^a Los plásticos generalmente son considerados como no biodegradables.

^b Hojas de recorte de césped, normalmente, el 60 por 100 de los residuos de jardín son considerados como rápidamente biodegradables.

^c Porciones leñosas de los residuos de jardín.

Tabla 3.14

Biodegradabilidad de los constituyentes orgánicos en los RSU

Componente de residuos orgánicos	Contenido de lignina, porcentaje SV	Fracción biodegradable ^a , porcentaje SV
Residuos de comida	0,4	0,82
Papel de Periódicos	21,9	0,22
Papel de oficina	0,4	0,82
Cartón	12,9	0,47
Residuos de jardín	4,1	0,72

^a Fracción Biodegradable = 0,83 – (0,028) . LC. Donde LC = porcentaje SV (Sólidos volátiles).

Tabla 3.15

Componente	Peso húmedo _a , kg	Peso seco _b , kg	C	H	O	N	S	Cenizas
Constituyentes orgánicos rápidamente descomponibles								
Residuos de comida	9,0	2,7	1,30	0,17	1,02	0,07	0,01	0,14
Papel	34,0	32,0	13,92	1,92	14,08	0,10	0,06	1,92
Cartón	6,0	5,7	2,51	0,34	2,54	0,02	0,01	0,29
Residuos de jardín	11,1 _d	4,4	2,10	0,26	1,67	0,15	0,01	0,20
Total	60,1	44,8	19,83	2,69	19,31	0,34	0,09	2,55
Constituyentes orgánicos lentamente descomponibles								
Textiles	2,0	1,8	0,99	0,12	0,56	0,08	----	0,05
Goma	0,5	0,5	0,39	0,05	-	0,01	----	0,05
Cuero	0,5	0,4	0,24	0,03	0,05	0,04	----	0,04
Residuos de jardín	7,4 _e	3,0	1,43	0,18	1,14	0,10	0,01	0,13
Madera	2,0	1,6	0,79	0,10	0,69	----	----	0,02
Total	12,4	7,3	3,84	0,48	2,44	0,23	0,01	0,29

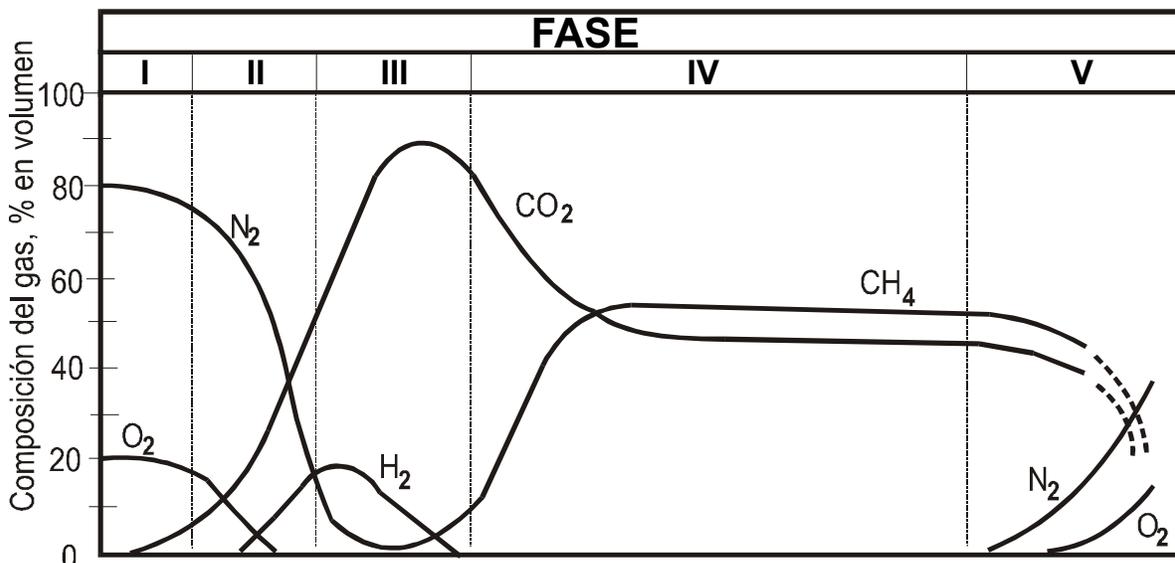
Marco Técnico

Las condiciones que prevaleceran en el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente, constituiran un ambiente propicio para la producción del biogas, que estará directamente relacionada con el contenido orgánico, temperatura, humedad, contenido de oxígeno, tamaño de partícula, compactación y pH de los residuos sólidos municipales que ahí se confinen.

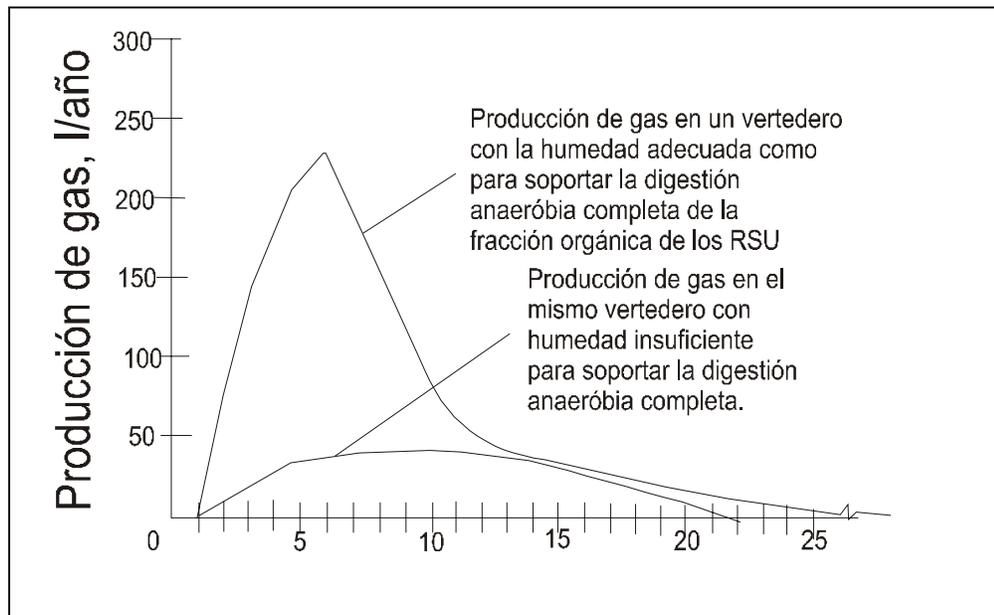
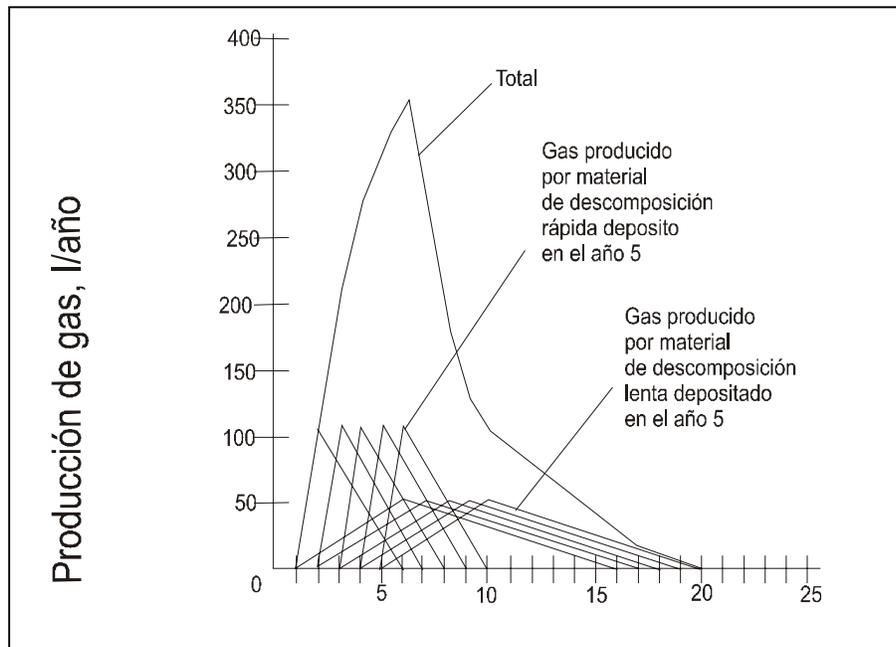
La dinámica en la composición del biogas que se genere en el sitio, cambiará debido a que se presentarán dos procesos básicos de degradación. Primeramente el proceso aerobio y posteriormente el anaerobio.

Estos procesos se llevan a cabo en cuatro fases: anaerobia, anaerobia no metanogánica, anaerobica metanogánica inestable y anaerobica metanogánica (ver Figura 3.4.)

Figura 3.4.



Fuente: Chobanoglous George y Theisen Hilary
Gestión Integral de Residuos Sólidos Mc. Graw Hill 1994.



Generación de los principales gases en el Relleno Sanitario.

Como se ilustra en la figura anterior, se considera que la generación de los principales gases del relleno se produce en cinco o menos fases secuenciales

Fase I: Ajuste inicial.

La Fase I es la fase de ajuste inicial, en la que los componentes orgánicos biodegradables de los Residuos Sólidos, sufren descomposición microbiana, mientras se colocan en un relleno y poco después, en la fase I se produce descomposición biológica bajo condiciones aerobias, porque hay cierta cantidad de aire atrapado dentro del relleno. La fuente principal de organismos, ambos, aerobios y anaerobios, responsables de la descomposición de los residuos es el material del suelo que se utiliza como cobertura diaria y final. Otras fuentes de organismos son los fangos digeridos de plantas de tratamiento de aguas residuales evacuados en muchos vertederos de Residuos Sólidos, y el lixiviado reciclado.

Fase II de Transición.

En la fase II, identificada como fase de transición, desciende el oxígeno y comienzan a desarrollarse condiciones anaerobias. Mientras el vertedero se convierte en anaerobio, el nitrato y el sulfato, que puedan servir como receptores de electrones en reacciones de conversión biológica, a menudo se reducen a gas nitrógeno y sulfuro de hidrógeno. El comienzo de condiciones anaerobias se puede supervisar midiendo el potencial de oxidación/reducción que tiene el residuo. Las condiciones de reducción suficientes para producir la reducción del nitrato y del sulfato se dan aproximadamente entre -50 a -100 milivoltios. El metano se produce cuando los valores del potencial de oxidación/reducción están dentro del rango de -150 a -300 milivoltios. Mientras sigue bajando el potencial de oxidación/reducción, los miembros de la comunidad microbiana responsables de la conversión del material orgánico de los Residuos Sólidos en metano y dióxido de carbono empiezan un proceso de tres pasos, con la conversión de material complejo en ácidos orgánicos y otros productos intermedios, como se describe en la fase III. En la fase II, el Ph del lixiviado, si es que esté se forma, comienza a caer debido a la presencia de ácidos orgánicos y al efecto de las elevadas concentraciones de CO_2 dentro del relleno.

Fase III, Fase ácida.

En la fase III, fase ácida, se acelera la actividad microbiana iniciada en la fase II con la producción de cantidades significativas de ácidos orgánicos y pequeñas cantidades de gas de hidrógeno. El primer paso en el proceso de tres pasos implica la transformación, mediada por enzimas (hidrólisis) de compuesto con alto peso molecular (por ejemplo, lípidos, polisacáridos, proteínas y ácidos nucleicos) en compuestos aptos para ser utilizados por los microorganismos como fuentes de energía y de carbono celular. El segundo paso en el proceso (ácido génesis) implica la conversión microbiana de los compuestos resultantes del primer paso en compuestos intermedios de bajo peso molecular, como son el ácido acético (CH_3COOH) y las pequeñas concentraciones de ácido fólvico y otros ácidos más complejos. El dióxido de carbono (CO_2) es el principal gas generado durante la fase III. También se producirán cantidades más pequeñas de gas de hidrógeno (H_2). Los microorganismos implicados en esta conversión, llamados colectivamente no metanogénicos, son las bacterias anaerobias facultativas y obligadas. A menudo se identifican estos microorganismos en la literatura de ingeniería como acidogénicos o formadores de ácido.

El pH del lixiviado, si se forma, frecuentemente caerá hasta un valor de 5 o menos, por la presencia de los ácidos orgánicos y por las elevadas concentraciones de CO₂ dentro del relleno. La demanda de bioquímica de oxígeno (DOB₅), la demanda química de oxígeno (DOQ) y la conductividad del lixiviado se incrementará significativamente durante la fase III debido a la disolución de ácidos orgánicos en el lixiviado, también se solubilizarán durante la fase III, algunos constituyentes inorgánicos, principalmente metales pesados, debido a los bajos valores del pH en el lixiviado. Muchos nutrientes esenciales también se separarán con el lixiviado en la fase III. Si no se recicla el lixiviado, se perderán del sistema nutrientes esenciales. Es importante resaltar que si no se forma lixiviado, quedarán dentro del relleno productos de conversión producidos durante la fase III, como constituyentes absorbidos en el agua contenida por los residuos, como se define en la capacidad de campo.

FASE IV Fase de fermentación del metano

En la fase IV, la fase de fermentación del metano, un segundo grupo de microorganismos, que convierten el ácido acético y gas de hidrógeno producidos por los formadores de ácidos en la fase ácida en CH₄ y CO₂, llegan a ser más predominantes. En algunos casos estos organismos comenzarán a desarrollarse hasta el final de la fase III. Los microorganismos responsables de esta conversión son estrictamente anaerobios y se llaman metanogénicos o formadores de metano. En la fase IV la formación de metano y ácido se produce simultáneamente, aunque la velocidad de formación de ácidos es considerablemente más reducida

Como los ácidos y el gas de hidrógeno producidos por los formadores de ácidos se han convertido en CH₄ y CO₂ en la fase IV, el pH dentro del relleno subirá a valores más neutros, en el rango de 6,8 a 8. A continuación, el pH del lixiviado, si se forma, subirá, y se reducirán las concentraciones de DOB₅ y DOQ y el valor de conductividad del lixiviado. Con valores más altos de pH, menos constituyentes inorgánicos quedan en la disolución y, como resultado, la concentración de metales pesados presentes en el lixiviado también se reducirá.

FASE V: Fase de maduración.

La fase V, fase de maduración, se produce después de convertirse el material inorgánico biodegradable en CH₄ y CO₂ durante la fase IV. Mientras la humedad sigue migrando a través de los residuos se convierten porciones del material biodegradable que anteriormente no estaban disponibles. Durante la fase V la velocidad de generación del gas del relleno disminuye significativamente, porque la mayoría de los nutrientes disponibles se han separado con el lixiviado durante las fases anteriores, y los sustratos que quedan en el relleno son de una degradación lenta. Los principales gases del relleno que han evolucionado en la fase V con CH₄ y CO₂. Según las medidas de sellado en el relleno, también pueden encontrarse pequeñas cantidades de nitrógeno y oxígeno en el gas del relleno. Durante la fase de maduración, el lixiviado a menudo contendrá ácidos húmicos y fúlvicos, que son difíciles de degradar biológicamente.

Duración de fases.

La duración de las fases individuales de producción del gas en el relleno variará según la distribución de los componentes orgánicos en el relleno, la disponibilidad de nutrientes, el contenido de humedad de los residuos, el paso de la humedad por el relleno y el grado de compactación inicial. Por ejemplo, si se compactan juntos varios cargamentos de matorrales, la relación carbono/nitrógeno y el balance de nutrientes puede que no sea favorable para la

producción del gas en el relleno. De forma similar, se retardará la generación del gas del relleno, si no hay suficiente humedad disponible. Incrementando la densidad del material colocado en el relleno, descenderá la posibilidad de que la humedad llegue a todas las partes de los residuos y, por lo tanto, reducirá la velocidad de bioconversión y la producción de gas.

Características y Volumen de Biogas Estimado.

Característica del biogas.

Los principales componentes del biogas generado en los residuos sólidos son el metano y el dióxido de carbono, además en bajas concentraciones se tiene nitrógeno y ácido sulfhídrico; sin embargo, existen otros componentes a nivel traza que son importantes por sus posibles efectos sobre la salud humana. En la Tabla 3.9, se muestra la composición promedio del biogas detectada en sitios de disposición final de residuos sólidos.

En lo que respecta a los compuestos a nivel traza éstos provienen de dos posibles fuentes:

a). Los generados por el proceso de biodegradación natural que se presenta en los sitios de disposición final. En esta fuente se tiene a los siguientes grupos:

- Compuestos Oxigenados.
- Compuestos de azufre.
- hidrocarburos.

b).- Los generados artificialmente por el hombre y que son depositados con los residuos sólidos.

En esta fuente se tiene a los siguientes grupos:

- Hidrocarburos Aromáticos.
- Hidrocarburos clorados.

Tabla 3.16. COMPOSICION Y CARACTERISTICAS TIPICAS DEL BIOGAS EN UN RELLENO SANITARIO.

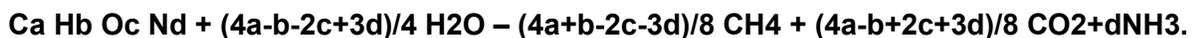
COMPONENTE	% DEL COMPONENTE (VOLUMEN, BASE SECA)
METANO	45-60
BIOXIDO DE CARBONO	40-60
NITROGENO	2.5
OXÓGENO	0.1-1.0
HIDROCARBUROS PARAFINCOS	0.1
HIDROCARBUROS AROMATICOS Y CICLICOS	0.2
HIDROGENO	0.02
ACIDO SULFHIDRICO	0.02
MONOXIDO DE CARBONO	0.02
COMPUESTOS TRAZAS	0.01-0.6
CAPACIDAD CALORIFICA	300-550
GRAVEDAD ESPECIFICA	1.04
CONTENIDO DE HUMEDAD	SATURADO
TEMPERATURA(EN LA FUENTE)	41 °C

La existencia de materiales orgánicos volátiles en el biogas, obliga a que en el relleno sanitario se tenga un control eficiente del mismo, para evitar problemas de salud a los operarios y molestias por los olores desagradables a la población circundante.

Volumen de Biogas

La estimación del volumen de biogas que se generará en el sitio en estudio, es muy difícil de calcular, debido a que actualmente se cuenta con métodos teóricos, que en ocasiones manejan constantes que han sido determinadas experimentalmente con residuos sólidos con características muy diferentes a los residuos que se generan en nuestro país.

Primeramente, es posible determinar el volumen de biogas potencial a generarse por pesos de unidad de residuos sólidos, usando para ello la estequiometría correspondiente a una digestión anaerobia como la siguiente:



Sin embargo, los resultados que se obtienen con esta técnica no son reales dado que se consideran productos en los mismos residuos tales como lignina, celulosa y grasa que no se biodegradan completamente.

En los últimos años se ha medido en varios rellenos sanitarios y en lisímetros abiertos, el volumen generado por la degradación la fracción orgánica contenida en los residuos sólidos, sin embargo, a los valores obtenidos han presentado un amplio rango de valores, debido a las múltiples condiciones en las que se encuentra el sistema durante las mediciones. El intervalo encontrado fluctúa entre 0.75 a 34 litros de biogas por kilogramo de residuo húmedo por año pero hay investigadores que han llegado a valores teóricos llamados de última productividad, tan altos como 450 L/Kg. de residuos y valores medidos en laboratorio de 260 L/Kg. Esto obedece a los

factores que afectan dicha producción como son: la composición de la basura, la temperatura, el pH y alcalinidad y la cantidad y calidad de nutrientes principalmente nitrógeno, fósforo y potasio contenidos en los residuos sólidos, y finalmente la presencia de algunos inhibidores dentro del relleno.

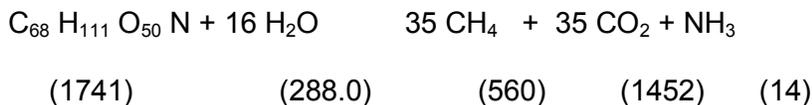
Por otra parte, es conocido que la tasa de producción del biogas varía con el tiempo, por lo que el método estequiométrico requiere de la ayuda de la cinética de reacción, no obstante que la producción de éste continúa por varias décadas, haciéndose difícil la predicción del mismo.

Con base en ese método fue posible estimar la producción de biogas utilizando la metodología del Modelo de Producción de Biogas Triangular propuesto por G. Tchobanoglous (1994), el cual considera como base de cálculo la fracción orgánica de los residuos sólidos: la parte altamente degradable (residuos alimenticios, residuos de jardinería < 60% >, papel, cartón etc.), y la parte moderadamente degradable (madera, residuos de jardinería < 40% >, textiles, etc.). partiendo para el proyecto del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente de una constante de generación de biogas de 150 lts/kg.

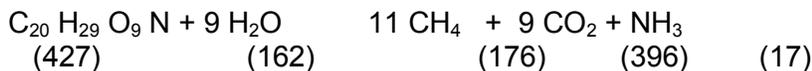
Para el primer caso, el punto máximo de producción de biogas se alcanza en el primer año y se considera un período 5 años de producción de biogas, siguiendo un comportamiento triangular. En el caso de la fracción moderadamente degradable, el pico máximo de producción se considera que se alcanza en los primeros cinco años y la duración del proceso es de 15 años teóricamente,. Ahora bien, el área bajo la curva generada, corresponde al volumen total de biogas producido.

Para calcular la producción de biogas por tipo de residuos según su biodegradabilidad. Tchobanoglous (ref. citada) llega previamente a dos ecuaciones estequiométricas, en las que el término de la izquierda corresponde a la composición química teórica del grupo de residuos en cuestión:

Residuos rápidamente degradables



Residuos lentamente degradables:



ahora bien, considerando la densidad del metano y el bióxido de carbono ($\delta CH_4 = 0.72$ g/L y $\delta CO_2 = 1.98$ g/L), y de acuerdo con las ecuaciones estequiométricas anteriores, se tiene que:

producción de biogas de los residuos rápidamente degradables:

$$\frac{560 \text{ g } CH_4}{1741 \text{ g RB } (0.72 \text{ g } CH_4/L \text{ } CH_4)} = 446.7 \text{ L } CH_4/kg \text{ RB}$$

$$\frac{1452 \text{ g } CO_2}{1741 \text{ g RB } (1.98 \text{ g } CH_2/L \text{ } CO_2)} = 421.2 \text{ L } CO_2/kg \text{ RB}$$

De donde la producción de biogas sería de $446.7 + 421.2 = 867.9$ L biogas /kg RB.

Nota: En las ecuaciones anteriores, RB se refiere a residuos “Rápidamente biodegradables”.

producción de biogas de los residuos lentamente degradables:

$$\frac{176 \text{ g CH}_4}{427 \text{ g LB (0.72 g CH}_4\text{/L CH}_4)} = 572.5 \text{ L CH}_4\text{/kg LB}$$

$$\frac{396 \text{ g CO}_2}{427 \text{ g LB (1.98 g CH}_2\text{/L CO}_2)} = 468.4 \text{ L CO}_2\text{/kg LB}$$

De donde la producción de biogas sería de $572.5 + 468.4 = 1,049.9$ L biogas / Kg LB.

Nota: en las ecuaciones anteriores, LB se refiere a residuos “Lentamente Biodegradables”

La generación de biogas por masa unitaria de residuos biodegradables, ya sean rápida o lentamente degradables, corresponde a la que se presenta en el referencia citada; así.

$$\begin{aligned} 868 \text{ L biogas /kg RB} &= 13.9 \text{ ft}^3 / \text{lb RB} \\ 1041 \text{ L biogas /kg LB} &= 16.7 \text{ ft}^3 / \text{lb LB} \end{aligned}$$

Nota.- (L biogas /kg residuo) / 62.38 = ft³ / lb residuo

Al multiplicar estos valores por la fracción en base seca de los residuos y por el porcentaje de la materia que efectivamente se biodegrada, Tchobanoglous obtiene valores mas reducidos de generación real de biogas. De esta manera se tiene que:

$$0.448 \times 0.75 \times 13.9 \text{ biogas/lb RB} = 4.704 \text{ ft}^3 / \text{lb residuos sólidos (89\%).}$$

$$0.073 \times 0.50 \times 16.7 \text{ biogas/lb LB} = 0.584 \text{ ft}^3 / \text{lb residuos sólidos (11\%).}$$

$$\overline{5.288 \text{ ft}^3 / \text{lb residuos sólidos (100\%).}}$$

Nota: 0.448 y 0.73 es la fracción en base seca, y 0.75 y 0.50 es la fracción de la materia que efectivamente se biodegrada, para los residuos biodegradables rápidos y lentos, respectivamente en cada caso.

Este último valor equivale a : $5.228 \times 62.38 = 329.9$ L biogas/ kg residuo sólido.

El valor obtenido es teórico, y es muy superior al propuesto que es de 150 lts biogas/kg. Por lo anterior, enseguida se harán los ajustes necesarios para manejar una producción conservadora globalizada de 150 L biogas / kg residuo sólido.

Entonces, se tiene que la generación de biogas de acuerdo con el dato de 150 L biogas / kg residuos, quedaría definida por las siguientes relaciones para los dos grupos de subproductos:

$$(0.67) \times (0.80) \times G_{RB} = 133.50 \text{ (89\%)}$$

$$(0.13) \times (0.70) \times G_{LB} = 16.50 \text{ (11\%)}$$

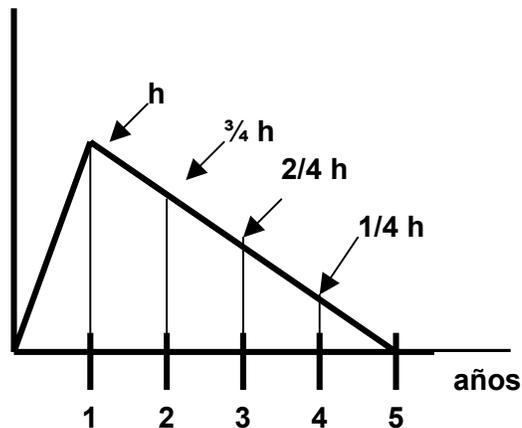
$$\hline 150.00 \text{ (100 \%)}$$

Los valores obtenidos equivalentes son : $G_{RB} = 250 \text{ L biogas / kg RB}$
 $G_{LB} = 180 \text{ L biogas / kg LB}$

Estos serían los valores de producción de biogas por tipo de residuos según su biodegradabilidad. En vista de lo que se desea es calcular la producción total de biogas sumada de las producciones particulares los residuos rápida y lentamente degradables, se emplearán directamente los valores de producción particulares obtenidos arriba (113.50 y 16.50 L biogas /kg de residuo sólido en base húmeda) .

Para estimar la producción de biogas con respecto al tiempo para los residuos rápidamente degradables (producción máxima a un año y terminación a los cinco años), se empleará la siguiente figura:

**Tasa de producción de biogas
(L /año)**



La producción de biogas es igual al área bajo la curva A, y se calcula de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{2} b \times h \\ &= 0.5 \text{ (años)} \text{ (tasa pico de producción = } h \text{)} \\ &= 0.5 (5) (h). \end{aligned}$$

Ya que el valor de A es conocido (133.5 L biogas / kg residuo), se tiene entonces que la tasa pico de producción, a ocurrir al primer año, será:

$$\begin{aligned} h &= (2 A) / t \\ &= (2 \times 133.5) / 5 = 53.4 \text{ L biogas /año.} \end{aligned}$$

Una vez conocido el valor de h , es posible determinar la producción de gas en cada año mediante el cálculo de las áreas parciales en la figura anterior. Así, para el primer año, la producción de gas será:

$$\begin{aligned} A_1 &= \frac{1}{2} b \times h \\ &= 0.5 (1) (53.4) \\ &= 26.7 \text{ L biogas /kg residuo} \end{aligned}$$

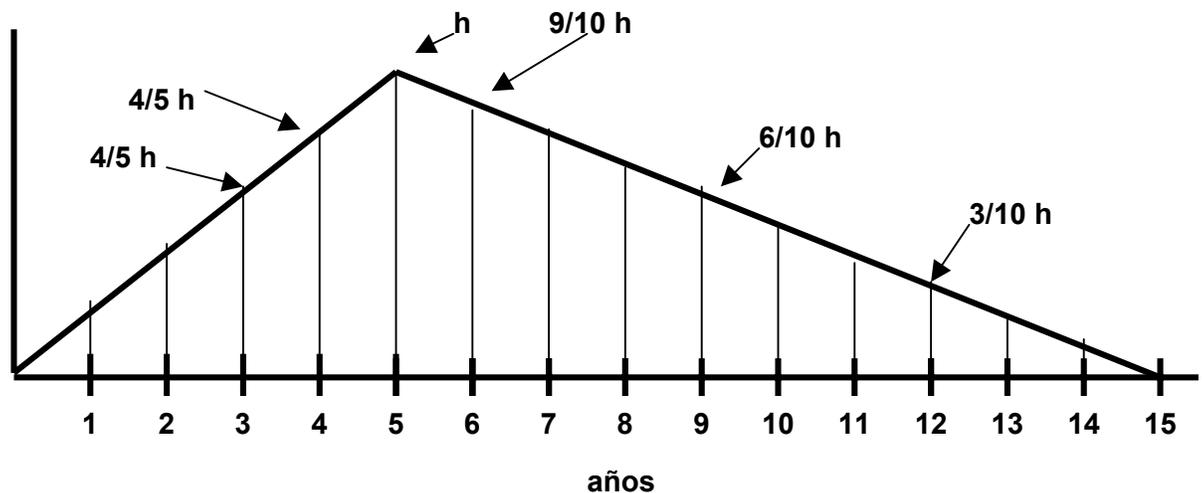
para el segundo año, la cantidad de biogas producido será:

$$\begin{aligned} A_2 &= \text{área rectángulo} + \text{área triángulo} \\ &= (1) \times (0.75 h) + 0.5 (1) (0.25 h) \\ &= 46.7 \text{ L biogas /kg residuo} \end{aligned}$$

y así sucesivamente.

Ahora bien, los residuos que se degradan con lenta velocidad, el modelo simplificado de la cinética de generación considera que la tasa de producción máxima ocurre a un tiempo $t=5$ años, en tanto que la producción decae paulatinamente hasta un valor de cero al año 15 después de que fueron confinados los residuos. En estas condiciones, la figura geométrica que explica el modelo siguiente.

Tasa de producción de biogas (L /año)



La tasa máxima de producción de biogas ocurre al año 5. Si la producción total de biogas es igual al área bajo la curva, entonces su valor se determina mediante la relación:

$$A = \frac{1}{2} b \times h$$

De donde, el valor de h , será igual a:

$$\begin{aligned} h &= 2 A / b \\ &= 2 (16.5) / 5 \\ &= 2.2 \text{ L biogas / año.} \end{aligned}$$

De esta manera, y resolviendo para cada área particular del triángulo como se hizo en el caso anterior, se tiene que:

$$A_1 = (1) (1/5 \times 2.2) / 2 = 0.22 \text{ L biogas / kg residuo.}$$

$$A_2 = 1 \times (0.2 \times 2.2) + (1 \times 0.2 \times 2.2) / 2 = 0.66 \text{ L biogas / kg residuo.}$$

Y así sucesivamente.

De la tabla puede deducirse que, por cada kilogramo de residuos sólidos municipales que se depositan en el relleno sanitario, se genera un total de 150 L biogas. De esta cantidad, 133.5 L se producirán durante los primeros 5 años y corresponderán a la aportación de la materia que se degrada rápidamente, por otra parte, los 13.5 L de biogas restantes serán producidos en un lapso de 15 años y corresponderán a la aportación de la materia orgánica cuya velocidad de degradación es lenta. Si la totalidad de los residuos depositados fuera de materia rápidamente degradable, el valor de producción alcanzado en cinco años sería el determinado previamente como $G_{RB} = 250 \text{ L biogas / kg RB}$.

Asimismo, de acuerdo con estas estimaciones, la mayor producción de biogas se da durante los primeros cinco años de que hayan sido depositados los residuos. De ahí que para proyectos donde se plantea aprovechar el biogas sea muy importante considerar estos años útiles. Aun y cuando algunos sitios de disposición muestran una producción muy marcada de biogas 10 o más años después de que se depositaron residuos en ellos.

Cabe señalar que, en caso de requerirse la determinación de las tasas de generación de biogas para un tiempo determinado, estas pueden obtenerse calculando el valor de la fracción de "h" correspondiente.

Valores de la producción de biogas final por kilogramo de residuos sólidos derivados de cada grupo de residuos según su velocidad de biodegradación.

Biogas producido (L/ kg residuos sólidos municipal)			
AÑO	RB	LB	TOTAL
1	26.7	0.22	26.92
2	46.7	0.66	47.36
3	33.5	1.09	34.59
4	20.1	1.53	21.63
5	6.7	1.97	8.67
6	-----	2.07	2.07
7	-----	1.86	1.86
8	-----	1.64	1.64
9	-----	1.42	1.42
10	-----	1.20	1.20
11	-----	0.98	0.98
12	-----	0.76	0.76
13	-----	0.55	0.55
14	-----	0.33	0.33
15	-----	0.11	0.11
TOTAL	133.7	16.40	150.09

Con base en los parámetros anteriores se realizó una estimación del biogas generado por la actividad del relleno Sanitario Metropolitano Picachos arrojando los siguientes resultados en la tabla

Diseño del Sistema de Control de Biogas.

La migración de gases desde los sitios de disposición final de residuos sólidos municipales, hacia sus alrededores, constituye un problema serio en varias comunidades, ya que el metano, que es el componente combustible del biogas, puede acumularse en ductos, cimientos o espacios cerrados de las estructuras cercanas a estos sitios de disposición final.

Dichas acumulaciones de metano pueden provocar combustión en presencia de oxígeno y en ocasiones explotar, causando pérdidas humanas y materiales a las comunidades cercanas o a la infraestructura instalada en las áreas vecinas y aún a la infraestructura de apoyo del mismo sitio de disposición que esté generando las emisiones de biogas.

Formas para manejar el biogas

El primer paso para implementar cualquier alternativa de solución es decidir en que forma se controlará el flujo del gas y para ello existen tres opciones generales utilizadas actualmente en los rellenos de varios países: venteo natural, venteo pasivo y extracción activa o recarga.

Distribución y Características Generales de los Pozos.

Esparcimiento y distribución.

