



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**"SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA
RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES".**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

JESÚS GERARDO MENDOZA CHÁVEZ



**Ciudad Universitaria, México D.F.
Facultad de Ingenierías, Enero 2005.**

Director de Tesis: Ing. Alberto Coria Iizaliturri.

m. 341006



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Mariana Chávez Sierra Gerardo

FECHA: 12/07/2005

FIRMA: [Firma manuscrita]



FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
FING/DCTG/SEAC/UTIT/074/03

Señor
JESÚS GERARDO MENDOZA CHÁVEZ
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. ALBERTO CORIA ILIZALITURRI, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

"SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES"

- INTRODUCCIÓN
- I. GENERALIDADES
- II. ESTUDIOS E INVESTIGACIÓN DE CAMPO
- III. ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD
- IV. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
- V. CLAUSURA Y SANEAMIENTO
- VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- BIBLIOGRAFÍA
- ANEXOS

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cd. Universitaria a 18 Junio 2003
EL DIRECTOR

M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO
GFB/GMP/mstg

Visto Bueno
21/SEPT/2009
FRANCISCO DE LA GARZA
[Signature]

15/06/2003
[Signature]
11/07/2009
21/SEPT/2009
[Signature]

V.B.
21/SEPT/2009
[Signature]

10/06/2004
Francisco de la Garza
23/SEP/2004

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Mauro y Josefina, con profundo amor y agradecimiento en reconocimiento por el gran esfuerzo y sacrificio para brindarme una carrera profesional con la cual llegaron a cifrarme un porvenir.

A mis hermanos, Víctor Manuel, Mauro y Elizabeth, que me han brindado sobre todo su amistad y que con ella siempre me alentaron a seguir adelante.

A mi Director de Tesis. ING. ALBERTO CORIA ILIZALITURRI con gran admiración y gratitud por la ayuda brindada en la elaboración del presente proyecto de Tesis.

Un reconocimiento a Facultad de Ingeniería, a su personal docente y en especial a los maestros que impartieron clases para llegar a este momento tan especial.

"SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES"

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.	1
CAPITULO I- GENERALIDADES.	4
1.1. UBICACIÓN DEL MUNICIPIO.	5
1.2. HISTORIA GENERAL DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL.	7
CAPITULO II- ESTUDIOS E INVESTIGACIÓN DE CAMPO.	17
2.1. TOPOGRAFÍA.	18
2.2. GEOLOGÍA.	20
2.3. GEOFÍSICA.	23
2.4. HIDROGEOLOGÍA.	29
2.5. ESTUDIOS GEOTECNICOS.	36
CAPITULO III.- ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD.	48
3.1. VIABILIDAD TÉCNICA.	49
3.2. VIABILIDAD SOCIAL.	60
3.3. VIABILIDAD AMBIENTAL.	92
3.4. VIABILIDAD LEGAL.	93
3.5. VIABILIDAD INSTITUCIONAL.	96
CAPITULO IV.- EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL.	104
4.1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.	105
4.2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL.	114
4.3. PLANES DE MODIFICACIÓN O AMPLIACIÓN DEL PROYECTO.	126
4.4. ESTUDIOS QUE FUNDAMENTAN LA CLAUSURA Y SANEAMIENTO.	126
4.5. OBJETIVOS DEL PROYECTO.	137
4.6. METODOLOGÍA EMPLEADA.	137
4.7. MEDIO NATURAL Y SOCIOECONÓMICO.	138
4.8. EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL.	153
4.9. HISTORIA DE LA OPERACIÓN DEL SDF.	154
4.10. SENSIBILIDAD DEL AMBIENTE.	159
4.11. CONTAMINACIÓN VISIBLE.	163
4.12. RIESGOS PALPABLES.	173
4.13. RIESGOS DE CONTAMINACIÓN ELEVADA.	176
4.14. OTROS RIESGOS.	177
4.15. AFECTACIÓN A LA POBLACIÓN.	178
4.16. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN.	185
4.17. MEDIDAS DURANTE LA ESTABILIZACIÓN PRIMARIA.	196
4.18. MEDIDAS DURANTE LA TRANSFORMACIÓN DEL SITIO.	199