Determinación del radio de influencia

El radio de influencia de los pozos de venteo normalmente dependen del grado de compactación, tipo de residuos sólidos, de la profundidad del pozo y del flujo de salida del biogas (residuos de mercados, domésticos, de construcción etc.). ahora bien, hay que considerar que dentro de los estratos de residuos sólidos no existe una uniformidad en cuanto a las características de los residuos sólidos, así como de su acomodo. Esto origina que el cálculo para determinar la ubicación de los pozos de venteo sea difícil de llevar a cabo. En la actualidad, se tiene reportado por la literatura que el número de pozos de venteo por un sistema pasivo, será de 2 a 6 piezas por hectárea; sin embargo, se tiene un segundo criterio, para determinar el número de los mismos y consiste en ubicar un pozo de venteo por cada 7,500 m³ de residuos sólidos, no obstante lo anterior, para el proyecto se realizaron varios ejercicios de distribución y de acuerdo a la conformación final del sitio el resultado fue de 1.7 pozos por hectáreas.

Para fines del proyecto se considerara un radio de influencia de 45 m, el cual concuerda con las recomendaciones cuando no se cuenta con información de campo. El espaciado de los pozos de venteo es la parte medular para lograr un buen control de la producción de biogas en los sitios de disposición final. Los pozos serán esparciados de tal modo que sus zonas de influencias se traslapen, y se asegure el venteo total del biogas contarán con un 30 % de traslape.

La separación entre pozo y pozo, será de 77.00 M. La distribución definitiva de los pozos dependerá de la posibilidad que presenten los residuos confinados de la configuración del proyecto

Numero de pozos y su distribución en el sitio.

Numero de pozos.

El área de influencia del pozo de biogas es de 6,361m², por lo cual se estimó un numero de 66 pozos; considerando un traslape del 30%.(ver lamina L-8).

Características generales de los pozos

Profundidad.- Un criterio aceptado internacionalmente y que se aplica en México desde hace varios años, es que los pozos de extracción deben penetrar un 80-90% del espesor de los residuos y un mínimo de 70-80%, de la longitud del tubo captador debe estar perforada o ranurada. De esta manera y conforme a las profundidades de cada nivel del relleno.

SISTEMA Y TIPO DE POZOS PROPUESTOS:

a) Sistema de Venteo pasivo. El venteo pasivo es similar al venteo natural, y se basa en los mecanismos de presión natural en el interior del relleno. Sin embargo los sistemas pasivos utilizan tubos colectores o trincheras para interceptar el gas en movimiento y canalizarlo al exterior. Como el relleno se encuentra bajo una presión positiva, debido a la generación de gases de descomposición y el tubo colector o la trinchera se encuentran prácticamente a presión atmosférica o muy cerca de ésta, se induce el movimiento del gas al punto de colección. Este sistema se propone para el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente en su etapa inicial, una vez analizado la producción real, la composición del biogas, su flujo y temperatura se puede modificar el sistema por el activo, de hecho se propone que los tubos que se colocaran en el relleno contarán con varias opciones de operación, como: podrán funcionar como pozos de monitoreo de biogas, como sistema pasivo y como sistema activo, este ultimo, colocándole quemadores a los que así lo requieran para lograr un desalojo mas rápido del biogas.

En varios países desarrollados actualmente se solicita que en los nuevos rellenos sanitarios se instalen sistemas activos de control. Adicionalmente, todos los rellenos existentes de gran capacidad deben instalar un sistema activo para la extracción del biogas. Esto significa que dichos países ya no permiten más la instalación de sistemas pasivos (Lucido,1994).

b) Sistemas activos.- Hay dos tipos de sistemas activos(extracción y recarga). Los sistemas de extracción jalen el gas hacia fuera del relleno o los suelos adyacentes, estableciendo un gradiente de presión (vacío) a través del de punto de extracción. Los sistemas de recarga bombean aire al interior de los suelos adyacentes, creando una barrera de presión positiva entre el relleno y las zonas habitadas. Esto conduce el biogas de regreso al relleno y lo aleja de las zonas habitadas.

El tipo de pozos propuestos para instalar en el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente es en principio el pasivo, hasta en tanto no se tengan los resultados de la composición del biogas generado, como su flujo, temperatura y presión, no obstante lo anterior, los pozos y su equipamiento contarán con los elementos para que en su caso cualquiera de los pozos se pueda adecuar a un sistema activo con mechero (quemador de biogas) o bien en su caso aprovecharlo productivamente.

Características Generales del Quemador.

Suministro de aire. Para los quemadores a inducción natural, se debe calcular cuidadosamente la presión de la caja de mezclado a partir de sus dimensiones y la temperatura de los gases de combustión. El suministro de aire al quemador debe estar protegido contra las variaciones de la velocidad del aire que pueden causar apagones y regresos de flama.

Aire en exceso. Para una combustión completa, es necesario suministrar suficiente aire en exceso.

Un buen diseño de quemador especifica el mínimo aire en exceso posible, compatible con los Requerimientos de la combustión. De modo empírico se sabe que cada 10% de aire en exceso extra se traduce en una pérdida de 0.7% en términos de eficiencia.

Especificaciones de combustible. El diseño de quemadores está directamente ligado al tipo de combustible a ser quemado, algunas de las propiedades que deben conocerse claramente son; poder calorífico inferior, composición química promedio, presión y temperatura en el quemador.

Flama.- La flama de un quemador convencional a inducción natural es una difusión que se presenta sobre la ignición de un combustible mezclado en aire, a diferencia de la flama aerada que se presenta cuando el combustible y el aire son premezclados antes de someterse a la combustión. Es difícil estructurar una ecuación para dimensionar la flama de un quemador, sin embargo se acepta como criterios de diseño el establecimiento de alturas máximas de 1.5 m y anchos de 2 veces el diámetro del quemador, para quemadores a inducción natural.

Sistema de ignición. Se requiere un encendido suave en cualquier quemador por razones de seguridad. Los quemadores pueden ser encendidos manualmente o mediante el sistema de encendido comúnmente conocidos como piloto e inclusive mediante sistemas automáticos de tipo eléctrico. La mayoría de los quemadores a inducción natural son encendidos en forma manual y en el caso específico de los instalados en rellenos sanitarios, utilizando antorchas.

3.12. GENERACIÓN Y CONTROL DE LIXIVIADOS

Los lixiviados son líquidos altamente contaminantes que se producen como resultado de la percolación del agua a través de los residuos sólidos confinados y también por el metabolismo generado por microorganismos presentes en los residuos dentro del relleno sanitario, y potencialmente pueden impactar la calidad del agua subterránea, ya sea mantos freáticos o acuíferos, el líquido lixiviado, contiene una cantidad importante de sólidos suspendidos y disueltos, debido a reacciones químicas y bioquímicas, produciéndose inclusive gases como el metano (CH₄) bióxido de carbono (CO₂) y amoníaco (NH₃), se estima que aun cuando se controle el ingreso de agua pluvial, existirá generación de lixiviados debido a la liberación del agua contenida en los mismos residuos confinados y la generada por actividad microbiana.(ver la tabla No 3.18. factores de generación de lixiviados.

Tabla 3.18. Factores de generación de lixiviados

FACTORES	ELEMENTOS	
Infiltración de agua	Precipitación pluvial Cobertura de los residuos sólidos municipales	-Ubicación geográfica. -época del año / aspectos climatológicos. -Evaporación/evapotranspiración -Espesor impermeabilidad -Tipos de materiales -Compactación -Pendientes.
Característica de los residuos	Tipología	Composición Orgánica Inorgánica Compuestos contaminantes Humedad Capacidad de absorción Tamaño y grado de compactación
Actividades microbianas	Actividades aerobias, anaerobias	-Naturaleza de los materiales -Temperatura -Relación carbono/nitrógeno -Potencial de hidrogeno (Ph) -Contenido de sustancias tóxicas.
Operación del relleno	Eficiencia operativa	-Bermas temporales -Obras de desvío de aguas -Cobertura diaria de los residuos sólidos municipales
Intrusión de aguas subterráneas	Eficiencias constructivas	-Impermeabilización adecuada

La composición típica de los lixiviados es variable y dependerá del tipo y composición de los residuos a confinar.

3.12.1. GENERACION DE LIXIVIADOS

Para la estimación de la generación de lixiviados se han desarrollado diversos modelos matemáticos, estos parten del análisis del balance hídrico de un volumen de control correspondiente al área de relleno sanitario, existen diferencias entre los modelos aplicados que se caracterizan por el uso de diferentes factores de generación, a continuación se enumeran los principales modelos para calcular la producción de lixiviados en el relleno sanitario en la tabla No 3.19.

Tabla 3.19. Modelos utilizados para la estimación de lixiviados

MODELO	CARACTERISTICAS
Thornthwaite (Fenn)	Observaciones empíricas de periodo de tiempo por etapas del relleno sanitario, se apoya en datos climatológicos. No toma en cuenta las actividades microbianas. No toma en cuenta la posible intrusión de agua subterránea.
Método HELP	Es un modelo determinístico, cuasi-bidimensional se basa en información climatológica, edafológica, de diseño y geohidrológica. Desarrolla un balance hídrico lateral y vertical.
Método de balance de agua	Es un modelo determinístico Se basa en información climatológica, la cantidad de humedad de los residuos, la cantidad microbiana, el suelo y material de cobertura, la época del año.

En la disposición de residuos sólidos dentro del relleno sanitario suceden fenómenos complejos de interacciones entre los constituyentes de los residuos, las aguas de lluvia que se infiltran entre la masa de los residuos y, finalmente, el sustrato constitutivo del sitio.

Una descarga de residuos debe ser considerada como un medio en constante evolución, lugar de reacciones fisicoquímicas y biológicas.

Entre los mecanismos que intervienen, hay que citar:

- 1) Las reacciones fisicoquímicas responsables de la solubilización, precipitación, óxido-reducción, intercambio iónico o de gases de algunos materiales contaminantes;
- 2) Las reacciones de degradación biológica de materiales disueltos y suspendidos que se efectúan por vía aerobia o anaerobia según las condiciones del medio.

Las consecuencias directas de estas transformaciones son la liberación de gas y la formación de lixiviados.

Los componentes del agua que se necesitan considerar para evaluar la producción de lixiviado en un relleno sanitario son la precipitación pluvial, el escurrimiento superficial, la evaporación y almacenamiento de agua por el suelo.

También, el suelo que rodea al sitio de relleno tiene una gran influencia sobre la formación de lixiviados, principalmente por su naturaleza, y más concretamente su litología y su concentración en materias orgánicas y en organismos vivos.

Se debe destacar la importancia relevante de las características hidrogeológicas de los sitios, en cuanto a la posibilidad de escurrimiento y dilución de los lixiviados.

La contaminación que puede resultar de la migración de los lixiviados depende:

De la capacidad de retención de la zona no saturada de agua, respecto a la cantidad global de contaminación liberada, en el seno de esta formación la mayor parte de la contaminación acarreada por los lixiviados se elimina por los siguientes procesos:

físicos: filtración y retención capilar; **bioquímicos:** biodegradación; y **Químicos:** precipitación y co-precipitación, intercambios iónicos y adsorciones.

Paralelamente a estos procesos estrictos de atenuación de los lixiviados, se desarrollan un conjunto de fenómenos químicos complejos que son particularmente importantes en la atenuación de compuestos inorgánicos, pero también pueden solubilizar otros compuestos; se puede citar como ejemplo las reacciones ácido-base y las reacciones de óxido-reducción.

De la capacidad de dilución y dispersión de la zona saturada de agua. La migración y la atenuación del penacho de contaminación están regidas por la combinación de varios factores que son la dilución del lixiviado al mezclarse con agua del manto, la dispersión de las sustancias en solución en el agua, los intercambios físicos con el medio y las reacciones químicas y bacteriológicas.

Finalmente, los procesos bioquímicos que tienen lugar en la estabilización de la materia orgánica de los residuos sólidos y en el aceleramiento de la velocidad de reacción de los procesos geoquímicos sobre sustancias inorgánicas, juegan un papel en la solubilización de contaminantes en las aguas percoladas.

Como conclusión, se establece que los modelos empleados a escala mundial y localmente para determinar la generación de lixiviados han demostrado márgenes de error importantes en cuanto a los volúmenes generados, las variaciones técnicas definidas por los métodos utilizados y la generación real según algunos investigadores por el método de balance de agua son del orden entre 83 al 154 %, para el método Help, los márgenes de error encontrados fueron de entre -96 a + 449 % (Peyton & Schroeder 1988).

Localmente tenemos las experiencias de los sitios de disposición final como: el vertedero "Coyula-Matatlan" y el "Los laureles" en el municipio de tonala, operando ambos actualmente, donde no se ha solucionado el control de los lixiviados generados sobre todo en el temporal de lluvias, ya que la generación rebasa con mucho las obras de control realizadas, lo mismo sucede con el vertedero del "Taray" y el relleno sanitario "Hasar's" en el municipio de Zapopan.

Por lo anteriormente descrito, se concluye que cualquier método elegido para estimar la generación de lixiviados, debe ser solo un parámetro para tomar todas las medidas necesarias para la estimación y control posterior de los lixiviados generados en el relleno sanitario, por lo anterior se tomo la decisión de calcular su generación en base a las siguientes estimaciones:

Características del relleno.

Generación diaria de residuos	1,112 ton/día
Contenido de humedad de residuos	= ± 35 %.
Peso específico de material de cubierta húmedo	1465 kg/cm ² .
Numero de días de operación	= 360 días.
Altura de la capa	= 4 mts. (promedio).
Residuos por día m ² .	341 m ² /día. (cobertura).
Residuos por año	400,320ton. 400.320, 000 kg/año.

Peso específico compactado	850 kg/m ³ .
Contenido de humedad inicial de residuos	20 % en tasa. (seca).
Contenido de humedad inicial de residuos	35 % en tasa (húmedo).
Peso específico del suelo	1,465 kg/m ³ (inc. Húmedo en temporal seco).
Agua consumida en formación de gas.	1.4 kg/m ³ .
Precipitación pluvial que cae sobre el piso.	17.30 cm/año.
Altura de la capa al final del primer año.	4 mts.
Relación de residuos a cobertura	3:1 por volumen. constante

CALCULO DE GENERACION DE LIXIVIADOS

Datos:

Periodo de relleno de residuos	360 días.
Superficie requerida por día	341 m ² . (cobertura)
Residuos colocados por día	1112 ton.
Residuos colocados por año	400,320 ton = 400,320,000 kg.
peso especifico compactado de residuos	0.85 ton/m ³ = 850 kg/m ³ .
contenido de humedad de residuos	20 % en masa – 80 % peso masa.
Peso especifico del suelo de cubierta	1465 kg/m ³
Agua consumida en la formación de gas	0.160 kg/m ³
Peso especifico del gas	1.4 kg/m ³
Relación de residuos 1:3	0.333/ 1-0.333 = 0.67
Precipitación de lluvia que cae sobre el piso relleno	1185 mm/año.
Altura de la capa al final del primer año.	4 mts. (promedio).

1er año (2000) inicia en Enero h = 4 mts.

1 Balance de Aguas

a) *Peso del material de cubierta de los residuos al final del año 2000.*

Material de cubierta.

$$1465 \text{ kg/m}^3 \times 4 \text{ m.} \times 0.33 \times 1 \text{ año} \times 1 \text{ m}^2 = 1933.80 \text{ kg.}$$

b) *Peso de residuos temporal de lluvia) /seco.*

$$850 \text{ kg/m}^3 \times 4 \text{ m} \times 0.67 \times 1 \text{ año} \times 1 \text{ m}^2. = 2278.00 \text{ kg.}$$

Wt =Peso total

$$1933.80 + 2278.00 = 4211.80 \text{ kg}$$

c) *W's = Peso seco de los residuos sólidos (80% masa).*

$$2278.00 \text{ kg} \times 0.80 = 1822.40 \text{ kg.}$$

d) *Contenido de humedad en los residuos (20% masa).*

$$2278.00 \text{ kg} \times 0.20 = 455.60 \text{ kg.}$$

Peso de la lluvia

$$(1185 \text{ mm/año}) (1185 \text{ m})(1 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ kg/m}^3) = 1185$$

Wt = Peso total de la capa al final del año. Dic/2000
1933.80 kg + 2278.00 kg + 1185 kg = 5396.80 kg.

Fc = Factor de capacidad de campo

Factor coeficiente = 4536 kg
0.6
0.55

$$Fc = 0.6 - 0.55 \frac{wt}{4536+wt} = 0.6 - 0.55 \frac{5396.80}{4536+ 5396.80} = 0.3011678$$

e) Agua retenida en los residuos sólidos.

$$Fc \times W_{\text{seco}} = 0.3011678 \times 1822.40 = 548.85 \text{ kg.}$$

f) Lixiviados producidos (líquidos producidos por humedad).

$$1185 \text{ kg} - 548.85 \text{ kg} = 636.15$$

Datos tomados del libro, gestión integral de residuos sólidos (vol. 1. Mc Graw Hill.)

* cc = Capacidad de campo (fracción de agua en los residuos sólidos basándose en el peso seco de los mismos).

Coeficiente = 0.6

Coeficiente = 0.55 factor = 10000 lbs / a kg. 4535.92 = 4536 kg.

II segundo año. 2001 h = 8 mts. 2da capa.

Datos:

Peso de la lluvia	1185 kg.
a.- Peso de material de cubierta	1465 kg x 8 m x 0.33 m = 3867.60 kg.
b.- Peso de residuos	850 x 8 x 0.67 = 4556 kg.
c.- Peso seco de residuos	4556 x 0.80 = 3644.80 kg.
d.- Contenido de humedad de residuos	3867.60 x 0.20 = 773.52 kg.

$$\text{Peso total año 1 (2000)+ año 2 (2001)} \\ 5396.80 \text{ kg} + 3644.80 + 773.52 = 9815.12$$

Factor de campo

$$Fc = 0.6 - 0.55 \left(\frac{9815.12}{4356 + 9815.12} \right) = 0.219062$$

e.- Agua retenida en los residuos

$$0.219062 \times 1822.40 \text{ kg} = 399.218 \text{ kg.}$$

f.- lixiviado producido.

$$(1185 + 636.15) - 399.218 = 1821.15 \text{ kg/m}^2$$

III Tercer año 2002 h = 12 mts. 3ra capa.

Peso de la lluvia = 1185 kg.

a.- Peso del material de cubierta de los residuos.
 $1465 \text{ kg/m}^3 \times 12 \text{ m} \times 0.33 \text{ m} = 5801.40 \text{ kg.}$

b.- Peso de residuos
 $850 \times 12 \times 0.67 = 6834.00 \text{ kg}$

c.- Peso seco de residuos
 $6834.00 \times 0.80 = 5467.20 \text{ kg.}$

d.- Contenido de humedad de residuos
 $5801.40 \times 0.20 = 1160.28 \text{ kg.}$

Peso total año 1 (2000)+ año 2 (2001) + año 3 (2002)
 $9815.12 \text{ kg} + 5467.20 + 1160.28 = 16442.60$

Factor de campo
 $F_c = 0.6 - 0.55 \left(\frac{16442.60}{4356 + 16442.60} \right) = 0.165190$

e.- Agua retenida en los residuos
 $0.16442.00 \times 1822.12 \text{ kg} = 300.9968 \text{ kg.}$

f.- lixiviado producido.
 $(1185 + 399.218) - 300.9968 = 1283.22 \text{ kg/m}^2$

IV cuarto año 4 (2003) h = 16 mts 4ta. Capa de nivel

Datos:

Peso de la lluvia 1185 kg.
a.- Peso de material de cubierta $1465 \text{ kg} \times 16 \text{ m} \times 0.33 \text{ m} = 7735.20 \text{ kg.}$
b.- Peso de residuos $850 \times 16 \times 0.67 = 9112 \text{ kg.}$
c.- Peso seco de residuos $9112 \times 0.80 = 7289.60 \text{ kg.}$
d.- Contenido de humedad de residuos $7735.20 \times 0.20 = 1547.04 \text{ kg.}$

Peso total año 1 (2000)+ año 2 (2001) + año 3 (2002) + año 4 (2003)
 $16442.60 \text{ kg} + 7289.60 + 1547.04 = 25279.24 \text{ kg}$

Factor de campo
 $F_c = 0.6 - 0.55 \left(\frac{25579.24}{4356 + 25579.24} \right) = 0.133675$

e.- Agua retenida en los residuos
 $0.133675 \times 1822.12 \text{ kg} = 243.57 \text{ kg/m}^2..$

f.- lixiviado producido.
 $(1185 + 1283.22) - 243.57 = 2224.65 \text{ kg/m}^2$

V quinto año 5 (2004) h = 20 mts 5ta. Capa de nivel

Peso de la lluvia	1185 kg.
a.- Peso de material de cubierta	1465 kg x 20 m x 0.33 m = 9669.00 kg.
b.- Peso de residuos	850 x 20 x 0.67 = 11390.00 kg.
c.- Peso seco de residuos	11390 x 0.80 = 9112 kg.
d.- Contenido de humedad de residuos	9969.00 x 0.20 = 19333.80 kg.

$$\text{Peso total año 1 (2000) + año 2 (2001) + año 3 (2002) + año 4 (2003) + año 5 (2004)} \\ 25279.24 \text{ kg} + 9112 + 1933.80 = 36325.04 \text{ kg}$$

Factor de campo

$$F_c = 0.6 - 0.55 \left(\frac{36325.04}{4356 + 36325.04} \right) = 0.1088$$

e.- Agua retenida en los residuos

$$0.1088 \times 1822.40 \text{ kg} = 198.45 \text{ kg.}$$

f.- lixiviado producido.

$$(1185 + 243.57) - 198.45 = 1230.12 \text{ kg/m}^2$$

VI sexto año 6 (2005) h = 24 mts. 6ta. Capa nivel

Peso de la lluvia	1185 kg.
a.- Peso de material de cubierta	1465 kg x 24 m x 0.33 m = 11602.80 kg.
b.- Peso de residuos	850 x 24 x 0.67 = 13668 kg.
c.- Peso seco de residuos	13668 x 0.80 = 10934.40 kg.
d.- Contenido de humedad de residuos	11602.80 x 0.20 = 2320.56 kg.

Peso total año 1 (2000) + año 2 (2001) + año 3 (2002) + año 4 (2003) + año 5 (2004) +
año 6 (2005).

$$36.325.04 \text{ kg} + 10934.40 + 2320.56 = 49580 \text{ kg.}$$

Factor de campo

$$F_c = 0.6 - 0.55 \left(\frac{49580}{4356 + 49580} \right) = 0.0944$$

e.- Agua retenida en los residuos

$$0.0944 \times 1822.40 \text{ kg} = 172.0697 \text{ kg.}$$

f.- lixiviado producido.

$$(1185 + 198.45) - 172.0697 = 1211.38 \text{ kg/m}^2$$

VII Séptimo Año 7 (2006) h = 28 7ma. Capa nivel

Peso de la lluvia	1185 kg.
a.- Peso de material de cubierta	$1465 \text{ kg} \times 28 \text{ m} \times 0.33 \text{ m} = 13536.60 \text{ kg.}$
b.- Peso de residuos	$850 \times 28 \times 0.67 = 15946 \text{ kg.}$
c.- Peso seco de residuos	$15946 \times 0.80 = 11964.80 \text{ kg.}$
d.- Contenido de humedad de residuos	$13536.60 \times 0.20 = 2707.32 \text{ kg.}$

Peso total año 1 (2000)+ año 2 (2001) + año 3 (2002) + año 4 (2003) + año 5 (2004) +
año 6 (2005) + año 7 (2006).
 $49580.00 \text{ kg} + 11964.80 + 2707.32 = 64252.12 \text{ kg.}$

Factor de campo
 $Fc = 0.6 - 0.55 \left(\frac{64252.12}{4356 + 64252.12} \right) = 0.0849$

e.- Agua retenida en los residuos

$$0.0849 \times 1822.40 \text{ kg} = 154.758 \text{ kg.}$$

f.- lixiviado producido.

$$(1185 + 172.0697) - 154.758 = 1202.31 \text{ kg/m}^2$$

VIII octavo año 8 (2007) h = 32 mts.

Peso de la lluvia	1185 kg.
a.- Peso de material de cubierta	$1465 \text{ kg} \times 32 \text{ m} \times 0.33 \text{ m} = 15470.40 \text{ kg.}$
b.- Peso de residuos	$850 \times 32 \times 0.67 = 18224.00 \text{ kg.}$
c.- Peso seco de residuos	$18224.00 \times 0.80 = 14579.20 \text{ kg.}$
d.- Contenido de humedad de residuos	$15470.40 \times 0.20 = 3094.08 \text{ kg.}$

Peso total año 1 (2000)+ año 2 (2001) + año 3 (2002) + año 4 (2003) + año 5 (2004) +
año 6 (2005) + año 7 (2006) + año 8 (2007).
 $64252.12 \text{ kg} + 14579.20 + 3094.08 = 81925.40 \text{ kg.}$

Factor de campo
 $Fc = 0.6 - 0.55 \left(\frac{81925.40}{4356 + 81940.25} \right) = 0.07776$

e.- Agua retenida en los residuos

$$0.07776 \times 1822.40 \text{ kg} = 141.72 \text{ kg.}$$

f.- lixiviado producido.

$$(1185 + 154.758) - 141.72 = 1198.03 \text{ kg/m}^2$$

IX noveno año 9 (2008) h = 36 mts.

Peso de la lluvia	1185 kg.
a.- Peso de material de cubierta	$1465 \text{ kg} \times 36 \text{ m} \times 0.33 \text{ m} = 17404.20 \text{ kg.}$
b.- Peso de residuos	$850 \times 36 \times 0.67 = 20502 \text{ kg.}$
c.- Peso seco de residuos	$20502 \times 0.80 = 16401.60 \text{ kg.}$
d.- Contenido de humedad de residuos	$17404.20 \times 0.20 = 3480.84 \text{ kg.}$

Peso total año 1 (2000)+ año 2 (2001) + año 3 (2002) + año 4 (2003) + año 5 (2004) +
año 6 (2005) + año 7 (2006) + año 8 (2007) + año 9 (2008).
 $81925.40 \text{ kg} + 16401.60 + 3480.84 = 101807.84 \text{ kg.}$

Factor de campo
 $F_c = 0.6 - 0.55 \left(\frac{101807.84}{4356 + 101807.84} \right) = 0.0725$

e.- Agua retenida en los residuos

$$0.0725 \times 1822.40 \text{ kg} = 132.25 \text{ kg.}$$

f.- lixiviado producido.

$$(1185 + 141.72) - 132.25 = 1194.47 \text{ kg/m}^2$$

X Decimo Año 10 (2009) h = 40 mts.

Peso de la lluvia	1185 kg.
a.- Peso de material de cubierta	$1465 \text{ kg} \times 40 \text{ m} \times 0.33 \text{ m} = 19338 \text{ kg.}$
b.- Peso de residuos	$850 \times 40 \times 0.67 = 22780 \text{ kg.}$
c.- Peso seco de residuos	$22780 \times 0.80 = 9112 \text{ kg.}$
d.- Contenido de humedad de residuos	$19338. \times 0.20 = 3867.60 \text{ kg.}$

Peso total año 1 (2000)+ año 2 (2001) + año 3 (2002) + año 4 (2003) + año 5 (2004) +
año 6 (2005) + año 7 (2006) + año 8 (2007) + año 9 (2008) + año 10 (2009).
 $101807.84 \text{ kg} + 9112 + 3867.60 = 114787.44 \text{ kg.}$

Factor de campo
 $F_c = 0.6 - 0.55 \left(\frac{114787.44}{4356 + 114787.44} \right) = 0.070108$

e.- Agua retenida en los residuos

$$0.070 \times 1822.40 \text{ kg} = 127.765 \text{ kg.}$$

f.- lixiviado producido.

$$(1185 + 132.25) - 127.765 = 1189.485 \text{ kg/m}^2$$

XI Onceavo Año 11 (2010) h = 44 mts.

Peso de la lluvia	1185 kg.
a.- Peso de material de cubierta	$1465 \text{ kg} \times 44 \text{ m} \times 0.33 \text{ m} = 21271.80 \text{ kg.}$
b.- Peso de residuos	$850 \times 44 \times 0.67 = 25058.00 \text{ kg.}$
c.- Peso seco de residuos	$25058 \times 0.80 = 20046.40 \text{ kg.}$
d.- Contenido de humedad de residuos	$21271.80 \times 0.20 = 4254.36 \text{ kg.}$

Peso total año 1 (2000)+ año 2 (2001) + año 3 (2002) + año 4 (2003) + año 5 (2004) +
año 6 (2005) + año 7 (2006) + año 8 (2007) + año 9 (2008) + año 10 (2009) + año 11 (2010).
 $114787.44 \text{ kg} + 20046.40 + 4254.36 = 139088.20 \text{ kg.}$

Factor de campo

$$F_c = 0.6 - 0.55 \left(\frac{139088.20}{4356 + 139088.20} \right) = 0.0667$$

e.- Agua retenida en los residuos

$$0.0667 \times 1822.40 \text{ kg} = 121.55 \text{ kg.}$$

f.- lixiviado producido.

$$(1185 + 127.765) - 121.55 = 1191.215 \text{ kg/m}^2$$

XII doceavo Año 12 (2011) h = 48 mts.

Peso de la lluvia	1185 kg.
a.- Peso de material de cubierta	$1465 \text{ kg} \times 48 \text{ m} \times 0.33 \text{ m} = 23205.60 \text{ kg.}$
b.- Peso de residuos	$850 \times 48 \times 0.67 = 27336.00 \text{ kg.}$
c.- Peso seco de residuos	$27336.00 \times 0.80 = 21868.80 \text{ kg.}$
d.- Contenido de humedad de residuos	$23205.60 \times 0.20 = 4641.12 \text{ kg.}$

Peso total año 1 (2000)+ año 2 (2001) + año 3 (2002) + año 4 (2003) + año 5 (2004) +
año 6 (2005) + año 7 (2006) + año 8 (2007) + año 9 (2008) + año 10 (2009) + año 11 (2010) + año
12 (2011).

$$139088.20 \text{ kg} + 21868.80 + 4641.12 = 165598.12 \text{ kg.}$$

Factor de campo

$$F_c = 0.6 - 0.55 \left(\frac{165598.12}{4356 + 165598.12} \right) = 0.06409$$

e.- Agua retenida en los residuos

$$0.06409 \times 1822.40 \text{ kg} = 116.80 \text{ kg.}$$

f.- lixiviado producido.

$$(1185 + 121.55) - 116.80 = 1189.75 \text{ kg/m}^2$$

Factor de conversión para convertir los kilogramos de lixiviados por m²/año.

Area total etapa 1 = 489,240 m³/4 = 122310 m².

Factor de conversión = $\frac{1 \text{ kg/m}^2 \times 122310 \text{ m}^2}{1000 \text{ kg/m}^3} = 122.310 \text{ m}^3/\text{año}$

Año	Lixiviado kg/m ²
2000	636.15
2001	1821.15
2002	1283.22
2003	2224.65
2004	1230.12
2005	1211.38
2006	1202.31
2007	1198.63
2008	1194.47
2009	1189.485
2010	1191.215
2011	1189.75
2012	

AREA
122.310 M³/AÑO

Media .
5963.55/5 = 1192.71

(2000) Nivel I Del 2000 a 2011

FACTOR DE CONVERSION

Area total de etapa = 489240 m³ ÷ 4 = 122310 M²

122.31 m³/año

Años	KG/M ²	
2000	636.15	77807.50
2001	1821.15	222744.85
2002	1283.22	156950.63
2003	2224.65	272096.94
2004	1230.12	150455.97
2005	1211.38	148163.39
2006	1202.31	147054.53
2007 AL 2011	(1192.71) (122.310) (5) =	<u>729401.80</u>
		1'904,675.61 M³

(2001) Nivel I Del 2000 a 2011

FACTOR DE CONVERSION

Area total de etapa = 155898.57 m³ ÷ 4 = 38974.64 M²

38.97 m³/año

Años	KG/M ²	
2000	636.15	24790.76
2001	1821.15	70970.21
		50007.08

2002	1283.22	86677.85
2003	2224.65	47937.77
2004	1230.12	47207.48
2005	1211.38	46854.02
2006	1202.31	
2007 AL 2011	(1192.71) (38974.64) (5) =	<u>232399.54</u>
		606,844.71 M3

(2001) Nivel II Del 2001 a 2011

FACTOR DE CONVERSION

Area total de etapa = 351701 m³ ÷4 = 87925.35 m² 87.92 m³/año

Años	KG/M2	
2000	636.15	55930.31
2001	1821.15	160115.51
2002	1283.22	112820.70
2003	2224.65	195591.23
2004	1230.12	108152.15
2005	1211.38	106504.52
2006	1202.31	105707.9
2007 AL 2011		<u>524315.32</u>
		1'369,136.86 M3

(2002) Nivel II Del 2002 a 2011

FACTOR DE CONVERSION

Area total de etapa = 448364.25 m³ ÷4 = 112091.06 m² 112.09 m³/año

Años	KG/M2	
2002	1283.22	204132.70
2003	2224.65	143836.13
2004	1230.12	249361.02
2005	1211.38	137884.15
2006	1202.31	135783.58
2007 AL 2011		<u>668454.32</u>
		1'539,451.90 M3

(2002) Nivel III Del 2002 a 2011

FACTOR DE CONVERSION

Area total de etapa = 78414.75 m³ ÷4 = 19603.69 19.603 m³/año

Años	KG/M2	
2002	1283.22	25154.57
2003	2224.65	43609.81
2004	1230.12	23746.04
2005	1211.38	237456.68
2006	1202.31	23568.88
2007 AL 2011		<u>116903.47</u>
		257,097.65 M3

(2003) Nivel III Del 2003 a 2011

FACTOR DE CONVERSION

Area total de etapa = 547200 m³ ÷4 = 136800 M² 136.80 m³/año

Años	KG/M2	
2003	2224.65	304332.12
2004	1230.12	168280.41
2005	1211.38	165716.78
2006	1202.31	164476.00
2007 AL 2011		<u>815813.64</u>
		1'618,618.95 M ³

(2004) Nivel III Del 2004 a 2011

FACTOR DE CONVERSION

Area total de etapa = 272834 m³ ÷4 = 68208.54 M² 68.20 m³/año

Años	KG/M2	
2004	1230.12	83894.18
2005	1211.38	82616.11
2006	1202.31	81997.54
2007 AL 2011		<u>406714.11</u>
		488,711.65 M ³

(2004) Nivel IV Del 2004 a 2011

FACTOR DE CONVERSION

Area total de etapa = 294905.42 m³ ÷4 = 73726.25 M² 73.73 m³/año

Años	KG/M2	
2004	1230.12	90696.74
2005	1211.38	89315.04
2006	1202.31	88646.31
2007 AL 2011		<u>439670.18</u>
		708,328.27 M ³

(2005) Nivel IV Del 2005 a 2011

FACTOR DE CONVERSION

Area total de etapa = 589680 m³ ÷4 = 147420 M² 147.20 m³/año

Años	KG/M2	
2005	1211.38	178581.64
2006	1202.31	177244.54
2007 AL 2011		<u>879146.54</u>
		1'234,972.72 M ³

(2006) Nivel IV Del 2006 a 2011

FACTOR DE CONVERSION

Area total de etapa = 11586.54 m3 ÷4 = 2896.63 M2 2.896 m3/año

Años	KG/M2	
2006	1202.31	3481.89
2007 AL 2011		<u>17274.22</u>
		20,756.10 M3

(2006) Nivel V Del 2006 a 2011

FACTOR DE CONVERSION

Area total de etapa = 601133.46 m3 ÷4 = 150283.06 M2 150.28 m3/año

Años	KG/M2	
2006	1202.31	180683.15
2007 AL 2011		<u>896222.36</u>
		1'076,905.50 M3

(2007) Nivel V Del 2007 a 2011

FACTOR DE CONVERSION

Area total de etapa = 265869.84 m3 ÷4 = 66467.46 M2 66.47 m3/año

Años	KG/M2	
2007 AL 2011		396397.17 M3

(2007) Nivel VI Del 2007 a 2011

FACTOR DE CONVERSION

Area total de etapa = 370770.16 m3 ÷4 = 92742.54 M2 92.74 m3/año

Años	KG/M2	
2007 AL 2011		553074.77 M3

(2008) Nivel VI Del 2008 a 2011

FACTOR DE CONVERSION

Area total de etapa = 393242.36 m3 ÷4 = 98310.59 M2 98.31 m3/año

Años	KG/M2	
2008 AL 2011		468439.28 M3

(2008) Nivel VII Del 2008 a 2011

FACTOR DE CONVERSION

Area total de etapa = 265077.64 m³ ÷4 = 66269.41 M2 66.26 m³/año

Años KG/M2
2008 AL 2011 315768.44 M3

(2009) Nivel VIII Del 2009 a 2011

FACTOR DE CONVERSION

Area total de etapa = 439596.5 m³ ÷4 = 109894.12 M2 109.894 m³/año

Años KG/M2
2009 AL 2011 523660.53 M3

(2009) Nivel VIII Del 2009 a 2011

FACTOR DE CONVERSION

Area total de etapa = 248363.5 m³ ÷4 = 62090.87 M2 62.09 m³/año

Años KG/M2
2009 AL 2011 221894.13 M3

(2010) Nivel VIII Del 2010 a 2011

FACTOR DE CONVERSION

Area total de etapa = 344382.85 m³ ÷4 = 86095.71 M2 86.09 m³/año

Años KG/M2
2010 AL 2011 205105.98 M3

(2010) Nivel IX Del 2010 a 2011

FACTOR DE CONVERSION

Area total de etapa = 370937.15 m³ ÷4 =92734.28 M2 92.73 m³/año

Años KG/M2
2010 AL 2011 220786.42 M3

(2011) Nivel IX AÑO 2011

FACTOR DE CONVERSION

Area total de etapa = 73870.72 m³ ÷4 = 18467.40 M2 18.47 m³/año

Años	KG/M2	
2011		21985.40 M3

(2011) Nivel X AÑO 2011

FACTOR DE CONVERSION

Area total de etapa = 291377.39 m³ ÷4 = 72844.34 M2 72.84 m³/año

Años	KG/M2	
2011		86719.73 M3

(2011) Nivel X AÑO 2011

FACTOR DE CONVERSION

Area total de etapa = 53575.34 m³ ÷4 = 13393.83 M2 13.39 m³/año

Años	KG/M2	
2011		15945.09 M3

(2012) Nivel VIII AÑO 2011 A 2012

FACTOR DE CONVERSION

Area total de etapa = 59575.34 m³ ÷4 = 14893.83 M2 14.89 m³/año

Años	KG/M2	
2011 A 2012		17730.80 M3

(2012) Nivel VIII AÑO 2012

FACTOR DE CONVERSION

Area total de etapa = 61719.31 m³ ÷4 = 15429.82 M2 15.43 m³/año

Años	KG/M2	
2012		18346.27 M3

(2012) Nivel X AÑO 2012

FACTOR DE CONVERSION

Area total de etapa = 60159.59 m³ ÷4 = 15039.89 M2 15.039 m³/año

Años	KG/M2	
2012		17882.43 M3

(2012) Nivel XI AÑO 2012

FACTOR DE CONVERSION

Area total de etapa = 74378.12 m³ ÷4 = 18594.53 M2 18.59 m³/año

Años	KG/M2	
2012		22108.89 M3

3.12.2. CONTROL DE LIXIVIADOS

La captación de lixiviados en la primer etapa del proyecto del relleno sanitario Metropolitano Poniente será a través de líneas de captación y conducción (drenes principales) y líneas secundarias (subdrenes), Dichas líneas deberán rellenarse con material arenoso fino y grava máximo de 1/4" de diámetro, el cual será envuelto por un geotextil cuya función principal es minimizar la entrada de finos a los drenes. Para la zona del predio, deberá analizarse en el laboratorio el material friccionante a emplearse sobre los materiales que se colocará en el fondo de la celda, así como de relleno en los drenes.

Los lixiviados captados fluirán por pendiente natural del terreno y gravedad hacia 2 fosas recolectoras de las cuales la primera se ubica en la coordenada X=3,164.98, Y=4,067.77 con una capacidad de 105 m³, la segunda que se ubicara aguas abajo con una capacidad de 10,000 m³. Como se puede observar la capacidad de las fosas que se construirán.
(ver lamina L-9A)

3.12.3. TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS

Respecto al tratamiento de los lixiviados, no se tiene contemplado el desarrollo de un sistema para esta primer etapa del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente, siendo la causa principal el desconocimiento de la caracterización de estos líquidos.

Las características fisicoquímicas y biológicas de los lixiviados varían ampliamente de un relleno sanitario a otro. Los factores que influyen principalmente en la caracterización de los lixiviados son: el clima en el sitio, la edad del relleno sanitario, los métodos de operación y manejo del sistema, las características físicas del residuo sólido, su grado de estabilización y contenido de humedad, las condiciones ambientales en el momento de muestreo y las interferencias en los métodos analíticos. A continuación en la tabla No 3.13. se incluyen los factores que influyen en la composición del lixiviado, así como el nombre de los investigadores que lo han detectado.

3.20. Factores que influyen en la composición del lixiviado

FACTORES	Boyle y Ham. (1974)	Johansen y Carlson (1976)	Chian y Dewalle (1976)	Robinson y Maris (1979)	Da costa et al (1980)
Clima del sitio					
Hidrogeología del sitio					
Edad del relleno					
Diseño del sitio de relleno					
Método de operación en el relleno.					
Características físicas del residuo.					
Altura de capa del residuo.					
Crudo de estabilización del residuo.					
Contenido de humedad a través del residuo.					
Flujo de lixiviado.					
Sistema de muestreo y condiciones ambientales previas al muestreo.					
Interferencias en las técnicas analíticas.					

Fuente : SMISA A.C. – AIDIS No 11, página 22,1991.

Debido a lo anterior, se establece que sería necesario esperar hasta que en el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente diera inicio la generación de lixiviados con el objeto de muestrearlos para determinar sus características físicas y químicas y, posteriormente desarrollar un sistema de tratamiento.

Por lo antes expuesto no se ha contemplado un sistema de tratamiento para los lixiviados que se generen en el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente en su primer etapa. Únicamente se recomienda la recirculación periódica de los lixiviados a las celdas que ya se tengan construidas, con el fin de generar pérdidas por evaporación y evapotranspiración y a la vez acelerar el proceso de digestión biológica que se da en los volúmenes de residuos debidamente confinados y una vez que se tengan los análisis se tomara el tipo de tratamiento mas adecuado, para lo anterior se ponen a continuación algunos procesos utilizados para el tratamiento de lixiviados tabla No 3.14.

Tabla No 3.21.

Procesos y operaciones biológicos, químicos y físicos representativos, utilizados para el tratamiento de lixiviados

Proceso de tratamiento	Aplicación	Observaciones
Procesos biológicos		
Fangos activados	Separación de orgánicos	Pueden ser necesarios aditivos de desespumamiento; necesario clarificador separador
Reactores de lotes secuenciados	Separación de orgánicos	Similar a fangos activados, pero no se precisa un clarificador separado; solamente aplicable con tasas de flujo relativamente lentas.
Estanques aireados estabilización	Separación de orgánicos	Requiere una gran superficie de terreno
Procesos de película fija (filtros percoladores, contactores biológicos rotatorios)	Separación de orgánicos	Frecuentemente utilizado con efluentes industriales similares a los lixiviados, pero no ensayado con lixiviados de vertederos.
Lagunas anaeróbicas	Separación de orgánicos	Requisitos de energía y producción de fangos menores que en los sistemas aerobios; requiere calefacción; mayor potencial para la inestabilidad del proceso; mas lento de los sistemas aerobios
Nitrificación /desnitrificación	Separación de nitrógeno	La nitrificación/desnitrificación puede llevarse a cabo simultáneamente con la separación de orgánicos.
Procesos químicos		
Neutralización	Control del pH	De aplicación limitada para la mayoría de lixiviados.
Precipitación	Separación de metales y algunos aniones	Produce un fango, que posiblemente requiera la evacuación como residuo peligroso.
Oxidación	Separación de orgánicos; detoxificación de algunas especies inorgánicas	Funciona mejor con flujos de residuos diluidos; el uso de cloro puede provocar la formación de hidrocarburos clorados.
Oxidación por aire húmedo	Separación de orgánicos	Costoso, funciona bien con orgánicos refractarios.
Operaciones físicas		
Sedimentación / flotación	Separación de materia de	Sólo tiene una aplicación

	suspensión	limitada; puede utilizarse conjuntamente con otros procesos de tratamiento
Filtración	Separación de materia de suspensión	Solamente útil como proceso de afino
Arrastre por aire	Separación de amoníaco u organismos volátiles	Puede requerir equipamiento de control de la contaminación atmosférica.
Separación por vapor	Separación de orgánicos volátiles	Altos costes energéticos; al vapor de condensado requiere un tratamiento adicional
Absorción	Separación de orgánicos	Tecnología probada; costes variables según lixiviado
Intercambio iónico	Separación de inorgánicos disueltos	Util solamente como un paso de acabado
Ultrafiltración	Separación de bacterias y de orgánicos con alto peso molecular	Propenso al atascamiento; de aplicación limitada para los lixiviados.
Osmosis inversa	Disoluciones diluidas de inorgánicos	Costoso; necesario un pretratamiento extensivo
Evaporación	Cuando no se permite la descarga de lixiviados	Los fangos resultantes pueden ser peligrosos; puede ser costoso excepto en zonas áridas.

Dispositivos representativos utilizados para controlar los gases y lixiviados de vertederos

3.12.4. PROLIFERACION Y CONTROL DE FAUNA NOCIVA

La fauna nociva es un problema que se asocia con el manejo inadecuado o deficiente de todo sitio de disposición final de residuos sólidos, inclusive es un problema que puede afectar la misma operación del sitio, además puede impactar negativamente a la población cercana, así como, a la flora y fauna, ya que la fauna nociva esta constituida principalmente por, insectos, roedores, y aves indeseables, a continuación se mencionan las mas importantes en la tabla 3.22.

Tabla 3.22

Especies de fauna nociva		Propagación e inmigración en el sitio.
INSECTOS	MOSCAS	Dentro de los mismos vehículos de recolección de residuos, y a través del viento. A través de huevesillos depositados en los residuos.
	MOSQUITOS	Dentro de los mismos vehículos de recolección de residuos, y a través del viento. A través de huevesillos depositados en los residuos.

	CUCARACHAS	Dentro de los mismos vehículos de recolección de residuos. A través de huevesillos depositados en los residuos.
ROEDORES	RATAS	Son generalmente transportados en los mismos vehículos recolectores.
AVES	ZOPILOTES Y GAVIOTAS	A través del aire, en búsqueda de alimentación.

Tabla 3.23 CONTROL DE FAUNA NOCIVA

FAUNA NOCIVA	TIPOS DE CONTROLES EMPLEADOS
INSECTOS	Físico: <ul style="list-style-type: none"> - higiene general. - Limpieza de aguas estancadas. - Trampas de luz. Químicos: <ul style="list-style-type: none"> - Insecticidas. - Pesticidas
ROEDORES	Físico : <ul style="list-style-type: none"> - Trampas. Químico: Sebos, anticuagulantes.
AVES	Control Biológico: <ul style="list-style-type: none"> - Introducir aves que las auyenten.

Actualmente existen en el mercado un gran número de productos químicos para el control de insectos y roedores.

3.13. MANEJO DE AGUAS PLUVIALES

Parte del agua de lluvia que cae en la superficie del terreno donde se construirá el relleno sanitario se evaporará, otra escurrirá a través de la superficie aprovechando las pendientes naturales del terreno hacia el nivel mas bajo del terreno y el resto será absorbida por el suelo.

El porcentaje de agua que no penetra al suelo se denomina gasto de desagüe o escurrimiento, del cual se tomaran medidas para controlar este exceso de agua, a través de obras hidráulicas, diseñando para tal fin un sistema de control hidráulico por medio de drenajes interiores y exteriores de tal modo que las aguas de lluvia excedentes sean desalojadas del área del Relleno

Sanitario Metropolitano Poniente de manera ordenada. A continuación se presentan estimaciones de las aguas pluviales esperadas en el sitio.

DISEÑO DE DRENAJES PLUVIALES

La función dentro diseño de los drenajes pluviales y captar y conducir los escurrimientos pluviales externos e internos al área del relleno sanitario y dirigirlos hacia el cauce natural, reduciendo al máximo a su volumen para evitar la formación de líquidos lixiviados. Para lograr lo anterior, se estiman los volúmenes, precipitados de lluvia y escurrimientos sobre el sitio para calcular el sistema de drenes, aplicando las siguientes formulas y parámetros.,

3.13.1 CÁLCULO DEL GASTO DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL (Estudio hidrológico)

Objetivo

El objetivo de este estudio, es definir la subcuenca hidrológica, donde se construirá el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente para la disposición final de los residuos sólidos urbanos no peligrosos de Z.M.G., así como las características climatológicas y fisiográficas de la misma, a fin de contar con los elementos necesarios para calcular el gasto de escurrimiento superficial que drena en esta subcuenca.

Alcance

El alcance del estudio, consiste en diseñar las obras de protección, control y encauzamiento, a partir del gasto de escurrimiento que se determine.

Lo anterior lleva como propósito salvaguardar convenientemente al relleno sanitario y sus instalaciones, garantizando de esta manera su seguridad contra inundaciones y erosiones provocadas por las precipitaciones en dicha zona.

Antecedentes

El terreno destinado para la construcción y operación del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente ocupa una superficie de 38-18-00 ha, con una topografía de semiplana a accidentada, cuya pendiente media es de 12 % aproximadamente.

La zona donde se localiza el predio pertenece a la Región Hidrológica Lerma-Chapala-Santiago No.-12 considerada la mas importante del estado.

La corriente principal se ubica dentro de esta región es conocida como Río Grande Santiago que se origina en el Lago de Chapala con una dirección NW entrando al estado de Nayarit donde desemboca en el océano Pacifico.

La zona de estudio pertenece a la cuenca Rio Santiago Guadalajara 12E la cual drena una superficie de 9,641 Km² . La importancia de esta cuenca estriba en que en ella se puede considerar el inicio del recorrido del Rio Grande Santiago, además ocupa toda la parte central del estado. Esta cuenca recibe las corrientes de varias subcuencas intermedias, la localización del terreno en estudio forma parte de la subcuenca Rio-Verde-Presa Santa Rosa 12 EC. al NW de Guadalajara.

El predio a su vez forma parte de una microcuenca la cual se determino delimitando su parteaguas empleando para ello la carta topográfica San Francisco Tesistan F-13-D-55 a escala 1:50,000 editada por I.N.E.G.I. donde la superficie aproximada es de 575 –00-00 Ha

La principal corriente superficial es el río Grande de Santiago que se ubica en la parte más cercana, aproximadamente a 8 Km al NE del sitio del proyecto. Todos los escurrimientos de la sierra de San Esteban y el lado Este de la sierra de Tesistán desembocan en este sector del río Santiago.

El total del predio donde se pretende emplazar el relleno sanitario se encuentra dentro de las microcuencas del arroyo El Potrero de la Casa y el Arroyo. El Pedregal, último que se intercepta con el Arroyo. Milpillan en la margen Este de la propiedad; el primero y tercer arroyo son de carácter permanente, y el segundo es temporal.

Cada arroyo mencionado es independiente, esto es, tiene establecida su microcuenca completamente aparte hasta llegar al denominado Arroyo Grande, que funge como colector de éstos, con orientación Norte y desembocando finalmente en el río Santiago. Y puesto que el proyecto se realizará únicamente en lo que viene a ser la microcuenca del Arroyo El Pedregal sin afectar o alterar de modo alguno las microcuencas y escurrimientos de los otros dos arroyos mencionados, ya que las características propias del relieve así lo determinan, el análisis detallado se hará únicamente para la cuenca del Arroyo El Pedregal.

Estimación del volumen de escorrentía por unidad de tiempo.

En el presente apartado se analiza el balance hídrico, tanto de la microcuenca, como del predio, es con la finalidad de establecer las estrategias para la conservación del suelo y agua de las áreas antes mencionadas, una vez conocido el volumen medio anual escurrido.

Para determinar el balance hídrico de la microcuenca y del proyecto se utilizó el modelo CP-S.A.R.H. (1975) para realizar el cálculo del escurrimiento promedio en cuencas hidrológicas pequeñas, y sin datos de aforo. Es necesario conocer los valores de la precipitación pluvial media anual, el área de drenaje y su coeficiente de escurrimiento, de tal manera que se tomaron como base los datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (CNA) de la estación meteorológica de Zapopan, Jal. desde el año de 1987 hasta Julio de 1999.

El modelo a utilizar es el siguiente:

$$V_m = ACPM$$

Donde:

V_m = Volumen medio de escurrimiento en miles de metros cúbicos (Mm^3).

A = Area de la microcuenca en Km^2 .

C = Coeficiente de escurrimiento que generalmente varía de 0.1 a 1.0

PM = Precipitación media anual en mm.

Para la aplicación de éste modelo es necesario conocer primeramente el coeficiente de escurrimiento, el cual se obtiene en base a las características del suelo del sitio del proyecto y de la microcuenca (textura, cubierta vegetal, topografía). Para nuestra zona de estudio se obtuvieron los coeficientes de escurrimiento que se presentan a continuación.

Tabla 3.24. Uso actual del suelo en la microcuenca

USO DEL SUELO	SUPERFICIE KM ²	%
Bosque	3.15	54.8
Vegetación secundaria + Mat. Esp.	0.10	1.7
Pastizal Inducido	2.50	43.5
Total	5.75	100.0

Para la determinación del volumen de escurrimiento se tomó en cuenta las características del terreno (textura, cubierta vegetal y topografía) además se cotejo con la tabla de valores de coeficientes de escurrimiento en el Manual de Conservación del Suelo y Agua CP. S.A.R.H. (1975).

Tabla 3.25. Coeficientes de escurrimiento según la topografía y la cobertura vegetal existente en la microcuenca

CONDICIONES DE LA MICROCUENCA	TOPOGRAFÍA	SUPERFICIE KM ²	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO
Bosque	Escarpada 10 – 30%	3.15	0.42
Veg. Sec + mat. Desp.	Plano 0 – 5%	0.10	0.30
Pastizal inducido	Ondulada 5 – 10%	2.50	0.16

Tabla 3.26. Cálculo de escurrimiento promedio anual en la microcuenca

USO ACTUAL	PENDIENTE	C.E.	SUPERFICIE KM ²	P.P. MEDIA ANUAL	ESCURRIMIENTO SUP. (MILES DE M ³)
Bosque	10 – 30%	0.42	3.15	966.7	1278.9
Pastizal inducido	5 – 10%	0.16	2.50	966.7	386.6
Veg. Sec+Mat Desp.	0 – 5%	0.30	0.10	966.7	29.0
Total			5.75		1,694.5

▪ **Cálculo de Escurrimiento Promedio Anual del Sitio del Proyecto.**

El cálculo del escurrimiento medio anual del sitio del proyecto en estudio se determinó tomando como base la superficie del predio en estudio que es de 70.03 Has. La precipitación pluvial media anual de 966.7mm (dato proporcionado por la Comisión Nacional del Agua, de la estación meteorológica de Zapopan, Jal.) y su coeficiente de escurrimiento, el cual de acuerdo a las características del terreno (textura, cubierta vegetal y topografía) corresponde a 0.42.

Sustituyendo valores para la ecuación: $V_m = ACPM$

$A = 70.03 \text{ Has. } 0.703 \text{ km}^2 \quad 700,380 \text{ m}^2.$

$C = 0.42$

$P_m = 966.7$

$V_m = (0.703) (0.42) (966.7)$

$V_m = 285.42 \text{ Mm}^3$

▪ **Cálculo de escurrimiento máximo en la microcuenca.**

Para determinar el cálculo de escurrimiento máximo de la microcuenca y el sitio del proyecto se utilizó el método racional modificado del Manual de Conservación de Suelo y Agua CP-S.A.R.H. (1975), ya que solo se cuenta con los datos de lluvia máxima en 24 horas, proporcionados por la C.N.A. de la estación meteorológica de Zapopan, Jal. considerando un periodo de retorno de 12 años, mismo lapso de tiempo que se tienen registros disponibles en esta estación.

Tabla 3.27. Probabilidad de lluvia máxima en 24 hrs.

AÑO	LLUVIA MÁXIMA EN 24 H. EN mm	Nº DE ORDEN	INTENSIDAD MÁXIMA ORDENADA	F (4 AÑOS)	F (8 AÑOS)	F (12 AÑOS)
1987	96.0	1	96.0	F = n/m		
1988	62.2	2	85.0			
1989	49.3	3	72.7	m = n/F	m = n/F	m = n/F
1990	19.4	4	62.2			
1991	72.7	5	62.0	m = 12/4	m = 12/8	M = 12/12
1992	60.3	6	60.3			
1993	31.0	7	54.0	m = 3	m = 1.5	m = 1
1994	34.5	8	53.0			
1995	53.0	9	49.3	F4 = 72.7	F8 = 90.5	F12 = 96.0
1996	54.0	10	34.5			
1997	62.0	11	31.0			
1998	85.0	12	19.4			
		N = 12				

Tabla 3.28. Cálculo del coeficiente de escorrentía ponderado de la microcuenca, de acuerdo a las condiciones del terreno

CONDICIONES DE LA MICROCUENCA	SUPERFICIE (Has.)	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO (C)	SUPERFICIE x COEF. ESCURRIM.	COEFICIENTE DE ESC. (C) PONDERADO
Bosque de encino – roble. Escarpado de 10 – 30% de pendiente	315	0.42	132.3	$C = \frac{175.3}{575}$
Pastizal Inducido Ondulado de 5 – 10% de pendiente	250	0.16	40.0	C = 0.30
Vegetación Secundaria + Mat. Esp. Plano de 0 – 5% de pendiente.	10	0.30	3.0	
TOTAL	575		175.3	

En base al modelo a utilizarse para el cálculo de escurrimiento máximo de la microcuenca mediante el método racional modificado se aplicará la fórmula siguiente:

$Q = 0.028 \text{ CLA}$

Donde:

- Q = Escurrimiento máximo (m³/seg.)
- 0.028 = Constante numérica
- C = Coeficiente de escurrimiento ponderado
- L = Lluvia máxima en 24 hrs. (cm/hr)
- A = Area de la microcuenca (has.)

Que sustituyendo:

$$Q = 0.028 \times 0.30 \times 9.6 \times 575$$

$$Q = 46.36 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Cálculo del escurrimiento máximo del predio.

$$Q=0.028 \text{ CLA}$$

Donde:

- 0.028 = Constante numérica
- C= 0.42
- L= 9.6 cm/hr
- A= 70.03 Has. **Superficie del predio**

$$Q= (0.028) (0.42) (9.6) (70.03)$$

$$Q= 7.9 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Con respecto al clima, se tiene que predominan en la región de interés un Subhmedo, que dentro de los climas BS, es el menos seco, ya que presenta un índice de humedad (PIT) menor a 22.9. Es importante citar la temperatura promedio anual que es de 20.8 °C y la precipitación promedio anual es de 966.7 mm (CNA). La zona presenta un período de lluvias definido, éste se inicia en el mes de junio y concluye en el mes de octubre. Los meses más cálidos son marzo, abril, mayo y junio, y los meses más fríos son diciembre, enero y febrero. (CNA 1998).

La dirección de los vientos predominantes, se establece en base a datos proporcionados por el instituto de Astronomía y Metereologia de la Universidad de Guadalajara, para la zona Metropolitana de Guadalajara. Y se muestran en la tabla 3.22

Tabla 3.29.

MES	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE	KM/HR PROMEDIO
Ene	69.39	73.61	102.96	62.83	26.20	28.57	49.10	41.29	3
Feb	76.70	82.02	107.89	60.78	22.64	30.59	46.47	35.60	6
Mar	67.20	90.92	162.57	106.25	28.19	24.69	32.54	28.38	5
Abr	56.45	68.57	149.47	117.45	30.30	24.09	38.45	26.88	6
May	61.97	85.30	153.83	126.09	33.35	26.76	27.69	26.07	8
Jun	87.78	71.02	83.02	69.66	38.61	50.04	83.09	46.83	3
Jul	83.11	58.42	50.92	47.02	38.76	53.07	90.33	56.50	3
Ago	79.92	43.26	43.00	49.33	41.57	72.23	113.76	59.88	3
Sep	72.91	44.11	46.75	50.27	31.11	67.72	107.66	58.86	3
Oct	69.38	38.97	62.63	77.52	31.83	61.80	82.91	48.77	3
Nov	55.97	38.66	63.58	35.55	27.58	36.05	69.11	49.77	3
Dic	56.44	40.22	58.97	70.97	26.19	39.55	52.19	39.04	3
Anual	832.22	735.08	1085.59	873.72	376.33	515.16	793.30	517.87	
Promedio Mensual	69.35	61.25	90.46	72.81	31.36	42.93	66.10	43.15	

Factores fisiográficos

Los factores fisiográficos de una cuenca o subcuenca, son punto de partida de los análisis y determinaciones cuantitativas, entre tales factores cabe citar el área o tamaño de la cuenca, pendiente media y la longitud del escurrimiento natural.

Area o magnitud

Para este caso se determinó una superficie de $A = 70-03-00$ ha y se estimó un área de aportación de 575 ha.

Pendiente media

La pendiente de la cuenca tiene una importante pero compleja relación con la infiltración, el escurrimiento superficial, la humedad y la contribución del agua subterránea. Es uno de los factores físicos que controlan el tiempo del flujo sobre el terreno.

Longitud

La longitud o desarrollo longitudinalmente del escurrimiento natural, es también una magnitud característica útil y efecto importante en la respuesta hidrológica, ya que en un escurrimiento corto los efectos de la precipitación en la cuenca se hacen sentir mas rápidamente.

Factores climatológicos

Los factores climatológicos de las cuencas hidrográficas, en particular la precipitación pluvial, junto con los fisiográficos antes enumerados, son los elementos que definen el tipo y cuantía de los escurrimientos superficiales que se presentan en una zona o región.

Dado que el agua superficial y subterránea de una cuenca tiene su origen en la precipitación pluvial, las características de ésta son de gran importancia en la formación de los escurrimientos superficiales, aunque también influyen de manera secundaria, otros factores climatológicos como son la temperatura, la evaporación, evapotranspiración y los vientos dominantes.

Precipitación

La distribución de la precipitación pluvial en la zona de estudio y sus alrededores presenta fuertes variaciones tanto estacionales como de lugar.

Aproximadamente el 60% de la precipitación se produce entre los meses de junio a septiembre. Los meses más lluviosos son generalmente junio, julio, agosto, septiembre y octubre aunque las tormentas más intensas y que dan origen a las avenidas más caudalosas que se han registrado en algunas corrientes de la zona, se presentan casi siempre en septiembre. Los meses de menor precipitación son normalmente diciembre, enero, febrero y marzo.

La precipitación pluvial anual media en esta zona es de 966.7 mm.

Temperatura

La temperatura media anual en la zona es de 20.8 °C, teniéndose valores máximos y mínimos absolutos de 23 °C y -1 °C respectivamente.

En forma general, diciembre, enero son los meses más fríos y junio el más caluroso.

Evaporación

La evaporación en la zona de estudio se desconoce, debido a que no se cuenta con el registro de dicho parámetro en alguna estación climatológica próxima a la Z.M.G..

Evapotranspiración

Para el caso de la Z.M.G. al igual que la evaporación, se desconoce la evapotranspiración, sin embargo, para los fines perseguidos en este estudio no afecta en lo más mínimo el resultado buscado (gasto máximo de escurrimiento) ya que el déficit de escurrimiento no será calculado.

Gasto o caudal de escurrimiento

Por ser una subcuenca pequeña se optó por usar el método racional modificado, que para estos casos resulta adecuado y proporciona gastos máximos congruentes con la realidad y cuya fórmula está dada por la expresión siguiente:

$$Q = 0.028 \text{ CLA}$$

Donde:

Q = Gasto o caudal máximo en m³/seg

0.028 Constante de dimensionamiento de unidades.

A = Area drenada en hectáreas

C = Coeficiente de escurrimiento o impermeabilidad, que depende del tipo de suelo de la cuenca

L = Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno dado, expresado en cm.

Para aplicar la expresión anterior, es necesario conocer el valor de cada uno de los parámetros de la cuenca en estudio. Por lo que toca al valor del parámetro geométrico A, su valor se determinó en el inciso referente a los factores fisiográficos.

Los valores C y L, fueron determinados de la siguiente manera:

3.13.2. DRENES PLUVIALES EXTERNOS E INTERNOS

El cálculo del gasto de escurrimiento realizado en el subcapítulo anterior, servirá para el diseño de los drenes permanentes para el control de escurrimientos pluviales al darse una precipitación pluvial elevada. Como parte de las obras necesarias para controlar escurrimientos pluviales se tiene contemplado de manera independiente a los drenes permanentes, la construcción de cunetas temporales de características comunes, las cuales se excavarán y ubicarán de acuerdo a las necesidades operativas que se vayan presentando y se realizaron en base a los siguientes cálculos:

Formula de manning:

A = Area hidráulica

d = Tirante del Agua

m = Talud

$$M = \frac{a}{d}$$

Perímetro mojado.

$$P = b + 2d \sqrt{1+m^2}$$

Coeficiente de rugosidad = n = 0.013

Fórmula para canales $V = c \sqrt{rs}$

V = Velocidad Media.

c = Coeficiente de rugosidad.

r = Radio Hidráulico.

s = Pendiente hidráulica.

Coeficiente de manning:

$$C = \frac{r^{1/6}}{n}$$

$$V = \frac{s^{1/2} r^{2/3}}{n}$$

d = Tirante

Area hidráulica A = bd + md².

$$V = \frac{Q}{A} \quad (\text{velocidad})$$

Perímetro mojado

$$P = b + 2d \sqrt{1+m^2}$$

Radio hidráulico

$$r = \frac{A}{P}$$

$$V = \frac{r^{2/3} s^{1/2}}{n}$$

Tabla 3.30. Valores del gasto en cunetas triangulares obtenidas por la aplicación de las formulas anteriores

Pendiente del camino en porcentaje	Velocidad del agua máxima e m/seg.	Gasto aproximado en m3/seg.
0-1	0.63	0.22
2	0.89	0.30
3	1.09	0.40
4	1.26	0.45
5	1.41	0.50
6	1.54	0.60

Sección tipo para las cunetas y contracunetas Ver lamina L-9A.

3.13.3. BERMAS DE CONTENCIÓN

De acuerdo con el análisis hidrológico realizado en el predio "Picachos" y sus áreas de influencia, se considera necesario construir bermas para contención de escurrimientos durante la operación del relleno sanitario, ya que estas obras hidráulicas controlarán cualquier eventualidad que se presente, dentro de las consideraciones climatológicas y de probabilidad efectuadas.

Por otra parte, analizando las necesidades de obras hidráulicas que posiblemente se requieran al clausurarse la operación del relleno sanitario, se ve necesaria la construcción de bermas intermedias dentro del predio, con el propósito de reducir la longitud de escurrimiento y a la vez minimizar posibles erosionamientos hídricos.

3.13.4. OBRAS HIDRAULICAS EN ENCAUSAMIENTO Y/O DESVIO DE AGUAS PLUVIALES INTERNAS Y EXTERNAS.

Derivado de la propia conformación topográfica del sitio y como un requerimiento de ampliación de su vida útil al máximo, se determino canalizar el arroyo intermitente denominado "El pedregal", que atravieza el área del proyecto con dirección Poniente-Suroriente de acuerdo a su flujo, este será canalizado en una longitud de 1.04 km. A través de un colector de concreto que inicia con un diámetro de 0.90 m en una longitud de 700 ML que incluye tramo del colector principal del arroyo el pedregal con una longitud de 350 m. orientación Noroeste-Sureste el subcolector A, con una longitud de 180 ML. Con orientación Norte-Sureste., el subcolector B con 170 ML. Con la misma orientación de la anterior (ver detalle en el plano L-9A). El colector de 1.20 m de diámetro en lo que corresponde al encausamiento del arroyo el pedregal tiene un longitud de 690 ML. Con la misma orientación. (ver Lamina L-9A), en aguas arriba donde inicia el colector principal se construirá una cortina de gravedad para control de el arroyo, con taludes de mampostería de piedra de tercera en la parte interior y en la parte exterior contará con material, producto de excavación y cortes, así como material permeable, lo ancho de la cortina será de 30 m y una altura máxima de 3.50 m con corona de 0.80 m. Y un vertedor de Demacias. El volumen calculado para captación de 6'000,000 de lts. A su Nivel máximo extraordinario.