4.19. MEDIDAS DURANTE LA ESTABILIZACIÓN SECUNDARIA.	201
4.20. MEDIDAS DURANTE DEL EQUIPAMIENTO DEL SITIO.	202
4.21. CONCLUSIONES.	202
CAPITULO V.- CLAUSURA Y SANEAMIENTO.	204
5.1. ACCIONES PREVIAS A LA CLAUSURA Y SANEAMIENTO.	205
5.2. DISEÑO DE LAS ACCIONES DE CONTROL.	216
5.3. SISTEMA DE CONTROL DE BIOGÁS.	227
5.4. SISTEMA DE CONTROL DE LIXIVIADOS.	243
5.5. DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL.	257
5.6. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y POSTCLAUSURA.	271
5.7. PROGRAMA DE REFORESTACIÓN Y TRANSFORMACIÓN.	275
5.8. PROGRAMA DE MONITERO Y CONTROL.	293
5.9. PLAN DE OPERACIÓN DE CLAUSURA Y SANEAMIENTO.	300
CAPITULO VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	313
BIBLIOGRAFÍA.	316
ANEXOS.	317

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN.

El sistema que más retraso técnico presenta en los sistemas de aseo urbano (SAU) de la mayoría de los municipios del país es sin duda el de disposición final de los residuos sólidos municipales (RSM), este retraso se manifiesta con la persistencia del uso de tiraderos a cielo abierto como sitios de disposición final (SDF) de los RSM que generan los habitantes de los municipios, estos sitios representan un riesgo potencial de contaminación y de riesgo salud pública de los habitantes que viven en los alrededores de este tipo de sitios.

Los diversos municipios del Estado de México no se escapan a esta realidad nacional y para la disposición final de los RSM que generan los habitantes y empresas ubicadas en los límites de dichos municipios los cuales son utilizados como tiraderos a cielo abierto. Estos SDF ocasionan daños al ambiente y presentan una serie de problemas a las colonias vecinales donde se establecen estos SDF.

En este sentido, las autoridades de la **Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México (SEGEM)**, por medio de la **Coordinación General de Conservación Ecológica (CGCE)** consientes de su responsabilidad en el aspecto ambiental y con el fin de minimizar los posibles problemas de contaminación que puedan ocasionar el SDF una vez concluida su vida útil. Para realizar la clausura y saneamiento de los SDF mediante la elaboración de proyectos para el saneamiento de estos sitios. Con el fin de poder ayudar a este gran problema presento el siguiente tema de tesis denominado **Saneamiento y Elección de Sitios para Residuos Sólidos Municipales**, con la finalidad de llevar a cabo este trabajo de investigación. Se eligió en forma particular el municipio de **Tultitlán, Estado de México**, que no escapa a esta realidad nacional que para la disposición final de los RSM que generan sus habitantes y empresas en la zona, el municipio cuentan con un tiradero a cielo abierto ubicado en los límites del **Parque Ecológico Estatal de la Sierra de Guadalupe** este SDF ocasiona daños al ambiente y presenta una serie de problemas a las colonias vecinas, este documento describe las principales actividades y resultados del **Saneamiento y Clausura del Sitio de Disposición Final de Residuos Sólidos Municipales** de este municipio, con lo cual la metodología de este documento se pueda llevar en una forma general a los municipios que presenten la problemática mencionada anteriormente.

Es innegable que el cierre de un SDF sin planeación, contribuye al deterioro del ambiente en la zona donde se localiza, ya que provoca problemas de contaminación del suelo, agua y aire. En el caso del agua, los efectos negativos se llegan a manifestar cuando no se controlan los lixiviados y estos alcanzan los mantos freáticos o escurrimientos superficiales contaminándolos. Con respecto al aire se tienen inconvenientes por la emisión de malos olores derivados de la descomposición anaerobia de los RSM; por la incorporación a la atmósfera de gases como bióxido de carbono, metano y otros compuestos orgánicos volátiles, con riesgo a la salud pública y finalmente el que ocupa el suelo al utilizarlo para cualquier otro fin productivo.