COLECTORES

Canal superficial $Q = C \times I \times A$

$$\text{Ecuación Manning} = V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n} = 0.399 \frac{D^{2/3} S^{1/2}}{n} = 114 R^{2/3} S^{1/2}$$

$$D = 1.548 \left(\frac{n Q}{S^{1/2}} \right)^{3/4}$$

V = Velocidad media en la sección (m/s).

Q = Caudal de aguas (m³/s).

R = Radio Hidráulico. (m).

n = Coeficiente de rugosidad de manning = 0.013 para tubo de concreto reforzado perf.

S = Pendiente de la línea de energía (m/m).

(perdida de energía).

Perdida de energía por cambio de dirección y empates de colectores.

Vc/Dc de 1.5 – 3.0 AHc 0.20 V, 2/2g.

Caudal máximo horario del día en lts/s/ha.

Valor obtenido por áreas.

Q = Caudal superficial V/S

C = Coeficiente de escorrentia (adimensional)

I = Intensidad promedio de la lluvia (L/S ha).

A = Area de drenaje (ha).

Frecuencia de la lluvia varia de 3 a 5 años.

Tiempo de recorrido en depresiones:

$$T_d = \frac{L n}{60 R^{2/3} S^{1/2}}$$

manning.

- Td = Tiempo de recorrido en min.
- L = Longitud de recorrido en m.
- n = coeficiente de rugosidad = 0.013
- R = Radio hidráulico de la sección.
Del conducto natural en mts.
- S = Pendiente de la línea de energía.

Coefficiente de escorrentia : cadena desprovistas de vegetación = 0.60.

Tiempo de concentraciones 5 a 15 min. - tiempo a utilizar 15 min.

$$Q = C_1 IA$$

Coefficiente de escorrentia en suelo duro permeable del

2 al 7 %	0.18 –0.22	0.20	0.25
7 %	0.25-0.35	0.30	

Método para determinación del escurrimiento

Fórmula racional

$$Q = CIA$$

Q = Descarga máxima en pies3/seg

C = Coeficiente de escorrentía = porcentaje de la lluvia que aparece como escurrimiento directo.

I = Intensidad de la lluvia en Pulg/hora

A = Cuenca hidrológica o área de drenaje en Ha.

Frecuencia de ocurrencia de tormenta de 5 a 10 años.

Intensidad (I) de la precipitación pluvial (fórmula Chow.)

$$I = \frac{K F^{n1}}{(t \rightarrow b)^n}$$

I = intensidad de lluvia pulg/hora.

K,b,n,n, = Coeficiente

F = Frecuencia de la ocurrencia de la lluvia en años.

t = Duración de la tormenta en minutos.

Tc = Tiempo de concentración.

Fórmula de Steel

$$I = \frac{k}{T+b}$$

K y b = dependen de la frecuencia de las tormentas

Frecuencia a 10 años.

$$K = 60 \quad b = 13 \quad t = 15 \text{ min.}$$

$$I = \frac{60}{15+13} = 1428 \text{ pulg/hora} = 5.4428 \text{ cm/hora}$$
$$54.42 \text{ mm/hora}$$

Escorrimento $Q = CIA$.

$$\text{Chezy} \quad V = C \sqrt{RS}$$

V = Velocidad Pies/seg.

C = Coeficiente dependiente de la rugosidad de la superficie del concreto.

S = Pendiente pies por pie de conducto.

R = Radio hidráulico en pies (área transversal del fluido dentro del mismo, dividida entre el perímetro de la sección mojada)

Maning:

$$C = \frac{1.486 R^{1/6}}{n} \quad n = \text{Coeficiente que depende de la rugosidad.}$$

$$V = \frac{1.486 R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

$n = 0.010$ a 0.017

$$V = \frac{0.590 D^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

$n = 0.015$

$$Q = 0.463 D^{8/3} S^{1/2} \quad Q = \text{Gasto en pies}^3/\text{s.}$$

$$H_f = 4.66 n^2 = \frac{L Q^2}{D^{16/3}}$$

$$D = \left(\frac{2.159 Q n}{S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Hazen Williams

$$V = 1.318 C_1 R^{0.63} S^{0.54}$$

Para tubo lleno

$$Q = 0.432 C_1 D^{2.63} S^{0.54}$$

$$H_f = \frac{4.727 L (Q^2)}{D^{4.87} C_1^{1.85}}$$

$$D = \frac{1.76}{S^{0.25}} \frac{(Q)^{0.38}}{C}$$

V = Velocidad en pies/s.
 C₁ = Coeficiente dependiente de la rugosidad de superficie.
 R = Radio hidráulico.
 S = Perdida de carga por fricción pies por pie.
 D = diámetro del tubo (pies)
 L = Longitud del tubo (pies).
 Q = Gasto en (pies³/seg).
 hf = Perdida por fricción en pies..

Tubería de concreto velocidad máxima.

10" φ =
 Especificación = 0.5060 φ. Km.

Coeficiente de rugosidad de manning n = 0.013

Evaporación manual mm./día	4.5mm/día.
Evaporación promedio acumulado anual	1729.9 mm.
Dirección del viento dominante	W (Oeste).
Intensidad de lluvia	60 min. 18.0 mm x m2
	30 min. 31.5 mm x m2.
	15 min. 52.2 mm x m2.

Temperatura media del mes mas caliente mayor de 22 °C
 Temperatura extrema 39 °C.-

Temporal de lluvia 15 de junio al 15 de octubre

Humedad en	%
Evaporación en	mm x m.
Viento	m3/seg
Precipitación	mm x m2.
Temperatura	° C.

Precipitación pluvial promedio anual

1982-1998	1005.7 mm x m2.
1998	1186.00 mm x m2
1996	902.60 mmx m2.

Coeficiente de escorrentía típico

Ladera desprovistas de vegetación. Coef = 0.60

Velocidad máxima para tubo de concreto de 4.0 m/s.

Diámetro de diseño

Relación entre caudal de diseño y caudal de tubo lleno Q/Qo

Coeficiente	Q/Qo	diámetro
0.60		8" a 21"
0.70		24" a 1.20 m.
0.90		>1.25 m.

Precipitación

Escurrecimiento formula Oustin.

$$F = 0.934 \frac{R^2}{T} \left(\frac{D}{\sqrt{A}} \right)^{0.155}$$

F = Altura anual del escurrimiento en pulg.

R = Precipitación anual en pulg.

T = Temperatura anual en °F.

D = Diferencia en elevación en pies.

A = Area de la cuenca en pies² (cuadrados).

Duración de la lluvia | tiempo de concentración inicial de 10 a 20 min, tiempo de recorrido en el colector

Tiempo de concentración

Area: impermeable long = 360 mts.

Cota 200 a 170 = 30 mts.

Pendiente:

Duración máxima agosto/99 24 hrs. = 85.0 mm.

/5 años / /2004 = 127.5 mm.

Duración promedio cálculo = 106.25 mm

Ver detalles de instalación en la lamina No L-10C

3.14. CAMINOS

Para lograr la buena operación de cualquier relleno sanitario, es indispensable contar con una red vial que permita a los camiones recolectores de residuos sólidos llevar estos hasta el frente de trabajo o área de emergencia, según se requiera.

Para el caso específico del Relleno Sanitario, en cuanto a vialidades se tiene contemplado únicamente el camino de acceso, que actualmente existe y va de el entronque de la carretera a

San Cristobal de la Barranca, 2 Km, e inicia desde el cadenamamiento 0+000 al 2+340 hacia el Poniente con un ancho de corona de 8 m y acotamientos de 50 cm. A cada lado.

También se contará con un camino periférico principal en el área del relleno que funcionara como la vialidad permanente donde transitaran todos los vehículos recolectores de residuos para disponerlos en cada uno de los niveles del relleno, además para dar mantenimiento, contara con una longitud de 1 + 575 km. y un ancho de 9 m. (ver lamina L-9A).

3.14.1. CAMINO DE ACCESO PRINCIPAL

El camino de acceso al relleno, a partir del entronque con la carretera a San Cristobal de la barranca, consiste en un camino pavimentado con roca basáltica y cuenta con una longitud del cadenamamiento 0+000 a 2.+ 340 m. con una superficie de 18,720 m². Careciendo de cunetas para el desvío de aguas pluviales, encontrándose en condiciones deficientes de vialidad, por lo cual requerirá de un acondicionamiento de base compactada y una carpeta asfáltica, para lo anterior se deberán de desarrollar las siguientes acciones:

- Ancho del camino: 8.0 m
- Superficie de rodamiento: revestida con 20 cm de material friccionante.
- Asfalto con mezcla de 8 cm de espesor.
- Cunetas de concreto, en ambos costados con un espesor de 8 cm. F'c= 150 kg/cm².

Sobre este camino se tiene contemplado ubicar lavaderos para el desagüe en los puntos donde se requieran.

Además resulta indispensable la construcción de un puente sobre el arroyo Milpillas ubicado a 240 m. Del entronque con la carretera a San Cristobal de la Barranca donde actualmente existen 2, los cuales no reúnen las especificaciones técnicas de construcción, por lo cual los hacen vulnerables ha algún siniestro (ver detalles del puente).

El puente propuesto se ubicará en el cadenamamiento 0+240, los detalles constructivos de estas obras, pueden apreciarse en lámina L-9B.

3.14.2. CAMINOS PRINCIPALES DEL RELLENO

Para cumplir con las condiciones de operación que requiere un relleno sanitario en cuanto a vialidades, a continuación se describirán los caminos internos de operación, los cuales cumplirán la función de permitir una transitabilidad en cualquier época del año.

Diseño de caminos internos

Los caminos dentro de un relleno sanitario se definen como principal e internos, el principal aquel que permanece durante toda la vida util del relleno sanitario, se conforma habitualmente de forma, perimetral por su parte los internos son de forma temporal y se van conformando según avanza la operación del relleno Sanitario.

El camino principal permitirá el ingreso de vehículos de manera permanente tanto a las áreas de disposición final, como para dar mantenimiento al relleno, los caminos internos son los que dan acceso al frente de trabajo conforme avanza la operación.

El camino principal será construido con base en una mezcla de material arenoso arcilloso con un ancho que variara de 9.0 m. A 8.0 m. Con una longitud de 5,020 Ml. esto es en algunos tramos del camino principal serán sobre las bermas de un nivel del relleno debido a la topografía del sitio, se muestra en la lámina L-9A.

Pero el acceso del camino principal a los niveles superiores del relleno, se establecerán rampas permanentes de acceso con los materiales antes mencionados anteriormente.

3.14.3. CAMINOS INTERNOS DE OPERACIÓN

Los caminos internos para operación, han sido programados a construirse por fases, de acuerdo con los avances programados para la construcción del relleno sanitario. Estas vialidades, aunque su utilidad es temporal, debe tomarse en cuenta que al construirse garanticen la transitabilidad de los vehículos recolectores en el relleno sanitario en cualquier época del año; esto es; tanto en época seca como en temporada lluviosa.

3.15. OBRAS COMPLEMENTARIAS Y DE CONTROL

Para la buena operación de un relleno sanitario resulta indispensable establecer un estricto control del mismo a través de personal, al cual, se le deben proporcionar las condiciones apropiadas para el buen desarrollo de sus actividades; es por lo anterior que en cualquier relleno sanitario debe considerarse necesaria la construcción de ciertas obras complementarias e infraestructura. Entre las que se consideran son las siguientes:

3.15.1. CASETA DE CONTROL DE INGRESO AL SITIO Y VIGILANCIA

Con la finalidad de establecer un control en cuanto a vehículos y personal que ingrese al relleno sanitario, a la entrada al mismo se construirá una caseta destinada a vigilancia y control. Dicha construcción tendrá una superficie de 10.20 M² ver detalle en lámina L-10A.

3.15.2. BÁSCULA Y CASETA DE CONTROL DE PESAJE.

Para precisar las toneladas por día que ingresan al Relleno Sanitario Metropolitano Poniente se instalarán dos básculas electrónicas modelo ERCC-1875-VBP/8 con capacidad para 75 toneladas cada una, y son de tipo bajo perfil, sobre piso y sin fosa, ocuparán una superficie de 510 m², ambas, las cuales darán servicio a los siguientes tipos de vehículos, la caseta de pesaje medirá 9m².

- Tractogondolas de transferencia.
- Vehículos compactadores
- Vehículos de Volteo.
- Minicompactadores.
- Contenedores
- Pick up.

- Vehículos particulares.

Las características generales de la báscula son:

Capacidad:	75,000 kg
Dimensiones de la plataforma:	3.30 x 18 m largo c/u.
Número de secciones:	13 secciones.

Ver Lámina L-10 D.

3.15.3. OFICINAS ADMINISTRATIVAS

Las oficinas administrativas en el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente fueron diseñadas con el fin de proporcionar al personal de administración, supervisión, las condiciones óptimas para el desempeño de sus funciones. La superficie de construcción que tendrán las oficinas será de 40.00 M2 e incluye una oficina administrativa, sanitarios, comedor . Ver Lámina L-10 A.

3.15.4. ESTACIONAMIENTO

El estacionamiento vehicular para el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente se ubicará dentro de las instalaciones de cobertizo y taller, con una superficie de 160 m2. Que dará servicio para 10 cajones para automóviles y el resto de área verde, y dará servicio a los vehículos que emplean los funcionarios y el personal técnico y operativo, así como de proveedores y particulares ver lámina L-3.

3.15.5. TALLER Y COBERTIZO DE MAQUINARIA

La maquinaria empleada en la operación de rellenos sanitarios es cara y por lo mismo, debe protegerse lo mayor posible, con el fin de asegurarle mayor durabilidad y un buen estado. Por lo anterior, se construirá un taller y cobertizo para resguardo y mantenimiento de la maquinaria con una superficie de 200.00 M2 (esto incluye el área de taller de mantenimiento y el área de fosas), además para controlar el ingreso se colocará un portón de malla de alambre con una sección 6.00 x 2.00 m. a dos hojas. ver lámina L-10 A Y L-10B.

Area Administrativa del taller

Esta área contara con una oficina administrativa, una bodega, y sanitarios con regaderas para el personal operativo del taller y en general del relleno sanitario y su superficie es de 45 m2. (ver detalle en lámina L-10 A)

3.15.6. CERCADO PERIMETRAL Y FRANJAS DE PROTECCIÓN Y AMORTIGUAMIENTO

Con el propósito de delimitar el área del sitio destinada a relleno sanitario, se colocará un cercado perimetral mixto de malla ciclón y postes galvanizados con alambre de púas. Lo anterior

persigue, además de delimitar el área del relleno, controlar y proteger el área de trabajo contra la invasión de personas no autorizadas y/o animales .

Además del cercado perimetral medirá 5,020 Ml. se ha determinado la colocación de una cortina arbórea en perímetro del relleno, integrado por especies propias de la zona, como pinos y robles con una cantidad de 1,000 de los primeros y 674 de los segundos.

La cortina arbórea funcionará como una franja de protección y amortiguamiento.

3.15.7. POZO DE MONITOREO DE AGUAS SUBTERRANEAS

Debido a la gran importancia que representan las aguas subterráneas, al instalarse un relleno sanitario generalmente se considera necesario la perforación de pozos de monitoreo de las aguas subterráneas a fin de detectar en algún caso inesperado, la presencia de elementos o compuestos dañinos a la salud provenientes de la residuos sólidos, con la finalidad de tomar acciones correctivas apropiadas.

Para el caso del relleno sanitario Poniente, no es necesario la perforación pozos de monitoreo de aguas subterráneas, por que la ubicación del sitio no se encuentra en la zona de recarga del acuífero regional, Esto es porque se encuentra en una barrera impermeable del acuífero regional denominado el Arenal en la zona Geohidrológica No 18 determinada por la CNA.

De acuerdo con al estudio geofísico realizado en el sitio, los valores que se correlacionaron de acuerdo a las rocas encontradas se determina que son de composición ácida representadas principalmente por tobos y riolitas, y que de manera lateral las unidades geológicas anteriormente descritas se encuentran limitadas por riolitas compactas impermeables, e inclusive las condiciones subterráneas no son propicias para almacenar y contribuir acuíferos; y actúan generalmente como zonas de recarga. Las rocas alteradas superficialmente van de poco permeables a impermeable comportándose generalmente como estas últimas, se estima que el nivel estático de los acuíferos en esta zona es mayor de 200 m de profundidad, esto según información recabada en pozos cercanos al proyecto, como el pozo ubicado dentro del vertedero “El Taray”, que se encuentra a 2 km. aproximadamente.

3.15.8. SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Dentro de la planeación operativa del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente en su primer etapa se tiene contemplada la instalación de ciertos elementos electromecánicos; como son: un compresor, equipo de bombeo, básculas electrónicas, eliminadora, instalaciones eléctricas, etc.

Por lo anterior, se considera necesario dotar al relleno sanitario de energía eléctrica. Dicho suministro considera la introducción de corriente trifásica en alta (220 V) en una longitud de la instalación de la red de 2 km. aproximadamente, a partir del entronque con la carretera a San Cristóbal y el camino de acceso, la instalación de energía comprende la colocación de 4 transformadores de 15 Kva., misma que alimentará a la acometida ubicada dentro de las instalaciones de lo que será el cobertizo, donde posteriormente será distribuidas a las zonas administrativas, así como continuar para el alumbrado instalado a lo largo del camino principal del relleno, este se establecerá a través de poste de concreto con especificaciones JG-200-03 C.F.E. que se colocaran a cada 50 m. con lámparas de vapor de sodio VEC-OV-15-sodio 250 watts.

Limpieza y trazo de las áreas del relleno

Con el propósito de permitir y facilitar los trabajos de construcción de todas las instalaciones requeridas para este proyecto, es necesario realizar un desmonte y despilme de las áreas a utilizar con el fin de establecer los desplantes de la infraestructura necesaria.

Operación de la 1ª celda y conformación parcial del camino interno

Una vez establecida la cota para desplante y haberse efectuado el acarreo de material se tiene lista la primera celda operativo para ser impermeabilizada.

Se presenta esta actividad constructiva inmediatamente después del trazo de las instalaciones complementarias y anterior a los drenes de lixiviados ya que este concepto nos determina las áreas a utilizar para iniciar la operación del relleno.

Construcción del drenaje para lixiviados

Los drenes de captación de lixiviados serán con base en tubería de PVC hidráulica RD-26 o equivalentes perforada o ranurada, será con un diámetro de 4" y una longitud de 6315 ML. y de 6", con una longitud 2740 ML. aproximadamente. Las líneas de conducción de lixiviados serán con base de tuberías de PVC hidráulico de las mismas características con un diámetro de 8" y una longitud de 1,075 ML. Y de 10 " con una longitud de 530 ML.. Las cuales descargarán en las fosas para almacenamiento de lixiviados (ver detalles de instalación y de especificaciones en lámina L-10C).

Construcción de las fosas de almacenamiento y evaporación de lixiviados

Se tiene proyectada la construcción de 2 fosas para el almacenamiento, evaporación y recirculado para líquidos lixiviados con una capacidad total de 10,000 m³. La que se ubicara a una distancia aproximada de 450 m. A partir de la finalización del colector del arroyo el pedregal y con orientación Poniente-Oriente (ver ubicación L-9A detalles en lámina L-10C).

Dentro de los trabajos a realizar en ambas fosas se considera su impermeabilización de muros y losas con base a geomembrana del tipo HDPE de 0.080 ml., posteriormente se colocará una maya de Geotextil de prolipropileno, no tejido, de fibra continua Polyfeit TS-500 de 280 gr/M² 0 similar y geomembrana de polietileno de alta densidad Poliliner HDPE de 2.0 mm (80 mils) de espesor o similar, siendo el sistema de fijación la excavación de una trinchera perimetral de 0.60 x 0.60 m de sección, utilizando el material producto de excavación para el relleno de la misma.

Los trabajos de excavación, compactación y afine de taludes y fondo, serán realizados con el D8-N considerado en el proyecto, el equipamiento para la recirculación de lixiviados se realizará con una motobomba de 3 Hp misma que será resguardada en una caseta de 2.30m² de construcción.

Impermeabilización de la 1ª celda

Una vez excavada la primera celda y conformado el bordo para protección de los escurrimientos de agua pluvial, se procede a la impermeabilización del área a operar.

Como medida de disminución o atenuación de contaminantes orgánicos e inorgánicos de los lixiviados que afectan las aguas del subsuelo, se requiere utilizar un mecanismo natural que ayude a realizar dicha acción por lo que para el caso específico del predio "Picachos", se llevará a cabo la impermeabilización, geomembrana de polietileno de alta densidad de 0.060" (1.5 mm)

La primera celda se impermeabilizará en una superficie total de 64,000 M2 con un espesor de material del sitio de 30 cm compactada al 90% de la prueba Proctor Standard sobre la cual se colocará tezontle igualmente compactado con un espesor de 20 cm.

Construcción de caseta de control, caseta de vigilancia y montaje de báscula

Cualquier relleno sanitario requiere de la infraestructura necesaria para su correcta operación y tratándose de una obra de ingeniería que recibirá residuos sólidos, se deberá tener una estricta vigilancia y control de los residuos a disponer en el predio "Picachos", es por ello que se necesita dotar al sitio de una caseta de control de 10.20 M2 de construcción.

El diseño de la caseta considera un desplante en losa de cimentación de concreto $f'c = 250\text{g}/\text{CM}^2$ armada. La caseta será dotada con el equipo necesario para el registro del personal y pesaje de los camiones. En su construcción se emplearán materiales de la región, así como todo el personal necesario para llevar a cabo este concepto de trabajo.

Su ejecución se estima en 4 semanas, mismas que se emplearán en la construcción de la caseta de vigilancia con las idénticas especificaciones constructivas; por lo que le tendrán dos frentes de trabajo. Su calendarización es simultánea en ambas casetas y el montaje de la báscula se realizará en el último de los tres meses en que se programó la instalación del relleno.

Esta actividad se realizará simultáneamente con el camino interno, limpieza del terreno, trazo de la primera celda, así como la construcción de los drenes para desvío de agua pluvial.

Construcción de cobertizo, taller para maquinaria, oficinas, área de estacionamiento, área de servicio, cisterna y fosa séptica

Toda la obra civil está considerada a ejecutarse en 4 semanas y será simultánea a el concepto estimado. Los frentes de trabajo serán los necesarios para realizar las instalaciones en el programa de obra estimado.

ver detalles lamina L-10 -A

Colocación de señalamientos viales

Los señalamientos viales se instalarán en el último mes de construcción de las instalaciones, dando el acabado final y que permita a los usuarios y visitantes identificar tanto las restricciones viales como la fácil identificación de la infraestructura existente en el sitio.

Se consideran dos tipos de señalamientos: uno que permita el fácil acceso al relleno sanitario de sección rectangular de 2.50 x 2.20 m y 28 piezas cuadradas con diferentes señalizaciones de 0.60 x 0.60 m. Ver lámina L-9A.

La hechura y rotulación de los señalamientos se efectuará durante toda la construcción del relleno para finalmente ser instalados en el tercer mes de construcción.

Esta actividad es independiente a todas las consideradas durante la construcción y no interfiere en las otras actividades. pueden colocarse los señalamientos viales contemplados para el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente, aclarando que pueden incluirse más señalamientos de los aquí mostrados, según se requiera.

Instalación de cercado perimetral y cortina arbórea

Para delimitar el predio se proyecta el suministro e instalación de un cercado perimetral mixto a base de malla ciclón galvanizada en 5,020 ML. para la totalidad del predio, PVC plástico verde de 55 x 55 mm para área administrativa y de servicio con 180 ML. cal. 10.5 de 2.00 m de altura y postería de concreto.

Para la malla su proceso constructivo inicia con el trazo de los linderos, procediendo a la excavación de las cepas para el colado de mojoneras e hincado de postes utilizados para el soporte y colocación de la malla censándose por medio de 2 hilos de liso cal. 12.5 y en su parte superior contará con tres hilos de alambre de púas. Para controlar el acceso se suministrará y colocará un portón a base del mismo material de sección 6.00 x 2.00 m. a dos hojas.

Esta actividad se efectuará en el último mes de construcción, asimismo como medida de amortiguamiento visual se instalará una cortina arbórea perimetral a base de plantación de especies de la región colocados a tresbolillo, en el mismo lugar donde quedará la malla.

La construcción e instalación del cercado perimetral de la primera etapa del proyecto no interfiere con las demás actividades, será realizada en el último mes de construcción de la infraestructura y es simultánea a los señalamientos viales, drenes para lixiviados, fosa para lixiviados, impermeabilización, montaje de la báscula e instalación del servicio de energía eléctrica.

Instalación de pozos de biogas

La construcción de pozos para el venteo del biogas, está determinado por la superficie a utilizar por etapa o fase operativa, la superficie de influencia que abarcara cada pozo será 1.7. aproximadamente y se colocaran 66 pozos acorde a su diseño que esta determinado de acuerdo al detalle de la lámina L-8.

Su instalación se iniciará una vez que se termine cada nivel y/o etapa

El proceso constructivo de esta instalación cae dentro de lo que es operación y se procurará que no interfiera en el proceso de disposición de residuos sólidos y se realizará hasta una profundidad máxima del 80 %, con relación al espesor de los residuos confinados y servirán como pozos de monitoreo, también podrán funcionar como sistemas activos o pasivos.

Relleno de residuos en la 1ª celda

El proceso operativo en la primera celda será de área en la cual se dispondrán de residuos sólidos en una capa iniciando el confinamiento.

Los residuos sólidos serán cubiertos con el material producto del banco de préstamo.

La duración de la primera celda será de 18 meses operación.

El equipo para el confinamiento, compactación y cobertura de residuos sólidos será un tractor de cadenas CAT. D8-N y un compactador 826 C.

Sellado y clausura del relleno

Para el sellado final del relleno en su primer etapa de proyecto, se debe colocar una capa compactada de 0.30 m. Y posteriormente una capa de tierra con un espesor mínimo de 0.50 m.

Asimismo en la clausura del relleno sanitario es importante considerar el uso o usos finales que se le vayan a dar. Los usos más comunes son: parques, reservas naturales, viveros, canchas de golf, siendo los usos recreativos los de mayor factibilidad. Para el caso del relleno Metropolitano Poniente será de reintegración natural.

Se estima que la clausura del relleno requerirá de tres meses para su ejecución.

PARTE I DISEÑO EJECUTIVO, OPERACIÓN Y COTROL DEL RELLENO SANITARIO.

CAPITULO 4. SELECCIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPO

CAPITULO 4.

4.1 SELECCION DE MAQUINARIA Y EQUIPO

Con la finalidad de que la construcción del relleno sanitario y las operaciones que implica esta obra de ingeniería se realicen en forma adecuada y óptima es imprescindible la utilización de maquinaria y equipo apropiados para lo cual en este capítulo se realizarán diversos análisis tendientes a seleccionar las máquinas y equipos que son necesarios en el proyecto.

La determinación de la maquinaria y del equipo a utilizar en el proyecto del relleno sanitario se ha dividido convenientemente en tres partes:

- La maquinaria y el equipo que deberá emplearse para la preparación del terreno y la construcción de las obras de infraestructura a efecto de garantizar el espacio donde funcionará el relleno sanitario.
- La maquinaria indispensable para la operación en el manejo y la compactación diaria de la residuos sólidos.
- La maquinaria y el equipo complementario para diversas funciones operativas del relleno.

4.1.1. MAQUINARIA Y EQUIPO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL RELLENO SANITARIO

A continuación se analiza cada uno de los conceptos estimados para la preparación del terreno y la construcción de las obras de infraestructura, señalándose en cada caso que tipo de maquinaria pesada o equipos deben utilizarse.

Tractor de cadenas Cat. D8N. O equivalente

Utilizado para desmonte, despalme, corte y sobreacarreo de material de desperdicio. Con las siguientes características:

MODELO	D8N WDA	
Potencia en el Volante	212 Kw	285 hp
Peso en orden de trabajo (Con Servotransmisión)	34.645 kg	76.375 lb.
Modelo de motor	3406	
RPM del motor	2100	
Numero de cilindros	6	
Calibre	137 mm	5,4"
Carrera	165 mm	6,5"
Cilindrada	14,6 L	893 pulg3
Rodillos inferiores (cada lado)	8	
Ancho de Zapata Estándar	560 mm	22"
Largo de cadena en el suelo	3,21 m	10'6,5"
Area de contacto con el suelo (con Zapata estándar).	3,59 m2	5553 pulg2
Entrevía	2,08 m	6'8"

DIMENSIONES PRINCIPALES:

Altura (parte superior desguarnecida)	2,59 m	8'6 "
Altura (incluye cabina ROPS)	3,42 m	11'3"
Longitud total (con hoja)	6,24 m	20'6"
(sin hoja)	4,88 m	16'2"
Ancho (con muñon)	2,94 m	9'8"
(sin muñon)	-----	-----
Espacio libre sobre el suelo	536 mm	21,1"

Tipos y anchos de hoja

Recta	3,94 m	12'11"
Universal	4,26 m	14'0"
Capacidad del llenado de combustible	481 L	127 gal/EUA

- Motoniveladora Cat. 130 G. O Equivalente

Para realizar trabajos de rastreo, acamellonamiento, conformación y nivelación de material para terraplén y/o material de revestimiento.

Con las siguientes características:

MODELO	130G	
Potencia neta al volante	101 Kw	135 hp
Peso de trabajo, maquina equipada	13.050 kg	28.770 lb

Modelo de motor	3304	
Clasificación del motor RPM	2000	
Num. De cilindros	4	
Cilindrada	7,0 L	425 pulg3
Reserva de par máxima	30%	
Num. De velocidad de avance y retroceso	6/6	
Velocidad máxima de avance	39,4 km/h	24,5 mph
Velocidad máxima de retroceso	36,9 km/h	22.9 mph
Neumáticos estándar delanteros y traseros	13.0-24 (8 PR)(G-2)	
Eje delantero/dirección:		
Angulo de oscilación	32°	
Inclinación de las ruedas	18°	
Angulo de orientación	50°	
Angulo de articulación	20°	
Radio mínimo de giro	7,3 m	24'0"
Modulo de resistencia de la sección vertical del bastidor delantero min-max	1888-4036 cm3	115-246 pulg3
Numero de zapatas de soporte del circulo	6	
Sistema hidráulico: tipo de bomba	Pistones axiales	
Flujo máximo de la bomba	197 Lpm	52 gal/min
Capacidad	68 L	18 gal/EUA
Presión del implemento máxima: Mínima	24.115 kPa 2965 kPa	3500 lb/pulg2 430 ib/pulg2
Sistema eléctrico:		
Voltaje	24 V	
Batería estándar		
Amps de arranque en frío a 0°F	750	
Alternador estándar	50 amp	

DIMENSIONES PRINCIPALES

Altura (incluyendo ROPS)	3,10 m	10'2"
Altura (sin techo)	2,69 m	8'10"
Longitud total	8,30 m	27'3"
Con desgarrador y plancha de empuje	9,73 m	31'11"
Distancia entre ejes	5,92 m	19'5"
Base de la hoja	2,57 m	8'5"
Ancho total (entre los neumáticos delanteros)	2,45 m	8'0"
Hoja estándar: Longitud	3,66 m	12'0"
Altura	610 mm	24"
Espesor	22 mm	0,88"
Levantamiento sobre el suelo	440 mm	17,3"
Alcance máximo en las bermas:		
Con el bastidor recto	1,87 m	6'1,5"
En posición articulada	2,81 m	9'2,5"
Capacidad del tanque de combustible	282 L	75 gal/EUA

- Camión de volteo

Para efectuar el acarreo de materiales necesarios para la construcción se requiere un camión de volteo de 7 M3 de capacidad y 171 H.p. de potencia, Motor diesel de cualquier marca.

- Compactor de suelos 815B o equivalente

Esta maquina realizara labores de compactación del suelo en las fases de preparación del suelo para impermeabilizarlo, de compactación del material de protección y de drenaje y sus características son las siguientes:

MODELO	815B	
Potencia en el volante	161 Kw	216 hp
Peso en orden de trabajo.	20.035 kg	44.175 lb
Modelo de motor	3306	
Clasificación del motor RPM	2200	
Num. De cilindros	6	
Cilindrada	10,5 L	638 pulg3
Velocidades:		
de avance	4	
De retroceso	4	
Diámetro de giro con la hoja	12,3 m.	40'3"
Capacidad del tanque de combustible	462 L	122 gal/Eua
TAMBORES DE PISONES:		
Ancho de cada tambor	978 mm.	3'2,5"
Diámetro con los pisones	1,42 m.	4'8"
Diámetro sin los pisones	1,03 m.	3'4,5"
Pisones por rueda	60	
Pisones por hilera	12	
Hilera de pisones	5	
Longitud de cada pisón	168 mm.	6,6"
Area del extremo de un pisón	135 cm2.	21 pulg2.
Ancho compactado en dos pasadas	4,35 m.	14'3"
DIMENSIONES PRINCIPALES		
Altura, inclusive ROPS	3,53 m.	11'7"
Altura sin techo**	2,38 m.	7'10"
Distancia entre ejes	3,35 m.	11'10"
Longitud total con hoja topadora	6,80m.	22'4"
Ancho incluyendo los tambores	3,24 m.	10'8"
Espacio libre sobre el suelo**	203 mm.	8"
HOJA TOPADORA RECTA:		
Ancho	3,76 m.	12'
Altura	8,60 m.	2'10"

- Camión Pipa

Camión Pipa FAMSA, motor Mercedes diesel de 170 H.p. incluye tanque de 15 m3 de capacidad; necesario durante la compactación del material para terraplén.

- Cargador de Neumáticos Cat. 960F o equivalente

Realiza carga, acarreo y acomodo de material producto de excavación.

Con las siguientes características:

MODELO	960F	
Potencia en el Volante	149 kW	200 hp
Modelo de motor	3116TA	
Clasificación del RPM del motor	2300	
Calibre	105 mm	4,13"
Carrera	127 mm	5"
Numero de cilindros	6	
Cilindrada	6,6 L	403 pulg3
Velocidades de avance	Km/h	Mph
1 ^a .	7,0	4,3
2 ^a	13,75	8,4
3 ^a	23,2	14,4
4 ^a	39,4	24,5
Velocidades de retroceso		
1 ^a	7,6	4,7
2 ^a	14,8	9,2
3 ^a	23,2	15,8
4 ^a	39,4	26,8
Tiempo del ciclo hidráulico con carga Nominal en cucharón	Segundos	
Levantamiento	6,0	
Descarga	1,1	
Descenso libre (vacío)	2,2	
Total	9,3	
Entrevía	2,09 m	6'10"
Ancho con neumáticos	2,75 m	9'4"
Espacio libre sobre el suelo	469 mm	18,5"
Capacidad del tanque de combustible	258 L.	68 gal/EUA
Capacidad del tanque hidráulico	153 L.	40,4 gal/EUA

Compactador de ruedas de acero 826 C o equivalente

Realiza esparcido, compactado y cobertura de residuos sólidos, es la maquina mas ágil y rápida y logra mayores densidades de compactación.

MODELO	826C	
Tipo	Esparcido y compactado de residuos	
Capacidad		
Tierra	3,74 m3	4,89 yd3
Basura	12,75 m3	16,78 yd3
Peso de la topadora	3265 kg	7198 lb.
Dimensiones principales: (tractor y hoja)		
Longitud	8,20 m	26'11"

Ancho	4,50 m	14'9"
Dimensiones de la hoja		
Ancho con cantoneras	4,50 m	14'9"
Altura con vertedera	1041 mm	41"
Altura con rejillas para basura	1936 mm	76,2"
Profundidad max. De excavación	515 mm	20,3"
Espacio libre sobre el suelo		
En levantamiento total	1049 mm	41,3"
Ajuste de inclinación desde la horizontal	-----	-----

Retroexcavadora 426 B o equivalente.

Realiza excavaciones de trincheras, cunetéo y carga de materiales

Con las siguientes características:

MODELO	426B	
Potencia en el Volante (neta)	61 kW	79 hp
Potencia en el Volante (bruta)	59 kW	82 hp
Peso en orden de trabajo	6790 kg	14.970 lb
Modelo de motor	3054	
RPM nominales del motor	2200	
Numero de cilindros	4	
Calibre	100 mm	3,94 pulg
Carrera	127 mm	5 pulg
Cilindrada	4,0 L	243 pulg3
Velocidades de avance	Km/h	Mph
1ª.	6,3	3,9
2ª	11,7	7,3
3ª	22,0	13,7
4ª	33,2	20,6
Velocidades de retroceso		
1ª	6,3	3,9
2ª	11,9	7,4
3ª	22,2	13,8
4ª	33,5	20,8
Diámetro mínimo de giro	7,88 m	25'10"
Neumáticos delanteros:		
Estándar, tracc. En 2 ruedas	11L-16,12 PR,F3	
Optativos, tracc. En 2 ruedas	11L-16, 10 PR, F3	
Estándar, tracc. En 4 ruedas	10.5-20, 10 PR, R3	
Optativos, tracc. En 4 ruedas	12.5/80-18, 10 PR, I3	
Neumáticos traseros:		
Estándar, tracc. En 2 ruedas	16.9-24, 8 PR, R4	
Optativos, tracc. En 2 ruedas	16.9-24, 10 PR, R4	
Optativos, tracc. En 2 ruedas	19.5L-24, 8 PR, R4	
Optativos, tracc. En 2 ruedas	19.5L-24, 10 PR, R4	

Estándar, tracc. En 4 ruedas	19.5L-24, 10 PR, R4	
Optativos, tracc. En 4 ruedas	19.5L-24, 8 PR, R4	
Brazo E. Optativo	19.5L-24, 10 PR, R4	
Brazo E. Optativo	-----	
Sistema hidráulico con centro cerrado	LSPC	
Capacidad de la bomba:	157 L/min @ 2200 rpm @ 20.670 kPa (41 gal/min @ 2200 rpm @ 3000 lb/pulg2)	
Capacidad del tanque de combustible	128 L	34 gal/EUA

Compactador sobre neumáticos 824 C o equivalente

Realiza el acomodamiento y compactado del material de base y de protección para la colocación de la geomembrana y geotextiles.

Con las siguientes características:

MODELO	824C	
Potencia en el Volante	235 kW	315 hp
Peso en orden de trabajo	30.380 kg	66.975 lb.
Modelo de motor	3406	
RPM nominales del motor	2100	
Numero de cilindros	6	
Cilindrada	14,6 L	893 pulg3
Velocidades:		
De avance	4	
De retroceso	4	
Velocidad máxima de avance	33,2 km/h	20,6 mph
Circulo de giro con la hoja	13,9 m	45'8"
Tamaño de neumáticos estándar	29.5-25, 16 PR (L-3)	
Capacidad del tanque de combustible	589 L	156 gal/EUA

DIMENSIONES PRINCIPALES:

Altura (parte superior ROPS)	3,959 m	13'0 "
Altura (sin techo)	2,990 m	9'10"
Distancia entre ejes	3,530 m	11'17"
Longitud total con hoja	7,690 m	25'2"
Ancho (con neumáticos estándar)	3,170 m	10'5"
Entrevía	2,360 m	7'9"
Espacio libre sobre el suelo	477 mm	18,8"

HOJA TOPADORA RECTA:

Ancho	4,192 m	13'9"
Altura	1,220 m	4'0"
Capacidad	4,67 LCM	6,11 LCY
Espacio libre sobre el suelo a levantamiento máximo.	992 mm	39"

Profundidad de corte	390 mm	15,4"
Ajuste de inclinación horiz	1,12 m	3'8"
Ajuste de inclinación vert.	23°	
Velocidad de levantamiento	0,46 m/sec	1,5 pies/sec

4.1.2. Maquinaria y equipo para el manejo y compactación de los residuos sólidos

La selección de maquinaria pesada depende de varios factores. Los criterios básicos para su selección son:

a) La cantidad de residuos sólidos que recibirá el relleno sanitario en su vida útil, siendo ésta la principal variable que se debe tener en cuenta al escoger el tamaño apropiado de la maquinaria, que en este caso para la primera etapa del relleno es la siguiente:

La tabla 4.1. sirve como pauta para determinar el modelo apropiado de máquina, basado en la cantidad de residuos producidos por una comunidad. Esta tabla presenta datos de los Estados Unidos de Norteamérica (2.26 kg de material de desperdicio residencial diario por persona), por lo cual únicamente nos estamos basando en los datos de t/día.

Tabla 4.1. Selección de equipo basada en población y tonelaje diario

POBLACION	t /día	Maquina(s) requerida (s)
0-20,000	0-45	D3 ó 931 ó 936 LFC
20,000-60,000	45-136	D4 ó 943 ó 518 LFC ó 936 LFC
60,000-100,000	136-226	DS ó D6 ó 953 y 518 LFC
100,000-140,000	226-317	D6 ó D7 ó 963 y 816
140.000-200,000	317-453	D7 ó, D8 ó 973 y 816
200,000-300,000	453-680	D8 o D9 y 826
300,000 y más	680 y más	D9 y 826/Variedad de equipo de apoyo

Nota: el tonelaje diario se basa en 2.26 kg de material de desperdicio residencial diario por persona. La cantidad de desperdicio/persona/día puede variar según la zona residencial y se debe ajustar de acuerdo a la comunidad.

Fuente: Manual de métodos y equipo Caterpillar :caterpillar 1994.

Conforme a esta tabla se recomienda para el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente Se consideren la siguiente maquinaria y equipo:

Tabla 4.2.

Actividades	Maquinaria y equipo
1. camino principal e internos	Tractor de cadenas CAT D-8N Motoniveladora 130 G. Camión volteo de 7 m3.
2. Acarreo de residuos	Tractor de cadenas CAT D-8N Compactador 826 C
3. Bandeado y compactado de residuos	Compactador 826 C Tractor de cadenas CAT D-8N
4.- Carga de material de cobertura	Compactador sobre neumáticos 960F Camiones volteos de 7 m3.
5.- Riego de caminos	Camión pipa de 15,000 lts.

Uso posterior de la maquinaria

Básicamente estamos considerando que el Consejo Metropolitano contará con más terreno para ampliar el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente y continuar realizando la disposición final de los residuos sin riesgos de contaminación ambiental

Tomando en cuenta que el volumen diario de residuos sólidos a manejar se irá incrementando.

El tipo de manejo que se dará a los residuos sólidos

Los requisitos de compactación están cobrando importancia crítica al tratar de prolongar la vida de los rellenos, por lo que si se desea una densidad elevada se deberá realizar un compactador de ruedas de acero.

Para el caso del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente, se requerirá la maquinaria descrita anteriormente, ya que los residuos sólidos serán acomodados y compactados hasta alcanzar una densidad promedio de 0.850 kg/m³, lo cual se lograra con esta.

Cualquiera que sea el tipo de máquina a utilizar, deben tomarse en cuenta los siguientes datos:

- Grueso de la capa de residuos.

La profundidad de cada capa compactada tal vez sea el factor controlable más importante que afecte la densidad. Para obtener una densidad máxima, los residuos se deben esparcir y compactar en capas de no más de 60 cm de profundidad. Las capas más gruesas reducirán la densidad que puede desarrollar una máquina en un número determinado de pasadas.

- El número de pasadas hechas sobre los residuos también afecta la densidad.

Cualquiera que sea el tipo de máquina utilizado, el equipo debe hacer de 3 a 5 pasadas para lograr una densidad óptima.

- Pendiente

El máximo esfuerzo de compactación por una unidad de cadenas se logra trabajando los residuos en una pendiente de 3:1. Las máquinas de cadenas alcanzan mayores densidades al moler y despedazar los residuos en trozos más pequeños al trepar una pendiente.

Sucede exactamente lo opuesto con el compactador de rellenos. Cuanto más plana es la pendiente, tanto mejor será la compactación. Esto se debe a que el peso y la concentración del mismo se utilizan más eficientemente al trabajar en una superficie plana.

- Contenido de humedad.

Se ha demostrado que tiene un efecto significativo sobre la densidad compactada. Se cree que el agua tiende a debilitar las características de "puente" de los residuos, especialmente del papel, tal como grandes trozos de cartón, etc., y, por lo tanto permite una consolidación más apretada. El agua también podría hacer de lubricante, como lo hace en los suelos. Una cantidad mínima de humedad puede aumentarla compactación de los residuos hasta en un 10%.

El contenido de humedad óptimo para alcanzar la máxima compactación de residuos domésticos parece ser de alrededor de 50% por peso. Las pruebas de campo indican contenidos de humedad reales del 10 al 80% durante las temporadas secas y húmedas.

Si bien un contenido de humedad más elevado puede suministrar mayores densidades en el sitio, pero también aumentar la cantidad de lixiviado.

Método de relleno utilizado

se determino que el método utilizado en el relleno sanitario sea de área, lo que nos permite tener una mayor vida útil en el terreno

Trabajos suplementarios

Antes de seleccionar una máquina para el relleno se deben estudiar los trabajos auxiliares en los que se utilizará la máquina, como son: limpieza y mantenimiento del camino de acceso, excavación y sobrecarreo de materiales, etc. La consideración clave en estos casos es la versatilidad por requerirse de capacidades adicionales, es por ello que una máquina de cadenas es una buena elección.

Costo del equipo

Los criterios de inversión en lo que a maquinaria para la operación del relleno se refiere, está determinada por dos aspectos:

El equipo del relleno cumple tres funciones distintas:

1. El equipo de compactación y manejo de residuos.

Los tractores de cadenas y compactadores de rellenos con ruedas de acero son las máquinas recomendables para estos propósitos.

2. Las máquinas para la excavación y manejo del material de cobertura

Deben satisfacer los requisitos diarios de esta función. Si la única función de una máquina es suministrar material de cobertura en el relleno, dicha máquina se puede escoger sobre la base de consideraciones normales de movimientos de tierra, tales como características de matehal, distancia a los puntos de préstamo, volumen a ser transportado, y demás principios básicos de movimiento de tierra, es decir maximizar el movimiento de tierra en la menor cantidad de tiempo, al menor costo por metro.

El equipo de apoyo

Comprende las motoniveladoras, excavadoras hidráulicas, camiones, compresores de aire, vehículos de servicio, bombas de agua y cualquier otro equipo que resulte necesario.

4.1.3. MAQUINARIA Y EQUIPO COMPLEMENTARIO

La selección de la maquinaria y equipo complementario obedeció principalmente a las cuestiones técnicas que se presentaron para el diseño del relleno sanitario, es decir, determinar el tipo y necesidades de bombeo para recircular los líquidos lixiviados, el modelo y capacidad de la báscula de pesaje, maquinaria y equipo auxiliar para la disposición final de residuos sólidos, así como el equipo necesario para el mantenimiento de la maquinaria.

En base a lo anterior el equipo seleccionado para operar en el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente es el siguiente:

- Báscula electrónica

MARCA:	Revuelta
Modelo:	RCC
Código:	1875-VR
Alcande máximo del indicador:	75 t.

Plataforma	18.00 x 3.00 m
------------	----------------

Dispositivo indicador: digital electrónico RAD50 y/o Romana TI. Con impresor de boletos.

Impresor de Boletos: Electrónico REP295. Para original y varias copias y/o mecánica para romana TI. Para original y varias copias

Garantía: 10 años para los equipos y componentes mecánicos.

2 años para los equipos y componentes electrónicos.

Ambas dentro de los términos establecidos en nuestra póliza de garantía

Distancia al

Dispositivo indicador: 3.00 m. Desde el eje longitudinal, centro de la plataforma, al eje del dispositivo indicador.

MARCA: Revuelta
Modelo: ERCC
Código: 1875-VBP/8
Alcance máximo
del indicador: 75 t.

Plataforma 18.00 x 3.05 m
Dispuesta para cubierta de concreto.

Dispositivo indicador: digital electrónico RAD50

Impresor de Boletos: Electrónico REP295. Para original y varias copias.

Garantía: 10 años para los equipos y componentes mecánicos.

2 años para los equipos y componentes electrónicos.

Ambas dentro de los términos establecidos en nuestra póliza de garantía

Distancia al
Dispositivo indicador: 3.00 m. Desde el eje longitudinal, centro de la plataforma, al eje del dispositivo indicador.

Indicador digital electrónico RAD50

Funciones:

Permite programar 3 encabezados fijos de 16 caracteres alfanuméricos cada uno. Pueden imprimirse nombre de la empresa, dirección, identificación de la báscula, etc.

Formato de boletos programable.

Unidades de medición seleccionables y conversión directa de la unidad principal a la unidad secundaria. Puede programarse una unidad secundaria especial.

Sistema de diagnóstico con autopruebas.

Prueba el funcionamiento de memoria Ram, conversión A/D, puertos de comunicación, calibración y pantalla.

Función de auditoría

Detecta cambios de calibración y en la configuración.

16 puntos de corte (setpoints) programables

para el control de relevadores, activar alarmas o temporizadores (timers), iniciar comandos de impresión, etc.

CARACTERÍSTICAS:

Gabinete NEMA 4x, totalmente de acero inoxidable, aprueba de agua.

Teclado sellado para trabajo pesado.

Soporte de acero inoxidable para escritorio o pared.

Posición de lectura ajustable.

Pantalla luminosa de alta intensidad (LED's)

6 dígitos de 25 mm. De alto.

Alta resolución en pantalla, actualización 60 lecturas/segundo.

Para aplicaciones de pesaje estático o dinámico.

Integrado con dos salidas seriales.

Soporta comunicación RS-232C, RS-485, RS-422 y lazo corriente 20 mA.

Calibración digital desde el teclado

Permite hacer la calibración en 5 puntos para asegurar la linealidad de la báscula o en forma normal (cero-span), o invertida (span-cero).

Puerto paralelo centronics /TTL (6 entradas/ 9 salidas)

Para conectar una impresora paralela o controlar relevadores.

Protección contra variaciones de voltaje.

Filtros contra interferencias de radiofrecuencia (RFI) y electromagnéticas (EMI)

Filtro digital contra vibraciones y trepidación, 19 pasos de ajuste.

Protección con claves de acceso (password) en 3 niveles.

Evita modificaciones de programación sin autorización.

Respaldo de baterías.

Mantiene vigentes la fecha, la hora y la información almacenada en la memoria, cuando se interrumpe el suministro de energía.

IMPRESOR ELECTRONICO DE BOLETOS

REP295

Características

Operación en modo esclavo.

La impresión es controlada por el indicador digital vía interfase serial RS-232 C.

Impresión controlada por software

Puede controlarse el inicio, terminación, dirección y área de impresión, el tipo y tamaño de caracteres y el espacio entre líneas.

Función de expulsión automática de papel.

Autoprueba de funcionamiento.

Prueba de funcionamiento de :

- funciones del circuito de control.
- Mecanismo de impresión.
- Calidad de impresión.

- Versión de memoria ROM.
- Revisión de memoria RAM.
- Interruptores de programación.

Memoria temporal (buffer) con capacidad de 512 caracteres.

Mecanismo impresor de impacto:

Permite imprimir original y varias copias
(el numero de copias depende del tipo de papel).

Detector de papel por medio de sensores ópticos:

Inhibe la impresión cuando no hay papel o esta mal colocado.

Cartucho de cinta entintada de avance automático.

- Motobomba

El equipo de bombeo para líquidos lixiviados se compone principalmente de una bomba centrífuga Mca SENTINEL fabricada en acero inoxidable para el manejo de fluidos con las siguientes características: caudal: 15 G.P.M.; CDT: 6 m; potencia: 114 H.P.; velocidad: 1750 RPM; fases: 360 Hz; corriente: 220/440 Volts.; ϕ succión: 11/4x1 y descarga.

- Equipo de lavado y lubricación

El equipo para el mantenimiento de la maquinaria se seleccionó del tipo industrial de uso moderado, para dar el mantenimiento preventivo y correctivo a todo el equipo que laborará en el relleno, se compone de una lubricadora hidráulica, pistolas de aspersion a presión para el lavado y sopleteado de las máquinas lo cual se realizará diariamente.

- Compresora con accesorios

Para la operación del equipo de lavado, lubricación y sopleteado se requerirá de una máquina compresora CBS dos cilindros, dos etapas 1.3 kg/cm², 175 lbs/pg², motor 5 H.p. y 500 lts, la cual se selecciona en base al tiempo que va a operar y a la presión que el equipo requiere para operar eficientemente.

- Aspersora y encaladora

Durante la operación del relleno se requiere como medida preventiva para controlar la presencia de fauna nociva la aplicación de piretroides y encalar algunas capas de residuos sólidos, evitando así cualquier fuente infecciosa. para el personal empleado en el relleno.

Por lo que se empleará una aspersora de mochila de 18 lts. Marca Royalcondor.

- Camioneta Pick-up

La maquinaria y equipo utilizado en el relleno sanitario requiere de combustible, lubricantes y refacciones, por lo cual la camioneta dentro de los servicios que ofrecerá es el de acarrear todo lo necesario para que la maquinaria opere con efectividad. La unidad es una camioneta Pick-up de 141 Hp.

El equipo electromecánico, como son bombas centrifugas, compresores, y en general todos aquellos elementos mecánicos accionados eléctricamente, serán objeto de atención especial en cuanto a mantenimiento se refiere, ya que de ellas depende en casos específicos, el buen funcionamiento del relleno.

Para el caso de bombas, se procurará que el motor quede protegido de la intemperie y que sus conexiones están totalmente aisladas. Por último, se recomienda principalmente acatar todas las disposiciones y recomendaciones que hacen los proveedores de la maquinaria y equipo.

PARTE I DISEÑO EJECUTIVO, OPERACIÓN Y CONTROL DEL RELLENO SANITARIO.

CAPITULO 5. MANUAL DE OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO

CAPITULO 5.

MANUAL DE OPERACION DEL RELLENO SANITARIO

5.1. OBJETIVO

El objetivo del presente manual es servir de guía para el personal responsable en la operación del relleno sanitario, a fin de que coordine y ejecute de manera correcta las tareas correspondientes.

5.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A DESARROLLAR POR CADA ETAPA DE CONSTRUCCION DEL RELLENO SANITARIO

Camino de acceso

El camino de acceso al predio destinado para Relleno Sanitario Metropolitano Poniente corresponde a un pavimento con base en roca basáltica que presenta deficiencias, es necesario su rehabilitación integral para optimizar sus condiciones, garantizando con esto el tránsito vehicular en cualquier época del año. Dentro de las obras enfocadas al mejoramiento del camino se pueden considerar las siguientes:

- Revestimiento del camino con 20 cm de material friccionante suelto.
- Colocación de carpeta asfáltica.
- Cuneteo del camino en donde se requiera y bombeo partiendo del centro del camino hacia los lados al 2 %.

Respecto a la clasificación de material que se acumule en los costados del camino, éste deberá retirarse por cuadrillas de trabajo destinadas para tal fin.

Por otra parte, los desperfectos que sufra el camino por la formación de baches, serán corregidos con mezcla asfáltica en aquel lugar donde se haya presentado la oquedad o asentamiento.

Los azolves que pudieran presentarse en vados y/o alcantarillas se corregirán, retirando simplemente el material por medio de una cuadrilla destinada para tal actividad. El material depositado que pudiera obstruir la alcantarilla o el vado, siempre que se retire del lugar donde obstaculiza el flujo, deberá colocarse en un punto distante (mínimo 20 m) de las obras hidráulicas mencionadas y escurrimiento abajo (pendiente abajo).

Limpieza y trazo de las áreas del relleno

La limpieza de las áreas destinadas al acondicionamiento para recibir los residuos sólidos, consiste en retirar toda aquella vegetación que interfiera en los trabajos a realizarse para lograr la preparación del sitio.

Con respecto al trazo, éste se realizará colocando ejes temporales auxiliares los cuales se unirán por medio de hilos separados unos 10 o 15 cm de la superficie; siguiendo la dirección de los hilos que unen a los cruceros, se regará calhidra para marcar los límites de la operación. Posteriormente deberán colocarse estacas a cada 10 m; cada estaca corresponderá a un punto de tal forma que las estacas alineadas en conjunto formen una sección topográfica; seguido a lo anterior deberá realizarse una nivelación de perfil a fin de determinar la cota de terreno para cada punto donde se colocó una estaca y así dar las instrucciones necesarias, o bien, indicar las correcciones pertinentes al operador de la maquinaria.

Excavación de la 1ª celda y conformación parcial del camino interno

La primera fase del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente corresponde a una operación que se ejecutará por el método de área. Para dar inicio a la operación se requiere realizar nivelaciones en el terreno a fin de conformar una plantilla.

Drenaje para lixiviados

Para captar y conducir los líquidos percolados y lixiviados que se generen en el relleno sanitario se excavarán drenes (trincheras) de sección triangular, y atracarán en la fosa de lixiviados. Estos drenes serán excavados en el terreno natural y se impermeabilizarán con geomembrana de 1.5 mm. De espesor de polietileno de alta densidad, posteriormente se rellenarán con grava de 1/4" como T.M.A., y una capa de arena de río de 30 cm de espesor promedio; el material friccionante deberá ir envuelto en un geotextil, por lo tanto, éste deberá colocarse antes de la grava. El geotextil a emplearse será del tipo TS-500 o similar.

El método constructivo consistirá primeramente en el trazo de cada plataforma, prosiguiendo con la excavación de las mismas, la cual se hará empleando maquinaria pesada D8 N tractor de cadena marca Caterpillar o similar. Es recomendable realizar un afine en el fondo y los taludes de las trincheras ya que se colocará la geomembrana y sobre ésta el geotextil por lo tanto, con el fin de asegurarles una mayor protección, se considera necesario devastar bordos o protuberancias en las trincheras que puedan propiciar cortes a la membrana o desgarres a la fibra, permitiendo con esto el paso de lixiviados hacia el terreno; siendo esto último, lo que pretende evitarse.

Fosa de almacenamiento de lixiviados

Para la ejecución de la excavación de la fosa para almacenamiento de líquidos lixiviados primeramente deberá trazarse la misma. Para el trazo de la fosa se seguirá un proceso similar al empleado en el trazo de la primer celda en el cual se recomendaron cruceros de madera de los cuales se atarán hilos que servirán como guía para tirar una línea marcada por calhidra. Una vez hecho lo anterior, deberán marcarse en las cuatro esquinas de la fosa, por medio de estacas, los niveles que deberán alcanzarse en la excavación.

Para ejecutar la excavación de la fosa y afinar la superficie excavada en los taludes y en el fondo se empleará maquinaria pesada.

Posterior a los trabajos de excavación, se impermeabilizará la fosa para lixiviados siguiendo la metodología descrita a continuación:

- Una vez que se ha excavado la fosa y se han afinado el fondo y los taludes de la misma, dando las pendientes adecuadas, se procederá con la colocación de un geotextil de polipropileno, no tejido, de fibra continua Poyfeit TS-500 o similar.
- Posterior a la colocación del geotextil, se pondrá una lámina de polietileno de alta densidad HDPE de 2.0 mm (80 milésimas) de espesor o similar. En caso de que se realicen uniones (soldaduras) entre láminas de polietileno, se recomienda que el método a emplearse sea el de termofusión controlada.
- El sistema de fijación de la geomembrana y geotextil consistirá en la excavación de una trinchera perimetral a la fosa de 0.60 m x 0.60 m de sección. El geotextil y la geomembrana pasarán a través de la superficie excavada y posteriormente se rellenará la trinchera, empleando del mismo material producto de la excavación de la fosa.

Construcción del sistema de control pluvial (1a celda)

Con la finalidad de garantizar la operación ininterrumpida del relleno sanitario, deberán establecerse todo tipo de obras que controlen cualquier desavenencia que pudiera presentarse. Tal es el caso de los sistemas para control pluvial. Para la primer celda, consistirá una cuneta excavada perimetralmente de la misma; entre la cuneta y la trinchera se colocará un bordo de material suelto con el fin de proporcionar mayor protección a la trinchera. La cuneta excavada tendrá una pendiente similar a la del terreno es decir, su sección será constante.

Impermeabilización de la 1ª celda

La impermeabilización que se ha propuesto para el sitio que funcionar como Relleno Sanitario Metropolitano Poniente en su primer etapa es de tipo artificial, empleando geomembrana de polietileno de alta densidad de 1.5 mm. De espesor, para la cobertura inicial de 62,000 M2.

Suministro de energía eléctrica al predio

Dentro de la planeación operativa del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente en su primer etapa se tiene contemplada la instalación de ciertos elementos electromecánicos; como son: un compresor, equipo de bombeo, básculas electrónicas, eliminadora, instalaciones eléctricas, etc.

Por lo anterior, se considera necesario dotar al relleno sanitario de energía eléctrica. Dicho suministro considera la introducción de corriente trifásica en alta (220 V) en una longitud de la instalación de la red de 2 km. aproximadamente, a partir del entronque con la carretera a San Cristóbal y el camino de acceso, la instalación de energía comprende la colocación de 4 transformadores de 15 Kva., misma que alimentará a la acometida ubicada dentro de las

instalaciones de lo que será el cobertizo, donde posteriormente será distribuidas a las zonas administrativas, así como continuar para el alumbrado instalado a lo largo del camino principal del relleno, este se establecerá a través de poste de concreto con especificaciones JG-200-03 C.F.E. que se colocaran a cada 50 m. con lámparas de vapor de sodio VEC-OV-15-sodio 250 watts.

Caseta de control, caseta de vigilancia y montaje de báscula

Con el fin de establecer un control sobre los vehículos y personas que entran al relleno sanitario, debe instalarse una caseta en la cual el personal destinado a vigilancia realice sus funciones. Para el caso del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente se ha diseñado una caseta de control y vigilancia de acuerdo a sus necesidades, se recomienda ver lámina L-10A.

Al igual que en el aspecto de vigilancia, debe contarse con instalaciones adecuadas para llevar un control específico sobre la cantidad de residuos que entran al relleno sanitario. Es por ello que debe contarse con una área de control de pesaje, En área de pesaje van los elementos electrónicos que registran el peso de los vehículos que transportan residuos al relleno sanitario, así como algún archivero en el cual se guarden registros y/o expedientes de control.

Respecto al pesaje de los vehículos, éste se realizará empleando dos básculas electrónicas, instaladas en fosas con capacidad de 75 ton c/u., simplemente una cimentación de concreto reforzado. Ver características generales de la bascula y estructura en lamina L-10D.

Cobertizo y áreas administrativas del taller

El cobertizo para resguardo de la maquinaria que se empleará en el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente cubre una superficie total de 360M2, que incluyen dentro de la misma área el estacionamiento para resguardo de la maquinaria pesada, área de fosa de mantenimiento y un área para la mecánica general, así mismo 45 m2, para oficinas administrativas, sanitarios y bodega.

El proceso constructivo para lo anterior comprende lo siguiente:

El desplante para la cimentación será de zapatas aisladas de 1.50 x 1.50 M. reforzado con acero del No 4 (1/2") a cada 15 cm en ambos sentidos en dos capas, tendrá también un dado de una sección de 60 x 60 cm, con varillas del No 6 (3/4"), estribos del No (3/8 ") a cada 20 cm y el concreto que se utilizara será de $F'c=250 \text{ kg/cm}^2$, RN(1) TMA 3/4" y columnas de una sección de 30 x 50 cm con 10 varillas del No 6 (3/4") estribos del No 3 (3/8") a cada 20 cm. a una longitud de 4.50 cm desde el nivel que nos marque en la lamina L-10A.

Esta cimentación soportará una estructura metálica (armadura) tipo Inglesa Howe a base de ángulos iguales de 4 x 4" y 3 x 3" de espesor 5/8" y 3/8" hasta una altura de 6 m. en el centro que forma el parteaguas.

En la lamina L-10 A pueden apreciarse los detalles del cobertizo y taller para resguardo de maquinaria.

Las oficinas administrativas del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente en su primer etapa ocupan una superficie de 45.00 M2, fueron diseñados de acuerdo a los requerimientos administrativos del confinamiento y a la plantilla del personal que laborará en el mismo.

El desplante de las oficinas administrativas se hará sobre losa de cimentación de concreto con una resistencia $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ reforzada con malla 6-6/8-8 en lecho superior ($f_y = 5,000 \text{ kg/cm}^2$)

muros de tabique rojo aplanados con mortero arena-cemento 1:5, castillos 15 x 15 cm con $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ reforzados con armadura electrosoldada 15 x 15-4, losa de cubierta de concreto con una resistencia de 250 kg/cm^2 y armada. Ver lámina L-10 A.

Se ha considerado dentro de las obras que conforman al relleno sanitario, un estacionamiento el cual evitará posibles interrupciones en la vialidad debidas a un parqueo inapropiado. El estacionamiento no representa una inversión considerable ni el sacrificio de un espacio significativo y por el contrario, si ofrece una secuencia vial ininterrumpida, lo cual para el caso de un relleno sanitario es un aspecto importante. El área de estacionamiento ocupa una superficie de 150.00 m². para estacionamiento.

Por otra parte, el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente contará también con un área de servicios. Se ha denominado área de servicios a la superficie destinada para la instalación y/o construcción de algunas obras pequeñas pero importantes en el confinamiento, tales como: cisterna, fosa séptica, murete de acometida, pasillos y andadores.

El área de servicios, cisterna y fosa séptica considerada para las instalaciones del relleno sanitario ocupa una superficie de 60.00 m². Se emplearán los mismos materiales que se recomendaron para las oficinas. Ver Lamina L-10A

La construcción de la fosa séptica y cisterna son el complemento para dotar de servicios de agua tanto en abastecimiento como en saneamiento de la misma.

Colocación de señalamientos viales

Es indispensable que en cualquier relleno sanitario dentro de las vialidades y otras áreas específicas, se cuente con señalamientos a fin de facilitar a los vehículos recolectores del municipio y particulares su tránsito dentro del confinamiento.

Se consideran dos tipos de señalamientos: uno que permita el fácil acceso al relleno sanitario de sección rectangular de 2.5 x 2.20 m y 28 piezas cuadradas con diferentes señalizaciones de 0.60 x 0.60 m. Como se muestra en la lamina L-9 A.

Cerca perimetral

Se considera importante delimitar la superficie destinada a relleno sanitario y aislarla de su entorno con el fin de minimizar impactos al mismo.

Para delimitar las áreas de oficinas y taller se ha contemplado la instalación de un cercado perimetral compuesto en una parte por malla ciclón PVC, calibre 10.5, de 2 m de altura y en otro por postería de concreto con perforaciones para 7 hilos de alambre de púas, en un perímetro de 5020 ML.

El cercado se iniciará con el trazo de linderos, procediendo con la excavación de huecos para el hincado de postes metálicos o de cemento en colado de concreto.

Los postes metálicos son utilizados para soporte de la malla fijándola con 2 hilos de liso calibre 12.5. En la parte superior de la malla (bayoneta) se colocarán tres hilos de alambre de púas.

En el acceso al predio se colocará dos portones (entrada y salida) de dos hojas del mismo material que el empleado para el cercado perimetral. El ancho de cada hoja será de 3.0 m por lo tanto, el ancho del portón será de 6 m.

Instalación de pozos de biogas

Con la finalidad de establecer un control sobre los gases de la materia orgánica presente en los residuos, se instalan sistemas mixtos, activos y pasivos para lograr la eliminación de los gases de una manera ordenada. Los sistemas pasivos consisten en elementos o estructuras a forma de pozos rellenos con material de soporte.

La construcción de pozos para el venteo de biogas se realiza de la siguiente manera: una vez que se ha concluido con alguna etapa del relleno, se procederá a perforar un pozo para tubo 10" que servirá para ademe de 6" ϕ en los residuos hasta una profundidad máxima del 80 % con relación de la capa de residuos, forrado con grava de canto rodado de $\frac{3}{4}$ ".

En la parte superior del pozo (al mismo nivel de la cubierta final) se colocará una caja con muros de ladrillo y loza de concreto de 0.15m de espesor armada con malla. Se colocará tubo de PVC de 6" ϕ , que en la parte superior se rematará con un codo de 90° de PVC. Del mismo diámetro.

La vida útil del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente en su primera parte es de 12 años aproximadamente, distribuidos 143.9 meses en una primera fase; Con respecto a la clausura, ésta tendrá una duración total de 3 meses. La supervisión para llevar un control de conservación de las obras durante el proceso de estabilización del relleno sanitario, así como el monitoreo de biogas y lixiviado tendrán una duración de 20 años; al final de este tiempo se evaluará la necesidad de continuar con dichas acciones estableciéndose el tiempo durante el cual se seguirán aplicando, en caso contrario, se dan por concluidos tanto el monitoreo como la supervisión y con los mismos, la operación del relleno sanitario.

Independientemente del uso o usos que se vayan a dar al terreno, deberán respetarse las etapas de supervisión y monitoreo con el fin de evitar situaciones que propicien riesgos al ambiente.

5.3. DESCRIPCION DE LAS AREAS DEL RELLENO

La primer área disponible en esta etapa del proyecto para la construcción y operación del relleno sanitario del Relleno Metropolitano Poniente, corresponde a la primer fase de la construcción-operación la cual será desarrollada en 1ª etapa. Esta superficie de 5.8 ha.