Este trabajo de investigación describe las principales actividades y resultados del **Saneamiento del Sitio de Disposición Final de Residuos Sólidos Municipales, ubicado en el Municipio de Tultitlán, Estado de México.**

CAPITULO I

GENERALIDADES.

CAPITULO I.

1. GENERALIDADES.

1.1. Ubicación del Municipio.

El Municipio de Tultitlán (M de T) se localiza en la parte Noroeste del Estado de México, tiene una superficie de 71.087 km², la altitud en la cabecera municipal alcanza 2,240 m.s.n.m. y forma parte de la región Norponiente del Valle Cuautitlán-Texcoco, encontrándose enclavado en la provincia fisiográfica del eje Neovolcánico formando parte de la subprovincia de Lagos y Volcanes de Anáhuac.

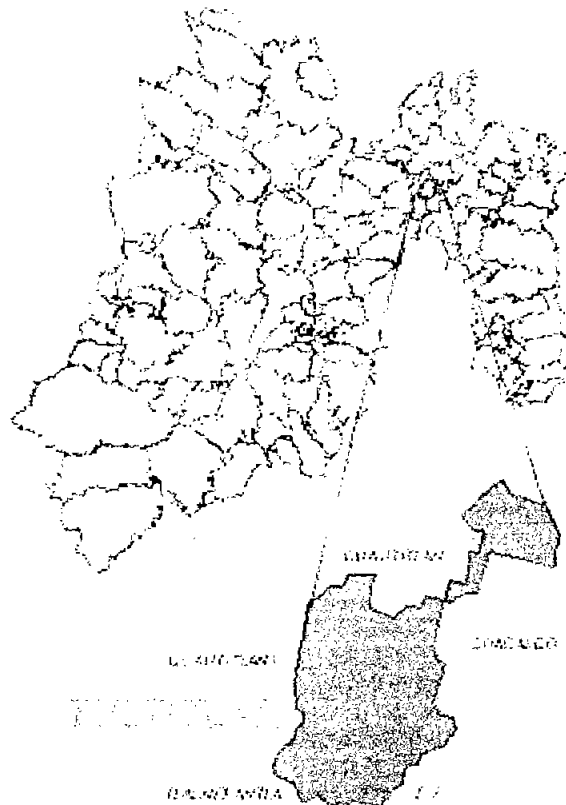


Figura No. 1.1. Localización del Municipio de Tultitlán.

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

1.1.1. Problemática.

Una de las grandes problemáticas del Municipio de Tultitlán en cuestión ambiental son los RSM, que generan los sectores, industrial, comercios y otros servicios, los cuales son depositados en tiraderos a cielo abierto localizados en los límites del municipio, estos SDF ocasionan daños al ambiente y presentan una serie de problemas a las colonias vecinales donde se establecen éstos.

La ubicación del tiradero municipal se encuentra en la Sierra de Guadalupe, en la parte Sur del municipio. El tiradero municipal, con una superficie de 9.6 hectáreas, opera desde hace aproximadamente 22 años o más y actualmente se encuentra sobresaturado, los residuos sólidos que llegan no reciben ningún tratamiento antes de su disposición final, desde hace varios años no se realiza ninguna operación de cobertura de residuos.

En la figura número 1.2. Se aprecia la generación de residuos sólidos por sector, estimada para Tultitlán hasta el año 2015.

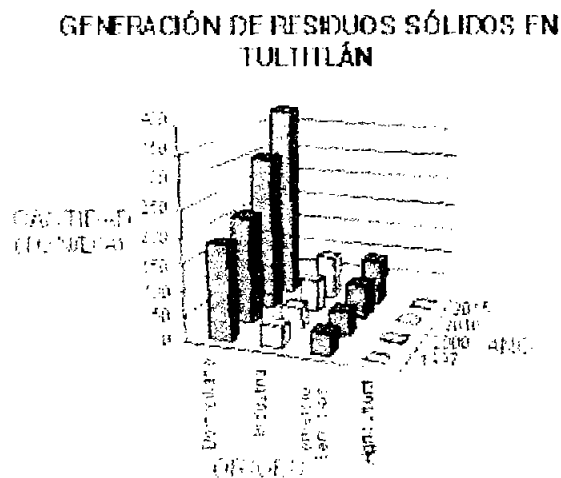


Figura No. 1.2. Generación de RSM.