Procedimientos para la construcción de obras civiles

Camino de acceso

El camino que conduce desde el entronque de la carretera a San Cristobal de la Barranca hasta el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente consiste en un pavimento de empedrado de 2 km de longitud y un área de 18,720 m² de superficie. que aunque reciente y a falta de una construcción y mantenimientos adecuados, presenta serias deficiencias de vialidad, respecto a su compactación y conformación. Por lo anterior, se ha contemplado para el mejoramiento la colocación de una base de 20 cm de espesor promedio de material friccionante compactado al 90 %, prueba estándar PROCTOR y una carpeta asfáltica de 8 cm de espesor promedio.

La secuencia o proceso constructivo a seguirse en esta obra es el que a continuación se menciona. Dado a que el camino ya existe y posee características apropiadas a los requerimientos del proyecto, no se considera el trazo del camino del mismo, pero si una rectificación del mismo por existir en un tramo pendiente fuera de especificación.

Posterior al rastreo se procederá con el cuneteo del camino en ambos costados para lo cual, se empleará también la motoconformadora. El material que resulte del rastreo y cuneteo deberá retirarse del lugar por medio de camiones de volteo, pudiendo ser cargados estos con un cargador frontal de neumáticos, e incluso con una retroexcavadora con cucharón para carga frontal.

Posterior a la construcción de las obras de drenaje se procederá con el revestimiento del camino para lo cual, primeramente se realizará el suministro del material de revestimiento por medio de camiones de volteo los cuales, descargarán el material en 2 partes (aproximadamente el 50% de la carga total en cada parte) en el sitio donde el residente de obra se los indique. Después, la motoconformadora se encargará de tender el material dándole la conformación adecuada, de acuerdo al diseño del camino.

Para complementar el camino principal de acceso se deberá incluir la construcción de un puente que sustituya al existente que se encuentra con deficiencias técnicas, el nuevo puente tendrá una longitud de 30 m. Con un ancho de 9.0 m. Para 2 carriles 375 cada uno. Sobre una loza de concreto armada soportada en 3 nervaduras de concreto, un pilote central y 2 alerones de concreto ciclopeo en los extremos.

Camino interno

Para que un relleno sanitario funcione adecuadamente y cubra los objetivos para los que fue realizado, es imprescindible que cuente con vialidades que permitan el tránsito vehicular en cualquier época del año. En el presente proyecto se toma en cuenta lo anterior para el diseño de los caminos internos; con respecto a la construcción de los mismos, ésta se efectuará de la siguiente manera:

Primeramente para el camino de la primera fase se realizaran cortes sobre el terreno natural empleando un tractor de cadenas modelo D8N Caterpillar o similar, retirando del lugar el material que resulte de dicha actividad; posteriormente, con la retroexcavadora se excavarán cunetas en ambos costados del camino. Después de esto, se compactará la superficie rastreada con un rodillo liso vibratorio, regando la superficie por compactar antes de la compactación, empleando para ello una pipa de 15 m³ de capacidad, con plato quebrachorros. subsecuente a la operación anterior se realizará un escarificado en el camino de 5 cm de profundidad, procediendo después con el suministro, tendido y conformación del material de cubierta. Para garantizar la

calidad del camino interno es necesario que un laboratorio de materiales lleve el control sobre aquellos que se empleen en la construcción del relleno, así como en el grado de compactación el cual debe alcanzar como valor mínimo el 90%, prueba proctor estándar. dentro de las obras de drenaje a realizar en la construcción del camino interno se tiene proyectado obras de drenaje pluviales para desvío de arroyos naturales y temporales.

Dentro de la obra del camino interno se ha considerado el acondicionamiento del área de estacionamiento localizada anexa a las oficinas administrativas. Primeramente hay que realizar el trazo para delimitar el área específica que corresponda. La nivelación de dicha superficie se empleara para cortar un tractor D8N o similar. Posteriormente se retirará a otro sitio el material que resulte de la excavación, Una vez que se le han dado los niveles adecuados al área de estacionamiento, se procederá a suministrar el material friccionante para tenderlo en dicha superficie, conformando una capa de alrededor de 15 cm de espesor en un área de 360 m².

Dentro de la operación del relleno resulta de suma importancia dar mantenimiento a las vialidades; por lo mismo, los caminos internos tendrán una supervisión constante a fin de subsanar cualquier desperfecto que se presente en los mismos. De ninguna manera, una obra relacionada con el mantenimiento y la conservación del camino interno deberá esperar. Es preferible frenar por un momento la operación y dar mantenimiento al camino, que en algún caso extremo, detener la operación ante la necesidad de reconstruir el camino interno como consecuencia de un mal mantenimiento.

Casetas de control y áreas de oficinas administrativas

El proceso constructivo a seguir para la caseta de control, (que se construirá en el acceso al relleno) y de pesaje (que se instalará en medio de las básculas electrónicas)

Primeramente, dentro de las actividades preliminares, para ambas casetas habrá que determinar su área específica, posteriormente una brigada mínima (peón) se encargará de las labores de limpieza, retirando el material que resulte de dicha actividad, seguido a lo anterior se efectuará el trazo y la nivelación del terreno para la posterior edificación, estableciendo ejes y referencias (cruceos). Después de marcados los ejes, se realizarán las excavaciones a mano en cepas, afinando taludes y fondos, el material que resulte de la excavación se retirará en carretilla. Una vez preparado el terreno se colará la losa de cimentación que se armará con malla electrosoldada y se colará con concreto $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$, anclada a la losa irá una dala de desplante de 15 x 20 cm de concreto $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ armada con armadura electrosoldada 15 x 20-4; tanto en la losa como en las dalas, la madera a emplearse en el cimbrado será de tercera. Los muros a colocarse serán de barro rojo recocido de 15 cm de espesor asentado con mortero cemento-arena (1:5) de 1.5 cm de espesor y acabado común; para amarrar muros se colocarán castillos en sitio de sección 15 x 15 cm de concreto $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$, reforzado con armadura electrosoldada 15 x 15-4, empleándose cimbra de tercera para colarlos. (Ver lámina L-10-A).

Lo mencionado hasta aquí, corresponde a preliminares y estructura, siendo ésta última la primordial en cualquier obra de edificación. Enseguida se realizará una breve descripción en lo que se refiere a acabados (albañilería, cancelería, vidriería, cerrajería, pintura, instalación eléctrica y limpieza).

En la parte de albañilería los acabados (escobillado) de banquetas se realizarán empleando lechada de cemento gris; los aplanados en muros y plafones serán pulidos a plana con mortero cemento-arena (1:5) de 1.5 cm de espesor promedio; los emboquillados consistirán en repellidos de 2 cm de espesor empleando mortero cemento-arena (1:5). En la losa al realizarse el aplanado se dejará un gotero.

Posteriormente se instalará la cancelaría para ambas casetas, la cual, consistirá en una puerta de 1.00 x 2.10 m de fierro tubular a base de perfiles comercial y una ventana del mismo material. Después de esto, se colocarán los vidrios que serán de cristal flotado claro de 6 mm de espesor fijándolos con mastique metalset.

Con respecto a la cerrajería para la puerta, se le instalará en el taller en donde se ejecute la hechura de la misma y será una cerradura Phillips 615 D, de sobreponer tipo zaguán, de entrada de pestillo, doble cilindro y perilla de seguridad.

En lo que a instalación eléctrica se refiere se considera el suministro y colocación de centro de carga QO-2 de acuerdo a especificaciones de planos, previo ranurado, ramaleo, cableado; respecto a la salida, se han contemplado apagadores y contactos de acuerdo a especificaciones en el plano, el caso de la caseta de control y vigilancia.

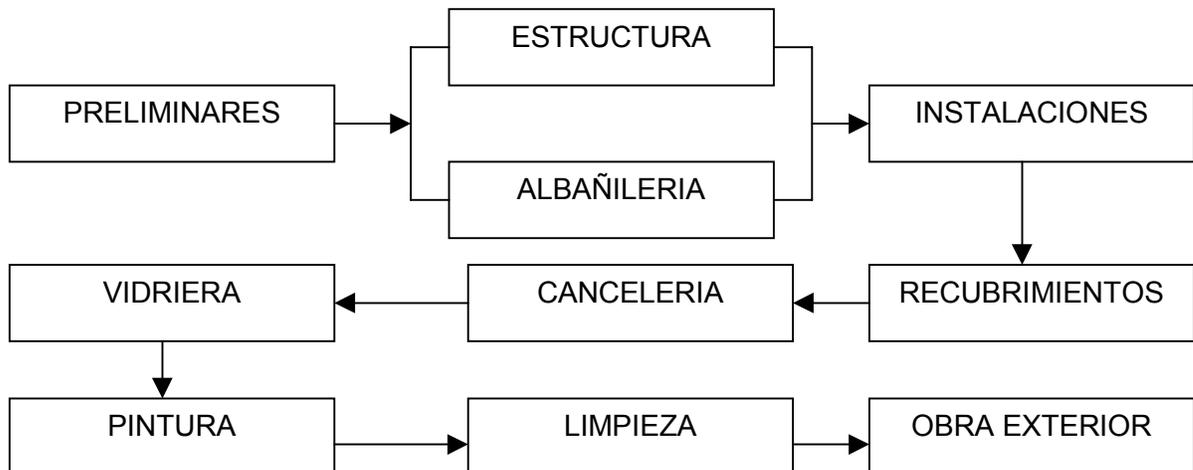
Para el área de control de pesaje se han considerado contactos que incluyan tierra física, la cual consistirá en una barilla de cobre, incada en el sitio de 2.20 m de largo y diámetro de 1/2".

Al concluir con las actividades anteriores se procederá con la pintura para lo cual se considera que ya se han rebatido los muros y plafones con pasta de calhidra y agua. La pintura de muros y plafones será con pintura vinílica e incluye una mano de sellador vinílico marca casther o similar, dos manos de plasticolor Comex pro 1000. La pintura en herrería será de esmalte, incluyendo una mano de primer anticorrosivo Comex esmalte 100 o similar.

Como última actividad a realizarse dentro del concepto de las casetas de vigilancia y control y de pesaje, se tiene contemplada la limpieza que se dividirá en dos partes: la primera consistirá en la limpieza de vidrios por ambas caras empleando detergente en polvo y agua; la segunda se refiere a la limpieza de acabados de cemento en pisos con ácido muriático, con detergente en polvo y agua.

Procedimiento constructivo

El procedimiento constructivo a desarrollarse en la construcción de las oficinas administrativas del relleno sanitario Metropolitano Poniente, será de acuerdo con el siguiente diagrama de flujo.



La descripción de cada una de las partidas generales indicadas en el flujograma anterior sería la siguiente:

- 01 Preliminares
 - limpieza de terreno
 - Cortes y relleno
 - Limpieza y trazo.
 - Excavaciones para estructura: A mano y maquina.
 - Formación y compactación de bases.
 - Cimentación: mamposteria, rellenos y dalas de concreto.

- 02 Estructura
 - Cadenas y castillos
 - Muros y divisiones
 - Zapatas y dados.
 - Trabes y contratrabes.
 - Sistemas de piso: Cimbra y descimbra.
 - Vaciado de concreto.
 - Acero de refuerzo
 - Concreto de diferente resistencia.

- 03 Recubrimientos y acabados
 - Aplanados y embiquillados
 - Piso Soclo y escalones.
 - Rellenos en ladrillados y chaflanes.
 - Impermeabilizantes.

- 04 Instalaciones
 - Hidraulicas en cobre, galvanizado.
 - Suministro y colocación de tinacos.
 - Construcción de fosas sépticas y cisternas.
 - Equipos de bombeo.
 - Muebles de baño y accesorios.
 - Instalaciones sanitarias.
 - Instalaciones eléctricas.

- 05 Canceleria
 - Ventanas de herrería
 - Puertas

- 06 Carpintería
 - Puertas de intercomunicación.
 - Cerrajería.

- 07 Vidrios

- 08 Pintura vinílica y esmaltes.
- 09 Limpieza durante la obra y al finalizar
- 10 Obras exteriores.
 - Cortes y rellenos para caminos de operación
 - Excavaciones para estructuras.
 - Alumbrado.
 - Arbolado.
- 11 Area de pesaje
 - Estructuras y cimentación.
 - Suministro y colocación de báscula
 - Calibración y pruebas.
 - Instalación eléctrica

Dentro de las actividades que integran las obras preliminares se tiene considerada primeramente la limpieza del área donde se realizará la construcción de las oficinas, cobertizo y el área de la fosa para báscula de pesaje, con una superficie de 200.00 m²; el material que resulte de la limpieza deberá retirarse del sitio. Posteriormente, se realizará el trazo y nivelación del terreno para lo cual, se colocarán cruces en las esquinas de la construcción que servirán de apoyo y referencia para establecer los ejes que marcarán los sitios en donde deberán realizarse excavaciones.

Subsecuentemente se realizarán las excavaciones necesarias en cepas, pudiendo ejecutarse estas a mano; debe considerarse dentro de esta actividad realizar el afine de taludes y fondo de las excavaciones; el material que resulte de las mismas deberá colocarse dentro del sitio en un área donde no ocasione transtornos a la construcción, en su defecto, deberá retirarse del terreno.

Seguido a los preliminares se encuentran simultáneamente las actividades referentes a estructura y albañilería. Como la primera contempla la cimentación, se hará referencia primeramente a ella. Dentro de la estructura se contempla una losa de cimentación para las oficinas de 12 cm de espesor reforzado con malla electrosoldada 6-6/8-8, colada con concreto de un $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$; para el cimbrado de la losa y de cualquier otro elemento de concreto colado en el sitio, se empleará madera de tercera. Posteriormente, se colará una dala de desplante de 15x 20 cm de sección reforzada con armadura electrosoldada 15 x 20-4 y vaciado de concreto $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$. Sobre la dala de concreto se despianarán los muros una vez que esta haya fraguado; los muros serán de tabique de barro recocido de 15cm de espesor, junteado con mortero cemento-arena (1:5) de 1.5 cm de espesor. Para amarrar los muros se colocarán castillos de acuerdo a la lamina No L-10A; estos elementos serán de 15 x 15 cm de sección colados en obra con concreto $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ reforzados con armadura electrosoldada 15x15-4. En la parte superior, antes de colocar la cubierta se colocará un elemento horizontal de concreto que funcionará como amarre entre muros y castillos. Consistiendo dicho elemento en una dala de concreto $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$; colada en sitio y reforzada con armadura electrosoldada 15 x 15-4, la sección de la dala será de 15x 15 cm. Posteriormente, se colocará la cubierta, la cual será una losa maciza de concreto colada en el sitio de 10 cm de espesor, con un $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$. Ver lámina L-10A.

La parte referente a la albañilería integra las actividades siguientes, las cuales se ejecutarán como se indica.

Primeramente se considera un fino de cemento para el piso de las oficinas de 3 cm de espesor con mortero cemento-arena (1:5); después se realizará el repellado en plafones y muros, empleando mortero con las mismas características que para el caso anterior. Sobre la cubierta, en la parte exterior se le dará un acabado pulido con impermeabilizante integral (festergral) en mortero cemento-arena (1:5). Posteriormente se realizarán los emboquillados necesarios en muros, empleando mortero de características similares al empleado para el repello. Una vez realizado lo anterior, se colocarán los marcos metálicos para puertas y ventanas amacizándolas con mortero cemento-arena (1:5).

Es conveniente mencionar que antes del repellado es preciso ejecutar las actividades concernientes a instalaciones eléctricas e hidrosanitarias. Dentro de los baños una vez que se tenga el rameleo hidráulico y sanitario se colocarán los inodoros (2 piezas) simultáneamente puede realizarse la colocación de un tñaco vertical con capacidad para 1,100 litros; se colocará después de los inodoros un lavabo Vitromex de color blanco y una llave mezcladora, cespól cromado y soportes sencillos y, simultáneamente puede realizarse la colocación de un botiquín empotrado de 76x76 cm o 35x35 cm amacizado con mortero cemento-arena (1:5); también se colocarán 6 piezas para empotrar en baños. Con respecto al área de oficinas se tendrán las instalaciones eléctricas que incluirán la colocación de un centro de carga QO-2 y las salidas en oficinas y baños con sus respectivos focos, apagadores y contactos; Es importante considerar para las oficinas el hincado de una tierra física la cual consistirá en una varilla maciza de cobre de 2.50 m de profundidad y diámetro de ½".

Por lo que a recubrimientos se refiere; los muros en la ducha de baños por su parte se forrarán con vitroloseta lisa 15x 15 cm Vitromex, asentada con cemento Crest y junteada con cemento blanco. Por otra parte en las puertas y ventanas se colocarán vidrios tipo tapiz de 5 m de espesor fijados con mastique Metalset.

En las puertas de intercomunicación se instarán a la hora de fabricarlas, cerraduras Phillips modelo Torino 6086 o similar.

Una vez realizado lo anterior, se procederá con la pintada de las oficinas en todas aquellas áreas que así lo requieran, siendo el procedimiento a seguir el que se describe a continuación. Primeramente se realizará el rebatido en muros y bóvedas con pasta preparada con agua y calhidra; después se procederá a colocar pintura vinílica incluyendo una mano de sellador vinílico marca Cather y dos manos de pintura vinílica Comex pro 1,000 o similar.

En la herrería se pintará con 2 manos de esmalte, posterior a la preparación de los elementos a pintarse, la cual se realizará con una mano de primer anticorrosivo Comex. La actividad secuente a las anteriores es la limpieza, la cual se realizará de la siguiente manera: para materiales con acabado vidriado (loseta) como lambrines, se utilizará ácido muniático, detergente en polvo y agua; la limpieza de inmuebles sanitario y accesorios de baño se realizará de igual forma que lo anterior; los vidrios se limpiarán por ambas caras con detergente en polvo y agua; por último, los acabados de cemento en piso se limpiarán con ácido muriático, detergente en polvo y agua.

Dentro del concepto de oficinas administrativas se han contemplado algunas obras exteriores las cuales se mencionan a continuación. Se ha contemplado la construcción de un registro de 40 x 60 x 100 cm a base de muro de tabique con acabado pulido interior, fondo y tapa de concreto. A partir del registro se colocará tubería de PVC sanitaria simple de 15 cm de diámetro, pegado con pegamento para PVC; hasta alcanzar el tanque séptico, para el cual se tiene la siguiente descripción: será un tanque con capacidad de 10,000 lts construido con muros de

concreto reforzados con varillas de acero. con acabado pulido; los muros se amarrarán con castillos de concreto $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ de $15 \times 15 \text{ cm}$ de sección reforzados con armadura electrosoldada $15 \times 15-4$. Para el desplante y cerramiento de los muros se colocará una dala de concreto con $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ reforzado con armadura electrosoldada $15 \times 20-4$; la sección de la dala será $15 \times 20 \text{ cm}$. Tanto el fondo del tanque séptico como la tapa, serán de concreto armado colado en sitio con $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$.

Cobertizo para resguardo de maquinaria

Así como en el concepto anterior, en la construcción del cobertizo para resguardo de maquinaria se dará inicio con las actividades preliminares, las cuales consistirán primeramente en la limpieza de terreno y desenraice a mano de la maleza existente; posteriormente se realizará el trazo y nivelación estableciendo ejes y referencias; seguido a esto, se continuará con las excavaciones a mano en cepas, incluyendo el afine de taludes y fondo; en las partes en donde así se requiera se realizarán rellenos (como en el caso de zapatas) empleando pizón de mano o bailarina para compactados, el material para relleno será el mismo que resultó de la excavación y se colocará en capas no mayores a 20 cm a las cuales, se les agregará agua para lograr una compactación adecuada; los excedentes de material producto de las excavaciones deberán retirarse empleándose para ello carretilla cuando el lugar a depositar el material sea dentro de la superficie que comprenderá el relleno sanitario, en caso contrario, se empleará camión de volteo para sacar el material del sitio.

Seguido a los preliminares se han contemplado las actividades de albañilería, empezando primeramente por la colocación de una plantilla para recibir zapatas, empleando concreto simple con un $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ con T.M.A. de 19 mm , elaborado en el sitio, posteriormente se armarán las zapatas y dados; para las primeras el armado se realizará empleando varillas del No 4 ($3/4''$), en forma de parrilla armada a cada 15 cm , en ambos sentidos en dos capas. Las dimensiones finales de la zapata serán $1.50 \times 1.50 \times 0.40 \text{ m}$ de espesor aproximado, colada con concreto elaborado en el lugar con un $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$; los dados por su parte, se armarán con 6 varillas con $1''$ de diámetro, estribos del No 3 ($3/8''$) a cada 20 cm . para conformar una sección ya vaciada de $0.60 \times 0.60 \text{ m}$, colándola con concreto de la misma resistencia que el empleado para las zapatas. La cimbra que se utilice para las zapatas y los dados consistirá en madera de tercera. la columna que parte desde la base de la zapata tendrá una sección de $0.50 \times 0.30 \text{ m}$. Con 10 varillas del No 6 ($3/4''$) estribos del No 3 ($3/8''$) a cada 20 cm . y concreto $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$.

Con respecto a la estructura, esta consistirá en elementos de acero, ángulos de lados iguales de $4 \times 4 \times 5/8''$ en cuerdas superiores e inferiores y ángulos de $3 \times 3 \times 3/8''$ ver lámina L-10B. Para controlar el agua de lluvia que caiga sobre la cubierta del cobertizo se colocará un canalón de lámina negra calibre 12.

En lo que se refiere a instalaciones, en el cobertizo se tiene contemplada la eléctrica principiando por la colocación de un centro de carga QO-4 y el tablero de control.

A la conducción y protección del cableado se empleará tubo conduit PG; para las salidas se emplearán contactos aterrizados y un apagador, se colocará un contacto trifásico de baquelita con conexión a tierra (varilla coperweil). De 250 m de longitud por $1/2''$, El alumbrado en el cobertizo será empleando lámparas fluorescentes Slim-line $2 \times 40 \text{ watts}$.

Por último, se procederá con la pintura la cual será con esmalte, dos manos de amarillo Caterpillar, sobre las dos capas de primer anticorrosivo.

Incluida en el cobertizo irá una fosa para dar servicio y mantenimiento a la maquinaria, la fosa quedará ubicada según se indica en lamina No L-10A y su proceso constructivo es el que a continuación se describe.

Se realizará el trazo del área en donde quedará la fosa, así como la nivelación del mismo; posteriormente se procederá con la excavación hasta una profundidad de acuerdo como lo muestra en la lamina No L-10A, el material que resulte de la excavación deberá retirarse del lugar, empleándose para ello un camión de volteo de 15 m³ de capacidad. Después, en el fondo de la fosa se colocará una plantilla de concreto simple de 5 cm de espesor con un $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ empleando material de 19 mm como T.M.A.; sobre la plantilla se colará en sitio una losa y muros de concreto $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ de 20 cm de espesor reforzado con varilla de acero, ver lámina. P-10.

La cimbra a emplearse consistirá en madera de tercera. Los muros de concreto serán repellados con mezcla de mortero cemento-arena (1:5) de 1.5 cm de espesor promedio.

Para descender a la fosa se forjarán escalones de 0.30 x 0.25 m (Ver lámina L-10A) a base de rampa de concreto $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ de 10 cm de espesor, reforzada con varilla del No 3 (3/8") a cada 15 cm. En la fosa se contará con un sistema hidráulico que consistirá en un canal pequeño forjado en el concreto, el cual conducirá líquidos hasta un pequeño depósito de donde posteriormente serán retirados y dispuestos de manera final en el relleno sanitario, debido a que contendrá porcentajes considerables de grasas y aceites.

Fosa para lixiviados

Para la realización de la fosa para lixiviados será de la siguiente manera:

Una vez que ya se han realizado las excavaciones se procederá al afine de los taludes y el fondo de la fosa retirando a la vez del lugar el material que resulte de dicha actividad y a la vez, se removerán y retirarán del área a impermeabilizar cualquier elemento punzocortante que pudiera cizallar o cortar el geotextil y la geomembrana, siendo estos los elementos a emplearse en la impermeabilización. Después de preparar el sitio se colocará un geotextil Ts-500 (Trevira Spunbond ó similar) de polipropileno no tejido tanto en el fondo como en los taludes, dejando perimetralmente un tramo de 3.0 m de ancho para el anclaje. Sobre el geotextil se colocará una geomembrana de polietileno de alta densidad de 60 milésimas (1.5 mm) de espesor; en caso de que se realicen uniones en la membrana estas se realizarán a través de la soldadura la cual, consistirá en un proceso de termofusión empleando mouse, Al igual que el geotextil, la membrana tendrá una franja perimetral excedente para la fijación de la misma por medio de una trinchera perimetral según lo indica. Es recomendable que la impermeabilización de la fosa sea subcontratada con alguna empresa con amplia experiencia en el ramo, la cual garantice el trabajo y lleve un control de calidad (supervisión) estricto en sus actividades. En caso de que se realicen soldaduras, deberán checarsse el 100% de ellas ante el responsable (residente) de la construcción del relleno sanitario.
(ver lamina L-10C)

Obras complementarias

Como en cualquier otra obra, en un relleno sanitario existen conceptos de obra por construirse de los cuales no depende el funcionamiento del relleno; sin embargo, forman parte de manera complementaria de una serie de acciones que en conjunto permiten mantener un buen funcionamiento y una buena imagen en el confinamiento. Para tales acciones se realizan a continuación las descripciones para su construcción.

Cerca perimetral

Se ha considerado con el fin de delimitar al predio, la colocación de un cercado mixto, compuesto de la siguiente manera: se colocará malla ciclónica galvanizada en un perímetro de 2,988 m y malla ciclónica de PVC en un perímetro de 350 ML para circular el área del lindero que ocupa las oficinas administrativas, cobertizo y la báscula de pesaje.

Respecto al proceso constructivo, para la malla iniciará con el trazo de los linderos, procediendo con la excavación en cepas para el colado de mojoneras e hincado de postes utilizados para sujetar la malla y los tensores de liso calibre 12.5 que rigidizarán a la tela; en la parte superior del cercado se tendrá una bayoneta a través de la cual pasarán 3 hilos de alambre de púas. En el acceso al predio (parte norte) se instalará un portón a dos hojas del mismo material de sección 6.00 x 2.00. La longitud total del cercado de malla ciclón será 3338 ML.

Esta actividad también podrá subcontratarse con alguna empresa que tenga experiencia en la colocación de cercados, en algunas ocasiones la misma casa que vende el cercado, puede también realizar la instalación de la misma.

Cortina arbórea perimetral

Como medida de amortiguamiento deberá colocarse una cortina arbórea en todos los linderos del terreno. La cortina se plantará a tresbolillo y estará integrado por árboles pinos y robles; la separación entre uno y otro árbol será de 3 m. La longitud total de la cortina será de 5020 ml y el proceso de plantación de los árboles será el siguiente.

Primeramente se realizará la ubicación de puntos donde se plantarán árboles con una altura mínima de 1 m (12-18 meses de edad) para asegurar su supervivencia. Es importante realizar un riego de árboles cuando menos 1 vez al día. En el caso de que algunos árboles no se adaptaran al sitio, deberán sustituirse por otros de tal forma que exista continuidad en la cortina, el total de árboles será de 1000 Pinos y 674 Robles.

Drenes para control pluvial

Para establecer un control pluvial en el área del relleno, se han diseñado drenes excavados en el terreno natural. Para el diseño de estos sistemas se han tomado en cuenta determinadas consideraciones tales como: área de aportación pendiente arriba de la superficie destinada a relleno sanitario en su primer etapa; registros estadísticos de precipitaciones de estaciones climatológicas próximas al sitio "Picachos"; características del suelo en la zona donde se localiza el predio (coeficiente de escurrimiento y pendiente media en el sitio); así como algunos datos de menor importancia. ver lamina L-9A

Caseta para líquidos líxiviados

Para protección del equipo de bombeo a utilizarse en la primera etapa del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente será necesario construir una caseta, adecuada a los requerimientos marcados por las dimensiones y características del equipo.

La descripción del proceso constructivo a seguir para la instalación de la caseta es como a continuación se menciona. Primeramente se iniciará con la ubicación del sitio donde se realizará

la construcción, después se efectuará la limpieza del lugar y secuentemente se continuará con la excavación, la cual se ejecutará a mano. El material que resulte de la excavación podrá colocarse en algún lugar próximo ya que por ser un volúmen reducido, no ofrecerá problemas respecto a su manejo y disposición.

Una vez que se ha preparado el lugar se dará inicio a la edificación, la cual contempla primeramente una losa de cimentación de concreto con una resistencia de 150 kg/cm² reforzado con malla ciclónica 6-6/4-4; después, se procederá con la construcción de muros que se realizará empleando tabique rojo de barro cocido unido con mortero cemento-arena (1:5), con juntas de 15 cm de espesor. Posteriormente, para amarrar los muros se colarán en las esquinas castillos de 15 x 15 de sección, empleando concreto f'c=150kg/cm² reforzado con armadura electrosoldada 15 x 15-4. Secuentemente, una vez fraguados los castillos se procederá a la construcción de la cubierta de la caseta la cual, será a base de concreto armado de 10 cm de espesor con una f'c=200 kg/cm² y refuerzo de malla electrosoldada 6-6/4-4. Una vez realizado lo anterior, se colocará una reja en la parte sur de la caseta.

Con respecto a los acabados, serán de tipo común empleando mortero cemento-arena (1:5) para repellar muros y plafón. Finalmente, se procederá con la limpieza para concluir la construcción de la caseta para protección del equipo para bombear lixiviados.

Señalamientos viales

Respecto a los señalamientos viales considerados para facilitar el flujo vehicular en el relleno sanitario y la operación del mismo; el proceso constructivo es muy obvio y por lo tanto simple, lo más importante es determinar la ubicación correcta para la colocación de los señalamientos. En el desarrollo del proyecto se realizó un diseño de los señalamientos considerados más importantes (ver lámina L-9A) puede verse el sitio donde deberán instalarse. Cabe mencionar que estos señalamientos considerados para la primera etapa del relleno no forman en conjunto un grupo restringido, es decir, se pueden implementar tantos señalamientos como se considere necesario.

Para la colocación de los señalamientos deberán excavar se huecos de 30 cm de diámetro por 40 cm de profundidad; una vez realizada la excavación se colocará el postigo o pedestal sobre el que se está apoyando el señalamiento. Para fijado se colocará en el orificio en donde se encuentra la base del apoyo para el señalamiento, concreto simple con una f'c = 150 kg/cm².

Instalación de pozos de biogas

Con la finalidad de establecer un control sobre los gases que se generen en el proceso de putrefacción de la materia orgánica presente en los residuos, se instalará un sistema mixto, activo y pasivo para lograr la evacuación de los gases de una manera ordenada. ambos sistemas consisten en elementos o estructuras a forma de pozos rellenos con material de soporte.

La construcción de pozos para el venteo de biogas se realiza de la siguiente manera: una vez que se ha concluido con alguna etapa del relleno, se procederá a perforar un pozo para colocar tubería de PVC, de 10" que funcionara como ademe y en su interior llevara un tuvo de PVC de 6" de ϕ , entre los dos tubos se rellenara con grava de canto rodado, hasta $\frac{3}{4}$ " de diámetro TMA.

En la parte superior del pozo (al mismo nivel de la cubierta final) se colocará una plancha de concreto de 0.08 m de espesor armada con malla. Dicha plancha de concreto funcionará como tapa y tendrá un orificio en la parte central donde quedará empotrado un codo de PVC de 90° por 6"φ, a forma de cuello de ganso.

La vida útil del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente en su primera parte es de 12 años, distribuidos 143.9 meses en una primera fase; Con respecto a la clausura, ésta tendrá una duración total de 3 meses. La supervisión para llevar un control de conservación de las obras durante el proceso de estabilización del relleno sanitario, así como el monitoreo de biogas y lixiviado tendrán una duración de 20 años; al final de este tiempo se evaluará la necesidad de continuar con dichas acciones estableciéndose el tiempo durante el cual se seguirán aplicando, en caso contrario, se dan por concluidos tanto el monitoreo como la supervisión y con los mismos, la operación del relleno sanitario.

Independientemente del uso o usos que se vayan a dar al terreno, deberán respetarse las etapas de supervisión y monitoreo con el fin de evitar situaciones que propicien riesgos al ambiente.

El número de pozos por hectárea será de 1.7 en promedio, de acuerdo a la configuración del predio. Ver lámina L-8.

Procedimiento para el confinamiento de los residuos

Como ya se ha mencionado el proceso operativo para la primera etapa del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente será de área, iniciando con excavaciones en la parte sureste del terreno actualmente disponible debido a que el terreno natural actual así lo requiere.

El proceso constructivo de las celdas diarias será el siguiente:

1. Al llegar un vehículo recolector del municipio o particular al relleno sanitario, se detendrá frente a la caseta de control y vigilancia para que la persona destinada a la tarea de inspeccionar vehículos, personas y residuos que entran al confinamiento realice sus funciones. Posteriormente, el vehículo pasará a la báscula en donde el pesador tomará el registro del peso del camión con residuos.

En seguida el vehículo pasará al frente de trabajo, en donde, el controlador del frente de trabajo le indicará el lugar donde deban descargarse los residuos. Después de la descarga de los residuos el vehículo se retirará del frente de trabajo para dar oportunidad a que la maquinaria empleada realice las funciones de bandeado y compactación. La compactación de los residuos para lograr el peso volumétrico pretendido se alcanzará será de tres a cinco pasadas de la maquinaria.

Se considera de suma importancia en la conformación de la celda diaria respetar las siguientes recomendaciones:

- El número máximo de vehículos que podrán descargar sus residuos a la vez en el frente de trabajo, será igual a 17.
- Para el bardeo de los residuos, la maquinaria empleada los extenderá formando una capa de un espesor máximo aproximado de 0.60 m. Posteriormente, los compactará

realizando cuatro pasadas como mínimo por cada bandeó, las cuales, puede ser; dos en un sentido y las otras dos en un sentido transversal.

Los vehículos recolectores jamás deberán permanecer en el frente de trabajo más tiempo el que requieran para realizar las labores relacionadas con la descarga de residuos. La maquinaria por su parte, realizará la conformación de la celda diaria por etapas, es decir, permitirá la descarga de residuos por parte de un determinado número de unidades recolectoras, considerando que el volumen de residuos sea el suficiente para realizar el bandeó y compactación de cuando menos dos capas de 0.60 m cada una, para un área igual a la considerada en el diseño de celdas para ese entonces. En la tabla no pueden apreciarse las dimensiones calculadas para celdas en la primera etapa de construcción-operación del relleno sanitario Metropolitano Poniente.

Año	Volumen Residuos m3/día	Volumen material de cubierta m3/día	Volumen de material De cubierta + residuos Por día m3/día.	Dimensiones de la celda		
				ancho	alto	Largo
2000	1308	51	1.359	11	3,85	31,0
2001	1356	54	1.410	11	3,85	32,5
2002	1408	55	1.463	11	3,85	33,5
2003	1462	58	1.520	11	3,85	35,0
2004	1518	59	1.577	11	3,85	36,0
2005	1576	62	1.638	11	3,85	37,5
2006	1638	64	1.702	11	3,85	39,0
2007	1702	67	1.769	11	3,85	40,5
2008	1769	69	1.838	11	3,85	42,0
2009	1839	72	1.911	11	3,85	43,5
2010	1912	75	1.987	11	3,85	45,5
2011	1990	77	2.067	11	3,85	47,0

Finalmente al concluirse la primera etapa para la construcción-operación del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente se tendrá una conformación geométrica similar a la que se muestra en la lamina L-2.

Descripción de maquinaria y programa de mantenimiento preventivo

Con la finalidad de que la construcción del relleno sanitario y las operaciones que implica esta obra de ingeniería, se realicen en forma adecuada y óptima es imprescindible, además de contar con la maquinaria adecuada, llevar a cabo un programa de mantenimiento preventivo y/o correctivo de dicha maquinaria.

A continuación se presentará una breve descripción de la maquinaria que se utilizará en la construcción del relleno sanitario y posteriormente el programa de mantenimiento para la misma.

Descripción de la maquinaria a utilizar en la construcción del relleno sanitario

Tractor de cadenas Cat. D8N. O equivalente

Utilizado para desmonte, despalme, corte y sobreacarreos de material de desperdicio.

- Motoniveladora Cat. 130 G. O Equivalente

Para realizar trabajos de rastreo, acamellonamiento, conformación y nivelación de material para terraplén y/o material de revestimiento.

- Camión de volteo

Para efectuar el acarreo de materiales necesarios para la construcción se requiere un camión de volteo de 7 M3 de capacidad y 171 H.p. de potencia, Motor diesel de cualquier marca.

- Compactador de suelos 815B o equivalente

Esta maquina realizara labores de compactación del suelo en las fases de preparación del suelo para impermeabilizarlo, de compactación del material de protección y de drenaje.

- Camión Pipa

Camión Pipa FAMSA, motor Mercedes diesel de 170 H.p. incluye tanque de 15 m3 de capacidad; necesario durante la compactación del material para terraplén.

- Cargador de Neumáticos Cat. 960F o equivalente

Realiza carga, acarreo y acomodo de material producto de excavación.

Compactador de ruedas de acero 826 C o equivalente

Realiza esparcido, compactado y cobertura de residuos sólidos, es la maquina mas ágil y rápida y logra mayores densidades de compactación.

Retroexcavadora 426 B o equivalente.

Realiza excavaciones de trincheras, cunetéos y carga de materiales

Compactador sobre neumáticos 824 C o equivalente

Realiza el acomodamiento y compactado del material de base y de protección para la colocación de la geomembrana y geotextiles.

Mantenimiento: se deberá realizar de acuerdo a los manuales de mantenimiento del fabricante.

5.4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PERSONAL

La construcción, operación, control y mantenimiento del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente exige la necesidad de una plantilla de personal estructurado de tal manera que exista una coordinación de funciones y actividades deseadas para que el relleno opere eficientemente.

La cantidad de personal que labore en el sitio variará de acuerdo con la magnitud de los trabajos realizados en un momento determinado de la obra. Es decir, durante la etapa de construcción del relleno sanitario (conformación de la primera plataforma e infraestructura general) laborará una plantilla de trabajo diferente a la que operará el relleno una vez iniciado las actividades.

A continuación se describen el número y puesto de personas requeridas para la operación del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente.

Requerimiento de Personal

Puesto	Total
Residente General	1
Auxiliar Administrativo	1
Coordinador Operativo	1
Secretaria	1
Básculista	1
Analista	1
Chofer de camioneta.	1
Mecánico	2
Ayudante de maquinaria pesada	1
Operador de Maquinaria	5
Chofer de volteo	4
Auxiliar de chofer	1
Acomodador	1
Chegador de material de cobertura	1
Chegador de Maquinaria	1
Velador	1
Vigilante	2
Almacenista	1
Topógrafo	1
Cuadrilla de topografía	2
Brigada de limpieza	4
TOTAL	34

Las características generales del personal que operará el relleno sanitario será las siguientes:

PUESTO: RESIDENTE GENERAL

ACTIVIDAD. Es quien verifica en forma coordinada las diversas operaciones para el funcionamiento, conservación, mantenimiento y conclusión del relleno sanitario; asume las funciones técnico-administrativas de recibir órdenes, ordenar, ejecutar, controlar, concentrar información y elaborar informes.

FUNCION. Técnico especializado directamente responsable del relleno sanitario; debe establecer la planeación, programación, observar su avance, comportamiento, tomando las medidas necesarias para la conservación, mantenimiento y operación del mismo.

Programar, organizar y controlar las actividades que desarrollan las diferentes áreas del relleno sanitario, conforme a los objetivos, políticas y programas establecidos por la dirección.

Planear con el coordinador operativo y el topógrafo la forma en que deberán realizarse las operaciones en el frente de trabajo y en las actividades de cobertura en el relleno sanitario, con base en la información proporcionados por el Auxiliar administrativo.

Coordinar y controlar para que el coordinador operativo efectúe las operaciones de acomodo, descarga, extendido, compactación y cobertura de los residuos sólidos en las celdas programadas.

Coordinar y controlar que el auxiliar administrativo le proporcione información oportuna y confiable de las operaciones efectuadas en la operación del relleno sanitario.

Coordinar y controlar que el encargado de sistemas le proporcione información oportuna y confiable de las operaciones efectuadas en la operación del relleno sanitario.

Coordinar y controlar que el topógrafo realice los estudios necesarios para la determinación de los avances en la operación del relleno sanitario.

Coordinar y controlar el cumplimiento de las normas y políticas establecidas en la administración del personal del relleno.

Coordinar y controlar las actividades de la secretaria para que proporcione apoyo eficiente a las diferentes áreas del relleno sanitario.

Realizar anualmente la programación de la operación del relleno sanitario.

Proporcionar información oportuna y confiable a supervisores en relación a la operación del relleno sanitario, así como realizar los estudios (volúmenes de residuos sólidos y de material de cobertura y otros reportes específicos relacionados con el avance de la obra) solicitados por los mismos.

Enviar los informes programados y establecidos por su superior.

PUESTO: COORDINADOR OPERATIVO

ACTIVIDAD. Es el trabajador que coordina y controla las operaciones de descarga y de cobertura de residuos sólidos en el relleno sanitario.

FUNCION. Supervisar que se realicen las operaciones de descarga y cobertura de residuos sólidos de acuerdo a lo establecido.

Coordinar y controlar a todo el personal que se encuentre en la zona de operaciones utilice el equipo de seguridad asignado para la realización de sus labores.

Coordinar el uso de la maquinaria pesada, así como la distribución de materiales de cobertura para la realización de las operaciones en el relleno sanitario.

Supervisar que la información proporcionada al auxiliar administrativo en relación a las operaciones de descarga de los residuos sólidos en el relleno, sea oportuna.

Supervisar que los caminos y accesos a la zona de tiro se encuentren en condiciones óptimas para la operación del relleno.

Realizar las demás funciones inherentes al puesto que le sean encomendadas por el residente.

PUESTO: CHECADOR DE MATERIAL DE COBERTURA

ACTIVIDAD. Proporcionar información referente a los vehículos con materiales de cobertura que entran al relleno sanitario.

FUNCION. Registrar la hora de entrada y salida, el número de placas, tipo de material, la cubicación y la zona de relleno sanitario a la cual debe dirigirse el vehículo, así como recoger el vale que le entrega el chofer.

Verificar el contenido de los vehículos que ingresan con material de cobertura al relleno sanitario.

Registrar el número de placas, la hora de entrada y salida, el tipo de material y la cubicación.

Entregar diariamente al área de sistemas las bitácoras con los registros de ingreso de materiales de cobertura.

Realizar las demás funciones inherentes al puesto que le sean encomendadas por el coordinador de operaciones y el área de sistemas.

PUESTO: ACOMODADOR

ACTIVIDAD. Apoyar en las maniobras de descarga de residuos sólidos y de materiales de cobertura a los choferes de los vehículos de acuerdo a lo planeado.

FUNCION. Indicar a los choferes y a los operadores de maquinaria el lugar de las celdas donde deberán descargar los residuos sólidos y materiales de cobertura.

Reportar a los choferes con sobrestante de operaciones cuando no efectúen las operaciones de descarga de acuerdo a sus indicaciones.

Realizar las demás funciones inherentes al puesto que le sean encomendadas por el coordinador de operaciones.

PUESTO: TOPOGRAFO

ACTIVIDAD. Planear, organizar, integrar, dirigir, y controlar la realización de los estudios topográficos del relleno sanitario.

FUNCION. Planear con el residente y coordinador de operaciones la forma en que deberán realizarse las operaciones de descarga de los residuos sólidos y de material de cobertura en el relleno sanitario con base en la información proporcionada por el área de sistemas a la residencia.

Coordinar y controlar la realización de los estudios topográficos necesarios para la determinación de los avances en la operación del relleno sanitario. Con base a la información proporcionada por el ayudante del topógrafo.

Coordinar y controlar la realización de los estudios topográficos para la operación futura del relleno sanitario.

Supervisar y controlar las actividades realizadas por los ayudantes de topógrafo.

Solicitar el apoyo a la secretaría para la mecanografía de los informes elaborados en el área.

Proporcionar información oportuna y confiable al residente en relación a la operación del relleno sanitario, así como realizar los estudios solicitados por el mismo.

Realizar las demás funciones inherentes a su puesto que le sean encomendadas por el residente.

PUESTO: CUADRILLA DE TOPOGRAFIA

ACTIVIDAD. Son los auxiliares del topógrafo para realizar nivelaciones, colocación de estacas y monumentos dentro del relleno sanitario.

FUNCION. Utilizan equipo de apoyo para el área de topografía en nivelaciones y levantamientos topográficos.

PUESTO: OPERADOR DE MAQUINARIA PESADA

ACTIVIDAD. Realizar las actividades de excavación, empuje, acomodo y compactación de los residuos sólidos y materiales de cobertura en el relleno sanitario, además de operar los controles procede a mover tierra, desmontar, excavar canales, nivelar terrenos y otras obras semejantes en la construcción de caminos, construcción de bordos, demoliciones, trabajos similares. Puede realizar pequeñas reparaciones a la máquina o reportarla para mantenimiento y reparación.

FUNCION. Este trabajador es parte fundamental en la operación del relleno sanitario de acuerdo al método de operación seleccionado ya que inicialmente realizará la preparación de la base conforme a los niveles de desplante del proyecto realizado, extendiendo o compactando el área por utilizar y con el equipo mecánico correspondiente.

Revisar el adecuado funcionamiento de la maquinaria pesada.

Realizar la operación de la maquinaria pesada para efectuar las tareas del relleno sanitario.

Realizar, en su caso, el empuje de los residuos sólidos en las celdas del relleno sanitario con la maquinaria pesada adecuada.

Operar la maquinaria pesada para realizar las tareas de compactación de los residuos sólidos.

Realizar, en su caso, las tareas de cobertura de residuos sólidos con el material de cobertura y la maquinaria pesada adecuada.

Informar a los checadores de maquinaria y al coordinador de operaciones las fallas detectadas en la maquinaria.

Realizar las demás funciones inherentes al puesto que le sean encomendadas por el coordinador de operaciones.

PUESTO: CHECADOR DE MAQUINARIA

ACTIVIDAD. Llevar el control de tiempos y movimientos de la maquinaria pesada utilizada en la operación del relleno sanitario.

FUNCION. Registrar hora de inicio y terminación de operaciones de todas y cada una de las maquinas utilizadas en la operación.

Registrar tiempos muertos por desperfectos mecánicos u otros.

Entregar diariamente bajo los formatos establecidos o bitácora, los informes relativos a cada maquina al área de sistemas.

PUESTO: CHOFER DE CAMION DE VOLTEO

ACTIVIDAD. Es el trabajador que opera un camión de volteo para el transporte de materiales geológicos, térreos y/o de construcción. Verifica el funcionamiento del vehículo y lo conduce hasta el sitio de carga de material de cubierta para después, una vez cargado, llevarlo hasta el frente de trabajo, donde lo descargará, previa indicación del controlador del frente de trabajo. Este trabajador deberá tener el tipo de licencia correspondiente que lo acrediten como calificado para conducir este tipo de vehículo. Puede realizar algunas reparaciones al vehículo, reportarlo o conducirlo al taller mecánico para su reparación.

FUNCION. Está encargado de abastecer al frente de trabajo del material de cubierta que se requiera en el transcurso de una jornada.

También podrá transportar materiales geológicos y/o de construcción para realizar reparaciones en caminos o alguna obra de infraestructura del relleno sanitario.

Revisar el funcionamiento del vehículo y reportar, en su caso, los desperfectos al coordinador operativo.

Abastecer al vehículo con los materiales de cobertura.

Apoyar actividades encomendadas de acuerdo a las instrucciones del coordinador de operaciones.

Recabar los vales correspondientes al checador de materiales de cobertura y entregarlo al coordinador de operaciones al termino de su jornada.

Realizar las operaciones de descarga en el lugar indicado por el acomodador.

Mantener aseado y engrasado el vehículo.

Efectuar reparaciones menores o elementales al vehículo en caso de desperfecto en tránsito.

PUESTO: CHOFER DE CAMIONETA

ACTIVIDAD. Es el trabajador que opera una camioneta para el transporte de carga. Verifica el funcionamiento del vehículo y lo conduce hasta el lugar donde recoge la carga, opera la camioneta hasta su destino, donde entrega correcta la carga, y presenta la documentación que la ampara. Este trabajador deberá tener el tipo de licencia correspondiente que lo acrediten como calificado para conducir esta clase de

vehículo. Puede realizar pequeñas reparaciones al vehículo, reportarlo y/o conducirlo al taller mecánico para su reparación.

FUNCION. Está encargado de abastecer de combustibles, refacciones, aceites y agua para la operación y mantenimiento del equipo mecánico.

También podrá transportar al personal que trabaje en el relleno desde algún lugar específico hasta la zona de trabajo; desarrollará actividades complementarias de mensajero.

PUESTO: AUXILIAR DE CHOFER

ACTIVIDAD. Ejecuta labores de lubricación, limpieza y mantenimiento de los camiones volteos, auxiliándose de herramientas propias para el oficio.

FUNCION. Dentro de la operación del relleno auxilia a los choferes para la dotación de lubricantes agua, grasa, etc. O ajustar alguna parte mecánica o hidráulica.

PUESTO: ANALISTA

ACTIVIDAD. Proporcionar información referente a los vehículos que ingresan al relleno sanitario.

FUNCION. Supervisar que la información proporcionada por los checadores de entrada y salida de vehículos, de materiales de cobertura y de pipas, sea confiable y oportuna.

Mantener actualizada diariamente la bitácora de ingresos de vehículos con base en la información proporcionada por los checadores.

Proporcionar la información contenida en la bitácora al analista administrativo.

Elaborar y entregar al encargado administrativo la relación con el número de vales correspondientes al material de cobertura que ingresan al relleno sanitario.

Realizar las demás funciones inherentes a su puesto que sean encomendadas por el auxiliar administrativo.

PUESTO: SECRETARIA

ACTIVIDAD. Es la persona que reproduce a máquina o en computadora escritos, impresos o grabaciones, transcribe cartas, escritos y otro tipo de documentos. Maneja el archivo, lleva registros y puede realizar otras labores de oficina.

FUNCION. Este trabajador permanecerá en la oficina del relleno sanitario, actuará como apoyo administrativo del residente, coordinador y auxiliar administrativo. será la encargada de archivar todo lo relativo al costo, funcionamiento, información técnica y administrativa del relleno, así como contestar toda la correspondencia relativa al relleno sanitario.

Archivar y controlar todo tipo de escritos, memorias, oficios, informes, documentos y facturas que deban permanecer en las oficinas del relleno.

Atender a los visitantes autorizados al relleno sanitario.

Distribuir la correspondencia recibida en el relleno.

Solicitar al área de adquisiciones la papelería de artículos de oficina requeridos para la realización de las actividades del relleno sanitario.

Realizar las demás funciones inherentes al puesto que le sean encomendadas por el residente.

PUESTO: **AUXILIAR ADMINISTRATIVO**

ACTIVIDAD. Es el trabajador administrativo que se encarga de llevar la administración directa del relleno sanitario, registrando los ingresos y egresos correspondientes, mediante la aplicación de un sistema de contabilidad general.

Reclutamiento, selección de personal, capacitación, así como lo referente a higiene y seguridad dentro del relleno,

FUNCION. Este trabajador permanecerá en la oficina del residente general del relleno sanitario, actuará como auxiliar administrativo será el encargado de llevar la contabilidad general del relleno sanitario

Proporcionar la información al residente con relación a las operaciones de ingreso de residuos sólidos y de material de cobertura en el relleno sanitario.

Coordinar y controlar que el área de sistemas capture y registre la información relacionada con la entrada y salida de vehículos del relleno sanitario.

Coordinar y controlar el área de sistemas de bitácoras de las áreas a las cuales deberán ser dirigidas los vehículos con residuos sólidos materiales de cobertura y pipas, etc.

Coordinar y controlar que el área de sistemas proporcione oportunamente la información, relacionada con la entrada y salida de vehículos del relleno sanitario.

Coordinar y controlar oportunamente al área de sistemas, el tiempo real de uso de la maquinaria pesada y de vehículos, y del cumplimiento de los programas de mantenimiento preventivo y correctivo.

Coordinar y controlar oportunamente a el área de sistemas la información relacionada con los inventarios de almacén, así como de las cotizaciones efectuadas para la adquisición de las refacciones, papelería y mercancías por el residente de servicios generales.

Manejar el fondo revolvente asignado de acuerdo a las prioridades de operación del relleno sanitario, así como proporcionar el informe correspondiente del residente.

Revisar y autorizar las facturas de proveedores .

Efectuar, en su caso, las conciliaciones con los arrendadores de la maquinaria pesada, si fuera el caso.

Supervisar quincenalmente que se realice oportunamente el pago de la nómina del personal del relleno.

Autorizar el rol de guardias del personal operativo y de vigilancia del relleno sanitario.

Coordinar y controlar quincenalmente información confiable con relación a las faltas, retardos y permisos del personal del relleno sanitario para que sea notificada a la residencia.

Supervisar el cumplimiento de las normas políticas establecidas en la administración del personal del relleno.

Realizar las demás funciones inherentes al puesto que le sean encomendadas por el residente.

También tendrá a su cargo todos los trámites administrativos del personal que trabaja en la operación del relleno tales como: tarjetas de control, establecer las jornadas y horarios de personal, roles de trabajo, etc.

A través de este trabajador se hará la petición de los suministros de combustibles o materiales necesarios para el correcto funcionamiento del relleno sanitario.

PUESTO: VIGILANTE

ACTIVIDAD. Es el trabajador que realiza las labores de vigilancia durante el día; controla las entradas y salidas de materiales, productos, mercancías u otros artículos que se manejan en el establecimiento, dentro de las horas de trabajo normal; cierra y abre la puerta de acceso al sitio, lleva registros y listas de los movimientos ejecutados diariamente, al terminar su jornada rinde un informe de las irregularidades observadas.

Salvaguardar las actividades del personal, los materiales, maquinaria pesada, oficinas, vehículos e instalaciones del relleno sanitario.

FUNCION. Deberá permanecer en la caseta asignada a esta función, su actividad es abrir y cerrar las puertas de acceso a los camiones recolectores tanto del municipio como de particulares o concesionarios que lo soliciten permitiendo el paso a aquellos que contengan únicamente residuos sólidos municipales.

Para personas extrañas a la operación del relleno sanitario únicamente se permitirá su paso mediante la autorización correspondiente del residente del relleno sanitario.

No deberá permitir la descarga de residuos sólidos de una manera indiscriminado dentro del establecimiento ni en sus alrededores, por los choferes de los camiones.

Presentar al residente y encargado administrativo el informe de irregularidades observadas.

PUESTO: VELADOR

ACTIVIDAD. Es el trabajador que realiza las labores de vigilancia durante la noche. Recorre las diferentes áreas del establecimiento anotando su paso en el reloj checador cuando lo hay, vigila al personal que entra y sale del establecimiento después de las horas de trabajo normal, cierra puertas y contesta llamadas telefónicas. Al terminar su jornada rinde un informe de las irregularidades observadas. En el desempeño de su trabajo puede usar armas de fuego.

FUNCION. Este trabajador dentro de la operación del relleno sanitario será reportar los vehículos particulares que descarguen sus residuos sólidos en las áreas próximas al relleno sanitario

Estar pendiente de cualquier eventualidad, como incendio de los residuos o algún pozo de biogas, inundaciones o daños a caminos por lluvia, etc, A fin de reportarlo inmediatamente o tomar las medidas preliminares que resulten convenientes..

PUESTO: BRIGADA DE LIMPIEZA

ACTIVIDAD. Realiza las actividades de limpieza del relleno sanitario.

FUNCION. Realizar la limpieza para mantener en condiciones higiénicas las oficinas, instalaciones y celdas de relleno.

Se determinar la frecuencia de rotación del personal de las brigadas de limpieza.

Se supervisar que el personal de las brigadas de limpieza realice sus actividades de acuerdo a lo establecido.

Se elaborar el control del uso y aprovechamiento del equipo y utensilios de limpieza.

Se realizar las demás actividades inherentes al puesto que le sean encomendadas por el encargado de administrativo y el de servicios generales.

Se controlar que las actividades de limpieza de las oficinas, instalaciones y celdas del relleno sanitario sean coordinadas satisfactoriamente por el jefe de brigada de limpieza.

PUESTO: MECANICO

ACTIVIDAD. Realizar el mantenimiento correctivo y preventivo de la maquinaria pesada y equipo.

FUNCION. Realizar el mantenimiento preventivo de la maquinaria y equipo de acuerdo a lo programado.

Revisar y diagnosticar los sistemas de la maquinaria y equipo, en su caso requerido, realizar la reparación de los mismos.

Solicitar las piezas requeridas para realizar el mantenimiento preventivo y correctivo, así como de todos aquellos materiales necesarios al Encargado administrativo y al almacenista.

Custodiar las herramientas de trabajo y verificar su buen uso y conservación.

Vigilar que su ayudante realice las tareas requeridas en el taller.

Mantener constante comunicación con el coordinador de operaciones con el fin de reportar los desperfectos detectados en los vehículos debido a un mal uso o falta de mantenimiento.

Realizar las demás funciones inherentes a sus puesto que le sean encomendadas.

PUESTO: BASCULISTA

ACTIVIDAD. Es quien controla a los pesos de los vehículos que ingresaran a depositar residuos al relleno sanitario.

FUNCION. Este trabajador es el encargado directo para operar la báscula de pasaje por medio del impresor de boletos, también deberá reportar las fallas de la báscula al coordinador, informar diariamente sobre la cantidad de residuos sólidos pesados llevando un control sobre cada viaje y camión recolector.

PUESTO: ALMACENISTA

FUNCION. Es quien controla las entradas y salidas de materiales, productos, mercancías u otros artículos que se manejan en la bodega o almacén del que es responsable. Vigila el orden dentro del establecimiento, supervisa o hace las entregas de los mismos mediante la documentación establecida; lleva registros, listas y archivo de los movimientos ejecutados diariamente; hace reportes y relaciones de materiales faltantes. Puede formular pedidos de materiales, etc.

PUESTO: AYUDANTE DEL OPERADOR DE MAQUINARIA PESADA

ACTIVIDAD. Es el trabajador que ejecuta labores de lubricación, limpieza y mantenimiento de las partes móviles del tractor; lava motor, revisa los niveles de combustibles, reponiendo el faltante o cambiándolo, según las indicaciones del operador, lubrica las partes provistas de graseras. Se auxilia de herramientas propias del oficio.

FUNCION. Dentro de la operación del relleno sanitario, este trabajador ayuda al operador a llenar el tanque del combustible, a levantar, inclinar o nivelar la hoja topadora, acomodar mediante un rastrillo ciertos materiales voluminosos para su compactación, limpia las orugas o carriles del tractor, también ayuda a colocar las cadenas para el remolque de camiones atascados.

Recibe las instrucciones del operador para indicarle a los choferes de los camiones recolectores el sitio exacto en donde deberán descargar los residuos sólidos o el material de cubierta cuando el método lo requiera.

5.5. REGLAMENTO INTERNO DE TRABAJO

Con el objeto de normar actividades, aplicar medidas estrictas de seguridad e higiene y evitar problemas en el funcionamiento del relleno sanitario, es necesario aplicar un manual de operación que deberán observar tanto operadores como choferes, y en general cualquier persona que ingrese a las instalaciones del relleno sanitario.

Los lineamientos que contemplará el manual de operación son los siguientes:

DISPOSICIONES GENERALES

- La operación del relleno sanitario debe estar bajo la responsabilidad de personal capacitado.
- La operación del relleno sanitario no se suspenderá por ningún motivo.
- Deberá existir vigilancia durante las 24 horas del día.
- Es necesario contar con una bitácora y un archivo permanente, sobre el funcionamiento del relleno.

RESPONSABILIDAD DEL PERSONAL OPERATIVO

El responsable directo del funcionamiento del relleno sanitario será el Residente General, quien se encargará de:

- Instruir al coordinador y a los operadores para la formación de la celda correspondiente.
- Aplicar correctamente los recursos:

Mobiliario
Maquinaria y equipo.
Mano de obra.

- Hacer cumplir al personal de operación y a las demás personas que intervengan en el relleno sanitario, el reglamento del mismo.
- Controlar el acceso al público y evitar tanto la descarga de residuos sólidos peligrosos, así como el tráfico vehicular no autorizado.
- Vigilar que el responsable del mantenimiento de la maquinaria cumpla con su función.
- Hacer campañas permanentes para evitar la proliferación de fauna nociva (ratas, insectos, etc.)
- Realizar un monitoreo y control ambiental eficiente.

RELATIVO AL ACCESO

Tendrán acceso al relleno sanitario:

- El personal que labore en él, previa identificación.
- Todo vehículo que ingrese al relleno deberá obedecer el señalamiento vial.
- Los vehículos de caja abierta deberán transitar con lona o malla para evitar que los residuos se dispersen.

Se prohibirá la entrada a:

- Pепенadores.
- Menores de edad.
- Vendedores ambulantes.
- Toda persona ajena al funcionamiento del relleno sanitario.
- Comisiones u organismos que no cuenten con autorización oficial.

Se permitirá el acceso de:

- Vehículos distintos a los del servicio de recolección, siempre y cuando pasen por una revisión de los residuos que porten y paguen una cuota por descarga.
- Visitas de inspección.
- Visitas de vigilancia.
- Visitas pedagógicas.

Todas estas visitas serán autorizadas debidamente mediante oficio expedido por las autoridades correspondientes. La administración del relleno sanitario deberá llevar un control diario, de entradas y salidas del personal autorizado, así como de vehículos, llevando un registro de las toneladas de residuos introducidas por cada vehículo.

RELATIVO A LOS RESIDUOS SOLIDOS

Se aceptarán en el relleno sanitario sólidos provenientes de:

- Casas-habitación
- Mercados y supermercados.
- Oficinas.

- Comercios, hoteles y restaurantes.
- Escuelas y centros educativos.
- Parques y jardines.
- Vías públicas.

No se aceptarán:

- Residuos peligrosos que presenten las siguientes características:
 - Corrosivos.
 - Reactivos.
 - Explosivos.
 - Tóxicos.
 - Inflamables.
 - Biológico-Infeciosos

Cuando se sospeche de la introducción al relleno sanitario de residuos sólidos peligrosos (por su apariencia, consistencia y emisiones), el personal operativo avisará al Coordinador o al Residente General, quien, a su vez deberá comunicarse a las autoridades ambientales respectivas.

RELATIVO AL PERSONAL

El personal que opera el relleno sanitario tendrá obligatoriamente que:

- Llegar a su trabajo puntualmente.
- Portar una identificación expedida por las autoridades correspondientes.
- Usar el equipo de seguridad apropiado.
- Seguir un programa de vacunación preventiva y vigilancia médica que determinaran las mismas autoridades.
- Realizar la comida de alimentos en los horarios establecidos

RELATIVO AL FRENTE DE TRABAJO

En el frente de trabajo solamente deberán permanecer:

- El coordinador.
- Los operadores de la maquinaria.
- Los auxiliares de los operadores de la maquinaria.
- Los acomodadores.

En el horario de operación del relleno sanitario se procurará que:

- La descarga de residuos sólidos se haga en una zona contigua al frente de trabajo, para que los vehículos no interfieran con las actividades desarrolladas en el mismo.

PROHIBICIONES

Queda estrictamente prohibido:

- La descarga ilegal de residuos sólidos en otras áreas que no sean las dispuestas por el Residente General.
- La introducción, preparación y consumo de alimentos y bebidas dentro de las instalaciones del relleno sanitario y en la zona de acceso, además de su venta.
- Fumar o manejar elementos flamables dentro del relleno sanitario.
- Construir viviendas dentro de las instalaciones del relleno sanitario.
- Que el personal reciba dádivas de cualquier tipo.
- Ingerir bebidas alcohólicas, drogas, fármacos y/o estimulantes en general.
- Encender fuego dentro del relleno sanitario.
- Introducir y alimentar animales dentro del relleno sanitario.
- Circular a velocidades mayores de las estipuladas en los señalamientos viales.
- Estacionarse en zonas prohibidas dentro del relleno.
- Recibir residuos sólidos peligrosos.
- Realizar pepena.

Control sanitario y ambiental

Lo llevara a cabo las autoridades ambientales respectivas de acuerdo a su jurisdicción y tendrá entre otros atribuciones.

- La aplicación correcta de las normas sanitarias y ecológicas vigentes.
- La aplicación correcta de normas y controles ambientales (manejo de lixiviados, gases, control de erosión, reforestación, etc.)
- Para el control sanitario y ambiental, el Consejo Metropolitano se podrán auxiliar contratando los servicios especializados de una empresa.

5.6. NORMAS DE SEGURIDAD Y PREVENCIÓN DE ACCIDENTES

Seguridad en el sitio

Los controles de acceso al sitio deberán ser obligatorios para prevenir el ingreso al sitio de materiales o personal no autorizado y permitir que las operaciones sean realizadas de manera coordinada y controlada.

Los métodos y procedimientos de seguridad que se implementan tendrán como objetivo:

- a) Proporcionar seguridad contra el ingreso del material y personal no autorizado.
- b) Proporcionar control y tráfico vehicular y al flujo de transporte.

Los beneficios de éstos procedimientos son:

- Evitar la entrada a personas que por desconocimiento de las características del lugar pudieran introducirse en el mismo.
- Proteger las instalaciones, equipo y personal de acciones negativas de personas ajenas al sitio.
- Asegurar que las operaciones del sitio no sean perturbadas o interrumpidas.

Normas de seguridad establecidas

- 1) El acceso al sitio será controlado por cercas, señales restrictivas, y una puerta que restrinja el paso de vehículos al sitio, que se reforzará con las medidas de seguridad del personal.
- 2) Una cerca perimetral y la franja de amortiguamiento se mantendrán para evitar la entrada del personal no autorizado.
- 3) En la entrada del relleno se colocará una señal fácilmente visible que informe a los conductores sobre el acceso restringido al sitio y que para entrar, los vehículos han de hacer alto total en el área de entrada antes de procedimientos posteriores.
- 4) La entrada al sitio, será restringida por personal que determine el residente general.
- 5) Los vehículos que ingresen al sitio así como las personas debidamente identificadas, estarán aprobadas por el residente o en su caso por el coordinador y serán anotados en el libro de control.
- 6) El residente se reservará el derecho de evitar el acceso a zonas específicas del relleno, a personal o vehículos.
- 7) Se permitirá las visitas al interior del sitio, siempre y cuando sean autorizadas oficialmente, y en todo momento serán acompañados por personal operativo que determine el residente.
- 8) El horario de labores del sitio se mostrará en un letrero a la entrada del relleno.

Horario de operación del relleno

El sitio operará recomendablemente en los siguientes días y horarios:

Lunes a domingo de 8:00 a 20:00 horas.

El sitio puede recibir residuos sólidos en otros horarios siguiendo las especificaciones que fije el residente.

Control de ingreso de residuos

La entrada de los residuos es controlada de 3 formas de manera que no se reciban en el sitio residuos que violen las disposiciones del reglamento interno.

El primer control de ingreso se hará en la zona de entrada.

- 1) Para permitir el ingreso de los residuos al relleno el operador del vehículo de transporte deberá hacer alto total en la entrada y facilitar la inspección visual de su carga, así como proporcionar informes sobre tipo y placas del vehículo, lugar de procedencia y volumen aproximado que transporta. Estos datos se registrarán en la forma correspondiente, y debe estar familiarizado con los diferentes tipos de residuos peligrosos para detectarlos de acuerdo a sus características CRETIB así como el tipo de camiones o de cajas en las que transportan.
- 2) En el caso de que residuos prohibidos lleguen al sitio, el vehículo será aislado y asegurado y el residente notificado. El vehículo no será permitido su acceso al relleno y será avisado a las autoridades respectivamente para que procedan conforme a las disposiciones aplicables.
- 3) El segundo control se realizará en la báscula de pesaje al registrar las características del residuo mediante un talón que describa a nivel de detalle el tipo de residuo así como su origen.
- 4) El tercer control, lo realizará el acomodador verificando la apariencia y características de los residuos al momento de la descarga, esparcido y compactación del residuo, y deberá permanecer alerta a la presencia de residuos peligrosos para separarlos de la zona de tiro, debe estar familiarizado con los diferentes tipos de residuos peligrosos para detectarlos de acuerdo a su consistencia, color, olor, símbolos de radioactividad o peligrosidad así como el tipo de camiones o de cajas en que los transportan, similar al personal que están en la entrada y básculas. Si algún tipo de residuo se observa de características peligrosas, se aislará el material, si es posible, y evitará su disposición en el frente de trabajo, informando al residente o coordinador, con la urgencia que el caso amerite. Los residuos peligrosos serán movidos para transportarlos a un lugar de adecuado fuera del relleno. En coordinación con las autoridades ambientales respectivas.