Esta gráfica muestra el enorme crecimiento en la generación de RSM con respecto al tiempo, el cual despierta la incertidumbre para determinar la ubicación de sitios adecuados

para ser utilizados como rellenos sanitarios regionales cumpliendo las especificaciones de la norma oficial mexicana NOM-083-ECOL-1996.

1.2. Historia General del Sitio de Disposición Final.

El SDF del Municipio de Tultitlán inicio su operación aproximadamente a principios de 1979 en forma irregular, el sitio siempre ha sido operado como tiradero a cielo abierto por las autoridades municipales, debido a su origen, su infraestructura carece de algunos elementos importantes que requieren los sitios controlados de disposición final, tales como la impermeabilización del fondo, los sistemas de control de biogás y lixiviados y la cobertura regular de los RSM depositados.

Durante varios años se identifico a este sitio como único lugar oficial para confinar los RMS generados en el Municipio de Tultitlán. Este SDF siempre ha funcionado a cielo abierto y después de prácticamente trabajar más de 22 años, la vida útil del sitio ha terminado y para ello la **SEGEM** a través de la **CGCE** considera la clausura y saneamiento de SDF.

1.2.1. Ubicación y Superficie.

El SDF de RSM, del Municipio de Tultitlán se encuentra ubicado geográficamente entre los paralelos $19^{\circ}35'27''$ y $19^{\circ}35'40''$ de altitud Norte y $99^{\circ}08'48''$ y $99^{\circ}09'07''$ de longitud Oeste en lo que sería una continuación de la Avenida de las Torres de la Colonia Río Hondo en la parte Sureste del Municipio, en el piemonte del Parque Ecológico Sierra de Guadalupe. En la figura 1.3 se presenta la localización del SDF del Municipio de Tultitlán.

El acceso SDF desde la Vía López Portillo, es entrando por la Calle Hermenegildo Galeana, la cual es una de las principales vialidades para acceder a la zona Sur del Municipio de Tultitlán, continuar hasta el cruce con Avenida Insurgentes, doblar hacia la derecha en la Calle Álvaro Obregón; continua hasta el cruce con la Calle 1° de mayo vuelta hacia el Oriente hasta el cruce con Avenida de las Torres. En este punto cambiar de dirección

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

hacia el Sur y continuar hasta la intersección del camino de terracería con otra avenida de trazo perpendicular, también denominada Avenida de las Torres.