Seguridad en el trabajo

Los accidentes que afectan a los recursos materiales y humanos, tienen una causa, no suceden solamente por fenómenos a la voluntad del hombre; por tanto deberán considerarse previsible. Por lo que todos los empleados del relleno deberán unir sus esfuerzos y participar en un efectivo y continuo programa de prevención y control de accidentes.

Para mejorar la capacidad de prevención, se dotará al personal de equipo y facilidades necesario para realizar sus labores con seguridad; sin embargo, ningún programa es eficiente sin que se incluya la motivación personal. Se pretende que todo el personal este profundamente interesado en la prevención de accidentes, y aplique acciones correctivas en caso de que éstos sucedan. Cada empleado es en gran medida directamente responsable del control de su propia seguridad y la del trabajo que desarrolla. Para promover la seguridad individual y la de aquellos con que tenemos relaciones laborales, se establecen reglas que deban cumplir desde el residente hasta un ayudante.

Empleo de equipo de protección y seguridad

El personal que labora en el relleno, será dotado una vez al año del equipo de protección siguiente:

- Un par de botas de casquillo
- Un par de botas de hule
- Un overol
- Mascarillas apropiadas para cada labor

Adicionalmente se dotará, de acuerdo a las necesidades de:

- Guantes de carnaza
- Guantes de hule
- Impermeable
- Chalecos de seguridad

Al recibir el equipo, el empleado deberá firmar un recibo aceptando las condiciones en que se le entrega y las cantidades del mismo. Cada empleado es responsable de mantener y cuidar su equipo. Si algún equipo es perdido, dañado o destruido, será repuesto.

Definición del uso de equipos

1) Las botas de casquillo serán usadas todo el tiempo en que se realicen trabajos que representan riesgos de daño al pie o dedos del pie. Los trabajadores que harán uso obligado de este equipo son:

- Operadores de equipo pesado y vehículos.
- Almacenista
- Residentes de obra
- Oficina de avance del relleno.
- Edificación y obras complementarias.
- Control ambiental.
- Control de ingreso al relleno
- Mecánicos.
- Ayudantes generales

2) Las botas de hule e impermeables se usarán por todos los trabajadores que requieran realizar labores en zona con humedad, principalmente en lluvias, incluye a:

- Residentes de obra
- Edificación y obras de complementación.
- Control ambiental.
- Ayudantes generales.

- 3) Protección de manos. Se usarán guantes apropiados para el tipo de trabajo que se requieran, principalmente guantes de carnaza para los grupos de operación y construcción.
- 4) Protección respiratoria. Será usada por empleados cuya labor se realiza en áreas con humo, polvo o gases tales como:
 - Operadores de maquinaria
 - Acomodador.
- 5) Uniforme. El overol será indispensable para todo el personal de campo.
- 6) Chalecos de seguridad. Será obligatoria su uso para personal que realice trabajos en áreas con tráfico de maquinaria y vehículos tales como:
 - Eventualmente para trabajos efectuados en la colindancia con trabajos como: construcción, desazolve de cunetas, reforestación y deshierbe.

Equipo de seguridad en el sitio

Se deberá disponer del siguiente equipo de seguridad: equipo de primeros auxilios. Se localizará en el área de oficinas todo el tiempo e incluye:

- Alcohol
- Algodón
- Gasa.
- Mertheolate y tintura de yodo.
- Vendas de 2", 4" y 10" (2 piezas c/u)
- Tijeras.
- Cinta adhesiva.
- Aspirinas
- Pomada desinfectante
- Agua oxigenada.
- Antiistamínicos, antidiarreicos, gotas para ojos, antiinflamatorios

Agua potable

Se dispondrá en oficinas y casetas de agua potable en garrafones para consumo humano.

Conos naranja de señalamiento vial

Se usarán conos naranja de señalamiento vial y cintas de señalamiento de acceso restringido de plástico, para señalar zonas de trabajo de acceso restringido o en sitios de tráfico vehicular o bien en zonas susceptibles a recibir daños por la circulación de vehículos y maquinaria.

Extintor de incendios

Todo el personal de supervisión será entrenado en el uso de extintores de incendios, que estarán disponibles en:

- Todos los vehículos.
- Area de oficinas.
- Caseta de control de básculas.

Procedimientos de supervisión de obra

La calidad y oportunidad con que se desarrollen los trabajos de construcción y operación del relleno sanitario, dependerá en gran medida del trabajo de supervisores que pudiera ser una empresa contratada.

Un estricto programa de inspección durante la construcción y operación será efectuado, al igual que el mantenimiento adecuado en el período post-clausura.

La inspección tendrá como objeto identificar y corregir fallas de funcionamiento, deterioro, así como garantizar que los materiales usados en los diversos sistemas que conforman en relleno sanitario, cumplan con la calidad necesaria.

Para evitar la obtención de un producto determinado indeseable de construcción, bajo ciertas circunstancias, es necesario especificar pasos o alternativas intermedias dentro de determinada actividad. Dichas alternativas le corresponden al personal de supervisión.

El ingeniero residente que se haga seleccionado para quedar a cargo de la supervisión, debe estar familiarizado con la obra en particular, con el sistema a desarrollar, de preferencia debe ser el hombre que haya preparado los trabajos preliminares en las oficinas. Debe ser un hombre con experiencia como ingeniero civil, es necesario que tenga personalidad para tratar con el residente, los jefes de brigada y el personal en general; debe ser capaz de tomar decisiones cuando se presenten problemas imprevistos.

El procedimiento a seguir por parte de la supervisión ser el siguiente:

La supervisión general de la obra dependerá directamente del Consejo Metropolitano o en su caso de quien este determine y es éste a quien tendrá que reportar directamente de cualquier anomalía que se presente en el desarrollo de la construcción del relleno sanitario, así como del avance real de la obra en general.

5.7. PLANES DE CLAUSURA

Para la clausura del relleno sanitario es importante considerar el uso o usos finales que se le vayan a dar. Los usos más comunes son: parques, reservas naturales, viveros, canchas de golf y otros deportes, siendo los usos recreativos los de mayor popularidad.

Al término de su vida útil y una vez clausurado el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente, se definirá su uso a futuro, tomando en cuenta consideraciones importantes referente a la disponibilidad de recursos del organismo operador del sitio, así como, los requerimientos de restauración ambiental y de la existencia de un proyecto específico para el aprovechamiento del sitio. Por las condiciones de ubicación y biofísicas del sitio, es recomendable se le de un uso final de reintegración al paisaje natural, tomando como base para lo anterior, el resultado del análisis del impacto ambiental del sitio, lo que propiciara la integración del sitio con el paisaje natural de la zona, restituyendo parte de las características naturales del sitio, a través de programas de restauración ambiental en el sitio y su entorno, como son la reforestación intensiva con ejemplares nativos de la zona, además de introducir algunas especies con fines estéticos.

La clausura podría realizarse de la siguiente manera:

Planificación previa

- Realizar un plano topográfico final del sitio.
- Realizar un plano de drenaje del sitio.
- Preparar un plan sobre cubierta vegetal a utilizar y un plano del paisaje.
- Identificar las distintas secuencias de la clausura para realizar las opciones pertinentes a cada una de ellas.

Un año antes del cierre

- Determinar la nueva superficie de disposición final a emplearse, una vez que termine la vida útil del relleno sanitario.
- Realizar un estudio financiero considerando otros métodos de clausura a fin de definir si convendría considerar otra opción.

Tres meses antes de la clausura

- Revisar el plan de clausura, en su defecto debe reajustarse.
- Establecer el cronograma final para los procesos de clausura.
- Notificar a la autoridad ambiental correspondiente.
- Notificar a los usuarios por carta o por anuncios públicos

Al cierre

- Levantar vallas o estructuras necesarias apropiadas a fin de delimitar el acceso
- Colocar postes indicadores de cierre y de otros lugares alternativos para disposición de residuos sólidos.

- Recoger cualquier tipo de desperdicio dentro del relleno o en las proximidades de él y colocarlo en la celda final para su posterior cobertura
- Cubrir totalmente la celda final. No deben quedar residuos por cubrir.

Tres meses después del cierre

- Completar las estructuras necesarias para el drenaje pluvial.
- Revisar y en su defecto corregir la recolección de gas o sistema de venteo, la instalación del confinamiento o tratamiento para lixiviados.
- Realizar el monitoreo de gas.
- Instalar placas de asentamiento, bancos de nivel y otros dispositivos para determinar en el futuro el asentamiento diferencial del relleno sanitario.
- Colocar una capa de cobertura final (0.30 m) debidamente compactado.
- Colocar una cubierta vegetal por lo menos de 0.50 m.

Un aspecto muy importante a considerar antes de la clausura de un relleno, es notificar a los usuarios la fecha a partir de la cual ya no estará disponible. Esto debe hacerse mediante un oficio dirigido a las autoridades y mediante anuncios públicos cuando es usado por residentes privados.

Es importante determinar las restricciones que una vez clausurado el relleno, tendrá, sobre todo el ser destinado a usos que impliquen construcción pesada en su superficie, como habitación, comercio o industria, limitándose a conservar su calidad de área verde y aprovechando el terreno con fines forestales y de uso natural.

PARTE I

DISEÑO EJECUTIVO, OPERACIÓN Y CONTROL DEL RELLENO SANITARIO.

CAPITULO 6. INVERSIONES Y COSTOS

6. INVERSIONES Y COSTOS

Este capítulo se presentan los lineamientos y análisis de los diferentes conceptos de inversión y costos de operación del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente “Picachos”.

El consejo Metropolitano de Guadalajara, como responsable de la construcción y operación del Relleno Sanitario deberá considerar su estructura operativa y administrativa, para lograr una operación eficiente del sitio, los conceptos de inversión que se establecen en el presente proyecto pueden tener variaciones, que dependerán de los de los flujos de inversión y el tiempo de ejecución.

Las inversiones que requiera el desarrollo del proyecto no son inmediatos en su totalidad sino que se realizan gradualmente conforme avanza su construcción y operación, y se prorratean hasta el final de su vida útil, lo que si es determinante para una ejecución sana del proyecto, es que todas las inversiones se ajusten al diseño para evitar ineficiencias.

6.1. Determinación de inversiones de obra civil e infraestructura.

Para realizar cualquier tipo de obra civil se requiere la aplicación de técnicas, cronogramas de ejecución y recursos disponibles. Por lo anterior, a continuación se presenta un programa de inversiones de obra civil e infraestructura, para el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente “Picachos”

Tabla 6.1. Programa de inversiones de obra civil e infraestructura por etapas para el Relleno Metropolitano Poniente.

No	CONCEPTO	Unidad	Volumen	Costo \$
1	Camino de acceso y obras complementaria	M2	18,720	3'598,533.00
2	Puente	Mts.	30	811,430.00
3	Caminos internos y drenes de control de aguas pluviales.	M2	14,175	1'344,170.00
4	Alumbrados de caminos.	ML.	4,600	226,175.00
5	Nivelación del terreno natural para relleno	M2	400,000	10'047,880.00
6	Impermeabilización geomembrana y geotextil.	M2	400,000	34'307,790.00
7	Líneas de conducción y captación de lixiviados	4", 6", 8", 10"	11,060n ML.	981,508.00
8	Fosa de lixiviado (tipo)	M3	80	79,970.00
9	Fosa de lixiviado 10,000 m3.	M3	10,000	850,000.00
10	Cisterna contra incendio (tipo)	M3	80	75,034.00
11	Cisterna para agua potable.	M3	80	75,034.00
12	Colectores de 0.90 y 1.20 mts. De diámetro.	ML.	1,388	3'788,558.00
13	Cortina de gravedad			172,420.00
14	Báscula de pesaje de 75 ton. De capacidad	Pza.	2	832,520.00
15	Cercado perimetral con malla ciclónica	ML.	5,200	624,000.00
16	Pozos de biogas	Pza.	66	2'122,636.00
17	Oficinas administrativas	M2.	40	70,051.00
18	Caseta de vigilancia	M2.	10.2	17,699.00
19	Caseta de control de pesaje	M2.	9	23,000.00
20	Cobertizo, taller de mantenimiento y estacionamiento.	M2.	360	516,808.00
21	Caseta para bombeo de lixiviado con equipo.	M2.	4	250,000.00
22	Cubierta final 50 cm. de cubierta vegetal.	M2.	84,116	5'479,784.00
23	Adquisición de maquinaria y equipo	Pza.		
24	Fosas septicas	Pza.	11	13'964,200.00
25	Reforestación.	Pza.	11,007	220,140.00
	Total			80'479,340.00

PROGRAMA DE INVERSIONES

Las inversiones necesarias para un relleno sanitario están integradas por una serie de conceptos en donde destacan principalmente, aquellos originados por la adquisición e instalación de elementos de infraestructura necesarios, tales como:

- Obras de infraestructura para el acondicionamiento del terreno (limpieza, trazo, drenes, cercado, señalamientos, etc.).
- Edificaciones necesarias para la operación (oficinas, caseta de control y vigilancia, cobertizo para equipo y maquinaria, báscula, etc.)
- Adquisición de maquinaria y equipo.
- Instalaciones electromecánicas e hidrosanitarias.

Para conocer la inversión total en el relleno sanitario (I_t) se deberá aplicar en la siguiente ecuación:

$$(I_t) = c \text{ preparación} + c \text{ construcción} + c \text{ maquinaria y equipo} + c \text{ op.}$$

Donde:

c preparación = Costo de acondicionamiento del predio que incluye: despalme, desenraice, excavaciones, movimientos de tierras y caminos de acceso e internos.

c construcción = la suma de costos de edificación, cerca perimetral, franja de amortiguamiento, oficinas, cobertizo y acometida eléctrica.

c o. Protección = suma de costos de obras de protección para el manejo y captación de aguas pluviales, lixiviados y biogas.

c maq. Y equip = tractor, cargador, camiones para acarreo, camioneta de apoyo, herramienta y equipo menor.

Asimismo, para trabajar con costos unitarios y estimar el costo de inversión por unidad (C.I.U.) se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$\text{C.I.U.} = \frac{(c_{\text{terr}} + c_{\text{prep}} + c_{\text{const}} + c_{\text{o.p}} + c_{\text{maq. y eq.}})}{5}$$

Vida útil = La vida útil del relleno es la capacidad de los residuos sólidos que contendrá el relleno sanitario, y se expresa en toneladas.

Al estimar una inversión total para cualquier proyecto de ingeniería resulta indispensable determinar los importes parciales, es decir, realizar una programación de inversiones en función de los conceptos a ejecutar, orden de importancia o secuencia constructiva y su tiempo de ejecución.

El realizar este tipo de programación permite determinar las erogaciones necesarias en un lapso de tiempo previamente establecido (semana, mes, año), y con esto definir estrategias financieras.

En particular para este proyecto, la programación se presenta de acuerdo a la duración de la vida útil operativa total del relleno sanitario, considerando el importe total por año.

Para determinar el costo de inversión se realizaron cotizaciones y presupuestos siguiendo la metodología general de presupuestación de costos de obra con base en precios unitarios y volúmenes determinados utilizando el programa programa Campeón Plus Versión 6.21.

INVERSIONES DE EQUIPO

Para el buen funcionamiento del relleno sanitario es imprescindible contar con maquinaria adecuada para las condiciones de trabajo que exige obra de ingeniería.

La selección del equipo depende de varios factores. Los criterios básicos para su elección fueron: la cantidad de basura que recibirá el relleno Sanitario y las características del material a remover y compactar. Con base en lo anterior, la eficiencia queda determinada como la capacidad de alcanzar la producción deseada al mas bajo costo posible.

Tomando en cuenta lo anterior y pensando en los volúmenes a manejar en la primera fase operativa la maquinaria y equipo que se utilizará en el relleno es la siguiente:

Tabla 6.2. De estimación de costos de inversión en equipamiento para el relleno sanitario.

CONCEPTO	CANTIDAD	IMPORTE N\$
Compactador 826C	1	4,320,000.00
Tractor D8N	1	3,993,600.00
Motoniveladora 130G	1	1,843,200.00
Cargador frontal 960F	1	1,968,000.00
Camion Volteo	4	1,800,000.00
Camión pipa	1	350,000.00
Pick up	2	280,000.00
Báscula electronica	2	832520.00
Equipo de lavado y lubricación	1	15,000.00
Aspersora y encaladora	1	3,500.00
Compresora y accesorios	1	25,000.00
Bomba centrifuga	1	1,500.00
TOTAL	17	15,432,320.00

DETERMINACION DE LOS COSTOS ANUALES DE OPERACION

Los costos operacionales del relleno sanitario incluyen todos aquellos que directamente dependen del funcionamiento del propio relleno; dentro de los cuales están considerados los correspondientes al salarios del personal técnico y administrativo; materiales de consumo que se generan con el equipo utilizado en el acomodo, colocación y compactación de los residuos, extracción, acarreo y colocación del material de cobertura necesario, materiales de protección y de oficina. Asimismo pago de servicios como son arrendamientos, servicio de luz, agua, viáticos, pesajes, mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaria, mantenimiento de instalaciones, asesoría y capacitación.

Para determinar el costo de operación exclusivamente en el relleno (C_o) se deberá aplicar la siguiente ecuación:

$$C_o = S_s + C_1 + R_m + M_r + G_{ad.}$$

Donde:

S_s = Salarios, sueldos y prestaciones de los operarios.

C_1 = Costo de combustibles y lubricantes (materiales de consumo)

R_m = Costo de reparaciones y mantenimiento preventivo (pago de servicios)

M_r = Costo de material de cubierta (si no estuviera disponible en el predio), materiales de consumo).

$G_{ad.}$ = Gastos administrativos; (gastos de papelería, mantenimiento de oficina, costos de servicios de luz, teléfono, correo, agua). (pago de servicios).

Para trabajar con costos unitarios (N\$/t) se debe calcular el costo de operación por unidad (C.O.U.) para cada periodo aplicando la siguiente ecuación:

$$C.O.U. (C_o = S_s + C_1 + R_m + M_r + G_{ad.})/\text{Período.}$$

Periodo = Es la cantidad de toneladas de residuos sólidos municipales, que se manejará en el relleno sanitario en el lapso de tiempo que se desee conocer el costo.

Tabla 6.3. de sueldos y salarios del personal.

Puesto	Total	Mensual	Total mensual (\$)	Total anual (\$)
Residente General	1	18200.00	18200.00	218400.00
Auxiliar Administrativo	1	7500.00	7500.00	90000.00
Coordinador Operativo	1	12000.00	12000.00	144000.00
Secretaria	1	2700.00	2700.00	32400.00
Básculista	1	2700.00	2700.00	32400.00
Analista	1	3850.00	3850.00	46200.00
Chofer de camioneta.	1	3542.00	3542.00	42504.00
Mecánico	2	7144.50	14289.00	171468.00
Ayudante de maquinaria pesada	1	2408.90	2408.90	28906.80
Operador de Maquinaria	5	7105.08	35525.40	426304.80
Chofer de volteo	4	3315.50	13262.00	159144.00
Auxiliar de chofer	1	2408.90	2408.90	28906.80
Acomodador	1	2408.90	2408.90	28906.80
Checador de material de cobertura	1	2408.90	2408.90	28906.80
Checador de Maquinaria	1	2408.90	2408.90	28906.80
Velador	1	2408.90	2408.90	28906.80
Vigilante	2	2700.00	5400.00	64800.00
Almacenista	1	3500.00	3500.00	42000.00
Topógrafo	1	5675.38	5675.38	68104.56
Cuadrilla de topografía	2	2408.90	4817.80	57813.60
Brigada de limpieza	4	2408.90	9635.60	115627.20
TOTAL	34	99203.66	157050.58	1884606.96

Tabla 6.4. Pagos de servicios e insumos

CONCEPTO	Costo anual (\$)
Arrendamiento	104995.00
Servicios generales	60000.00
Mantenimiento preventivo de maq. y equipo	105000.00
Recarga de extinguidores	15000.00
Mantenimiento en instalaciones	20000.00
Asesoría técnica	80000.00
Capacitación	15000.00
Seguros de vehículos	35000.00
Material de cobertura	1594500.00
Total	2029495.00

Tabla 6.5. Combustibles, lubricantes y llantas

CONCEPTO	Costo anual (\$)
Combustibles	1,232,352.00
Lubricantes	81,000.00
Llantas	124,000.00
Total	1,437,352.00

Tabla 6.6. Resumen del costo directo anual de operación.

CONCEPTO	Costo anual (\$)
Sueldos y salarios	1,884,606.96
Pagos de servicios e insumos	2,029,495.00
Combustibles, lubricantes y llantas	1,437,352.00
TOTAL	5,351,453.96

Costo total de construcción + costo total de operación = Costo total

\$ 80'479,340.00 + \$ 64'217,447.00 = \$ 144'696,787.50

Costo anual de construcción + Costo anual de operación = Costo total

\$ 6'706,611.67 + \$ 5'351,453.96 = \$ 12'058,065.00

Costo total / 12 meses = Costo Mensual

\$ 12'058,065.00 / 12 = \$ 1'004,838.80 mes.

(Costo unitario) (ton)

\$ 144'696,787.50 / 5'960,655 ton. Totales = \$ 24.27 ton.

Tabla 6.7. Costo unitario

COSTO UNITARIO	
	\$ 24.27 /ton.
COSTO DE INVERSION UNITARIO	
	\$ 13.50 /ton
COSTO DE OPERACIÓN DE UNITARIOS	
	\$ 10.77 /ton.

PARTE I

DISEÑO EJECUTIVO, OPERACIÓN Y

COTROL DEL RELLENO SANITARIO.

CAPITULO 7. PLANES DE CLAUSURA

CAPITULO 7. PLANES DE CLAUSURA,

Para definir una estrategia apropiada para la clausura del relleno sanitario, es conveniente recordar los objetivos del proyecto:

Objetivos del relleno sanitario

El Relleno Sanitario Metropolitano Poniente, se construirá con la finalidad de confinar los residuos sólidos no peligrosos que se generan en la Z.M.G., en una forma apropiada, técnicamente confiable, sin riesgos de contaminación ambiental y controlando todos los aspectos de tipo sanitario que generalmente representan un problema en los tiraderos de residuos sólidos que funcionan "a cielo abierto".

La instalación de rellenos sanitarios en México son por el momento la mejor opción, ya que generalmente existen terrenos disponibles cercanos a las ciudades, en los que puede instalarse el relleno sanitario sin afectar significativamente el medio natural y socioeconómico.

Usos posteriores de los rellenos sanitarios

Para instalar un relleno sanitario, idealmente hay que aprovechar terrenos inútiles para fines agrícolas, pecuarios, forestales o industriales, localizados en áreas en las que no exista incompatibilidad de uso del suelo ni factores sociodemográficos o urbanísticos que puedan ser afectados.

Una vez que el relleno sanitario se satura es conveniente utilizar el relleno de alguna manera, pudiendo mencionar algunos de los usos más comunes que se han dado en México y en otros países como son:

- Reintegración natural al paisaje
- Parques recreativos
- Reservas naturales
- Canchas de golf
- Viveros

Cada una de estas opciones dependen de los recursos con que pueda contar el consejo Metropolitano y considerando las condiciones específicas del sitio. La reintegración al paisaje natural, parques recreativos y las reservas naturales instaladas al clausurar un relleno sanitario son alternativas muy comunes; sin embargo, la instalación de las canchas de golf y viveros, depende de la existencia de otras condiciones que los hagan propicios como son servicios de agua potable, vías de acceso, empresarios interesados, etc.; y además, es muy importante tomar en cuenta que para estos proyectos se necesitan períodos muy largos, de más de 10 años para la estabilización del relleno, antes de ocupar el sitio con los proyectos mencionados.

A continuación se analizarán diversas opciones para el uso final del sitio y algunas recomendaciones para cuando se haga la clausura del relleno, pero antes es importante revisar la programación del proyecto.

En el área donde se instalará el relleno hay condiciones muy favorables para ampliaciones futuras, casi en forma ilimitada, pues no hay asentamientos humanos cercanos ni factores limitantes de ningún tipo; lo más probable es que antes de finalizar la vida útil del relleno en su primera etapa que será de 12 años, se cuente con un proyecto de ampliación y así sucesivamente en forma indefinida.

7.1 USO FINAL DEL SITIO

Al término de su vida útil y una vez clausurado el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente, se definirá su uso a futuro, tomando en cuenta consideraciones importantes referente a la disponibilidad de recursos del organismo operador del sitio, así como, los requerimientos de restauración ambiental y de la existencia de un proyecto específico para el aprovechamiento del sitio. Por las condiciones de ubicación y biofísicas del sitio, es recomendable se le de un uso final de reintegración al paisaje natural, tomando como base para lo anterior, el resultado del análisis del impacto ambiental del sitio, lo que propiciara la integración del sitio con el paisaje natural de la zona, restituyendo parte de las características naturales a través de programas de restauración ambiental en el sitio y su entorno, como son la reforestación intensiva con ejemplares nativos de la zona, además de introducir algunas especies con fines estéticos.

7.2 CLAUSURA DEL RELLENO SANITARIO

En función del uso final determinado en el punto anterior, para la clausura del relleno en sus diferentes etapas, refiriéndonos a las áreas sobre las cuales ya no se depositarán más residuos sólidos, se deberá realizar lo siguiente:

Planificación de la clausura parcial y formación de áreas naturales

Será recomendable para el Consejo Metropolitano:

- Preparar un plano topográfico con la configuración final del sitio.
- Preparar un plano de drenaje del sitio
- Preparar un plan sobre la cubierta vegetal a utilizar
- Preparar un plano del paisaje que se desea conformar.
- Elaborar un plan de trabajo indicando cada una de las actividades a realizar, los responsables, el costo y el calendario.

Para planear la clausura de áreas de relleno y la formación de áreas naturales el Consejo Metropolitano se puede auxiliar con la Comisión Estatal de Ecología, de la SEMARNAP, así como de especialistas en materia ambiental.

Clausura de áreas y formación de áreas naturales

Revisar con cuidado que el sellado de la última capa del relleno se haya efectuado según esté especificado en el presente proyecto. La capa vegetal de sello final debe ser de un mínimo de 50 cm de espesor.

- Las obras civiles para el control del agua pluvial deberán apegarse al proyecto del relleno para garantizar que no habrá erosión pluvial.

- Reforestar el terreno con especies nativas de la zona.
- Cercar las áreas clausuradas para favorecer la repoblación de especies faunísticas regionales.

Actividades posteriores

- Revisar el sistema de control de agua pluvial para evitar daños al relleno y a las áreas en las que se hizo la reforestación corrigiendo los problemas detectados.
- Realizar periódicamente acciones para el cuidado de la vegetación instalada, sustituyendo los ejemplares dañados, sería conveniente que la revisión se haga cada dos meses, principalmente en los meses de mayo, julio, septiembre, noviembre, enero y marzo.
- Realizar acciones periódicamente para mantener en buen estado las cercas de control y acceso al relleno sanitario.

PARTE I DISEÑO EJECUTIVO, OPERACIÓN Y COTROL DEL RELLENO SANITARIO.

CAPITULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

CAPITULO 8.

8.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

El sitio "Picachos" que fue seleccionado por la comisión ambiental del Consejo Metropolitano, por las ventajas que represento respecto a los otros sitios considerados en los municipios de Zapotlanejo, Tonalá y Zapopan, cumple con los requerimientos que establece la Norma Oficial Mexicana para la localización de sitios para la disposición final de residuos sólidos municipales NOM-ECOL-083-1996.

Sumado a lo anterior, se identificaran y evaluarán los impactos al ambiente por el desarrollo del proyecto, presentándose que los adversos serán poco significativos, esto aunado a que la ubicación y características propias del predio son adecuadas y que el diseño del proyecto incluye las especificaciones, métodos y técnicas que evitarán los riesgos potenciales de contaminación de los elementos naturales del entorno del proyecto.

La intervención del equipo multidisciplinario que conformo el resultado de la evaluación del impacto ambiental del proyecto, determino que el balance resulta positivo, tomando en cuenta factores primordiales como que el proyecto se desarrollara en una zona alejada de núcleos de población importantes, además los impactos potenciales originados al suelo y agua están identificados y se tienen previstas todas las medidas preventivas y correctivas adecuadas para eliminar los posibles riesgos de contaminación.

Un factor importante, es que, se dotará a la Zona Metropolitana de Guadalajara de la infraestructura ambiental adecuada para disponer eficientemente los residuos sólidos municipales, a mediano y largo plazo.

Otra ventaja que representa el desarrollo del presente proyecto es, que existen posibilidades de ampliación del Relleno Sanitario, al contar con superficies adicionales.

Por otro lado, las medidas de mitigación y restauración del sitio recomiendan a mediano y largo plazo, la puesta en marcha de acciones de reintegración natural al paisaje a través de la reforestación, con especies nativas para restaurar de manera natural la flora y fauna de la zona.

Es fundamental que se lleven a cabo todas y cada una de las recomendaciones establecidas en el reglamento de operación del Relleno Sanitario, el mantenimiento permanente del sitio, así como, de las medidas de control ambiental.

Otra recomendación importante es que se deberá contar con el personal mínimo necesario para la operación, llevando a cabo programas de capacitación, de seguridad e higiene.

Es importante que las autoridades Metropolitanas, inicien campañas de educación ambiental para crear una cultura del reciclaje en la publicación, para disminuir la generación de residuos sólidos.

Las recomendaciones de operación en lo general son las siguientes:

- Colocar la señalización adecuada en accesos e interior del relleno sanitario.
- Realizar mantenimiento constante a caminos de acceso, principal e internos, así como al puente de acceso.

- Deberá de seguirse el sistema de impermeabilización que se establece en el proyecto.
- Deberá de construirse el sistema de drenes para captación y conducción de lixiviados, así como, las fosas de almacenamiento de acuerdo al proyecto.
- Se debe poner especial atención en la construcción de las obras hidráulicas, principalmente los colectores en el arroyo del pedregal de la cortina y los secundarios, así como cunetas y drenes pluviales.
- El establecimiento del sistema de control del biogas pasivo, en un principio y previo análisis de la composición, flujo y temperatura colocar un sistema activo en aquellos pozos que lo requieran, colocando pozos de monitoreo dentro de los mismos pozos de venteo de biogas.
- Extremar controles de la fauna nociva, para lo cual, su principal control radiaría en la cobertura diaria de los residuos.
- Se deberán extremar las medidas para el control de ingreso de posible introducción de residuos peligrosos.
- Las recomendaciones aquí establecidas solamente son enunciativas mas no limitativas, por lo cual, en el futuro y en función de las necesidades se ampliaran y/o modificaran para lograr una operación mas eficiente.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

TCHOBANOGLIOUS, GEORGE. ET. AL GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS SOLIDOS, Mc Graw Hill Interamericana de España. 1994 Tomos I y II.

LUND HERBERT F: Manual de Reciclaje.. Mc Graw Hill Interamericana de España. 1996 Tomos I y II.

LAGREGA MICHAEL D. Gestión de residuos tóxicos, tratamiento eliminación y recuperación de suelos. Mc Graw Hill Interamericana de España. 1996 Tomos I y II.

Memoria del Manejo Eficiente de Residuos sólidos “ VII congreso nacional, vi reunión general SMISA A.C. México, 1992.

Memoria del Simposio sobre los residuos sólidos y peligrosos, presente y futuro de un problema nacional, AMCRESPAC; México 1990.

BRAVO HELIA-HOLLIS; “Las cactaceas de México”, Volumen III U.N.A.M.. 1991

LEOPOLD A STARKER. “Fauna Silvestre de México”. Ediciones del instituto mexicano de recursos naturales, renovables , ed. Pax México. 1990.

SANCHEZ, SANCHEZ OSCAR. “La flora del Valle de México”. Ed. Herrero, 1984.

CHAZARO BASAÑEZ MIGUEL, “Antología botánica del estado de Jalisco”. Universidad de Guadalajara. 1990.

RZEDOWSKI JERZY “Vegetación de México”. Ed. Limusa, 1988.

BUOL S.W. Y HOLE F.D. “Génesis y clasificación de suelos” ed. Trillas, 1981.

ORTIZ VILLANUEVA B. , ORTIZ SOLORIO C. “Edafología” Universidad autonoma de Chapingo. 1980.

CNA. Estación Meteorológica Zapopan.

Estudio Geográfico del Espacio natural y del espacio rural, del Municipio de Zapopan Jalisco. Universidad de Guadalajara. 1989.

Conteo' 95 de población y vivienda, resultados definitivos tabulados básicos, INEGI, 1995.

Manual de Vegetación Urbana para Guadalajara, Jal. Ayto de Guadalajara. Banca Promex, ed. Agata, 1995.

Cuaderno estadístico Municipal, Guadalajara, INEGI, 1997.

Cuaderno estadístico Municipal, Zapopan, INEGI, 1997.

Anuario Estadístico del estado de Jalisco, INEGI, 1992.

Carta hidrológica Aguas Subterráneas, Spp, Esc. 1:250,000.

Carta Topografica Tesistan, Spp, Esc. 1:50,000.

IDEM. De Tonalá y Tlaquepaque.

I.N.E. "Compilación de normas oficiales mexicanas en materia de protección ambiental". Instituto Nacional de Ecología. 1996.

Organización panamericana de la salud. "Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales". 1991, o.p.s. Serie Técnica No 28.

Manual de rendimiento Caterpillar Edición. 25 1994.

CANTER ÑANAY. W. "Manual de evaluación de impacto ambiental". 1998 ed. Mc. Graw Hill interamericana, España.

APARICIO. "Fundamentos de Hidrología de superficie". Ed. Limusa, Noriega Editores, México. 1994.

ZUMBERGE JAMES "Geología elemental". Ed. Cecsá. México. 1982.

I.N.E.G.I. "Catalogo de Herbario" Tomos I, II, III y IV. Ed. Instituto Nacional de Ecología, México. 1995.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general del proyecto relleno Sanitario "Hasar's" elaborado por INGESA. S.A. de C.V. 1998.

Proyecto Ejecutivo del Relleno Sanitario para el área Metropolitana de Guadalajara. "Los Laureles" Caabsa Eagle S.A. de C.V. elaborado por procesa, Ingeniería y Ecología S.A. de C.V. 1996