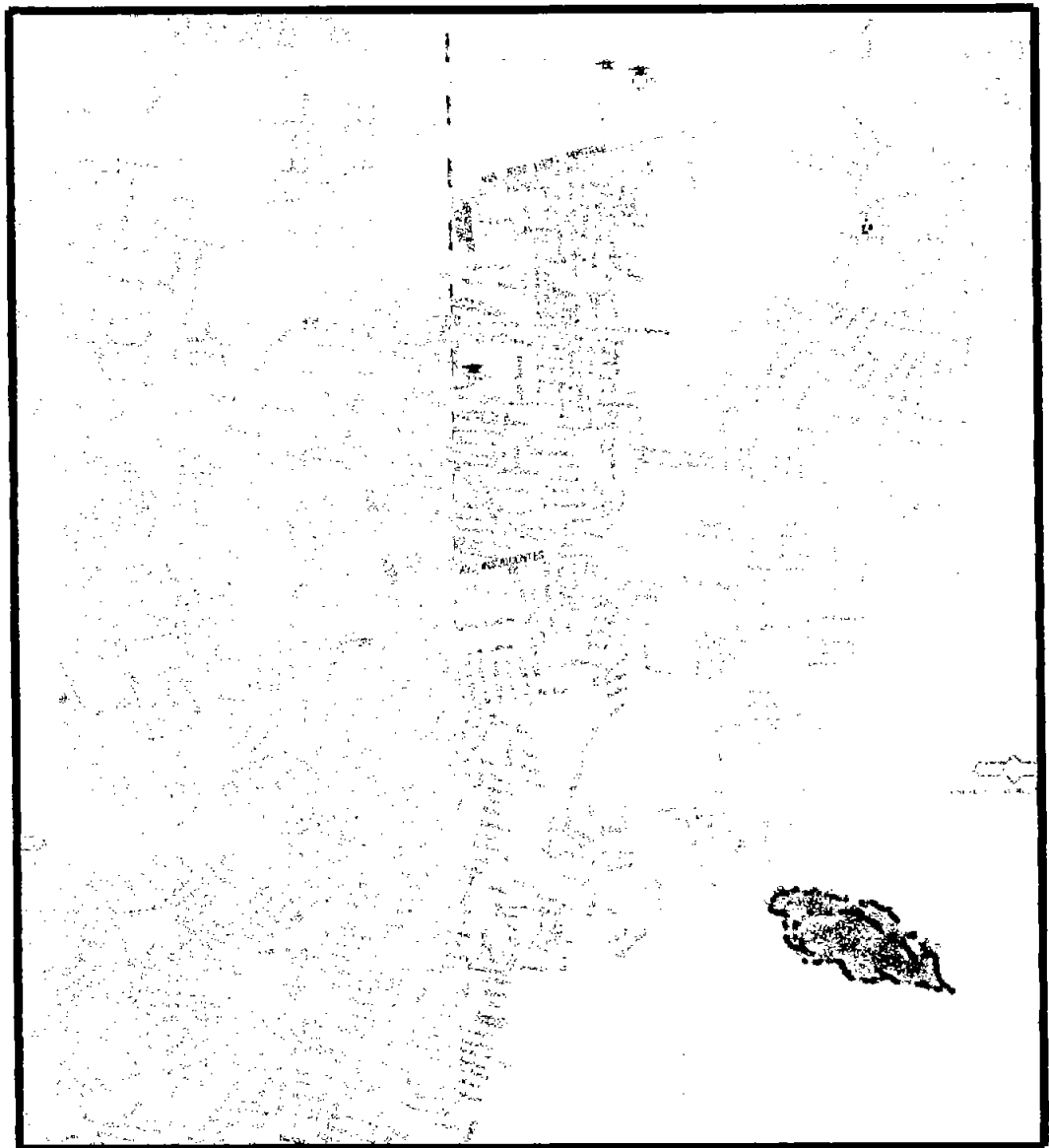


Figura No. 1.3. Ubicación del SDF del Municipio de Tutitlán.

Esta avenida en dirección hacia el Sureste permite acceder hacia el Sur de la calle Ecología, la cual conduce hasta una caseta, empleada para control de acceso de vehículos al SDF.

1.2.2. Colindancias.

El SDF se ubica en los límites del **Parque Ecológico Sierra de Guadalupe**. Colinda al Sur con una pequeña área agrícola ejidal dentro de la Sierra; al Norte y Este con las zonas boscosas de la Sierra; al Noroeste con la Colonia Ampliación Sierra de Guadalupe y al Oeste con la Colonia Sierra de Guadalupe.

La superficie del SDF es de 9.6 hectáreas, de las cuales 6.5 hectáreas, fueron usadas para depósito de RSM y las restantes 3.1 hectáreas, son de terreno natural donde no se depositaron RSM. Recibió un promedio de 350 toneladas diarias provenientes de las zonas habitacionales del municipio y muy posiblemente de industria instaladas en el Norte del Valle de México.

1.2.3. Historia del Sitio de Disposición Final.

No existe evidencia de alguna preparación o construcción de algún elemento en el SDF tal como impermeabilización o infraestructura para el control de contaminantes que se generan en los procesos bioquímico que se desarrollan en los RSM.

Se estima, ya que no existe evidencia documental que las labores de operación del SDF se inicio desde el año de 1979 y en la actualidad se siguen depositando residuos. La cantidad aproximada que se ha depositado hasta este momento la cantidad de 665,000 toneladas, (530,000 m³.) de RSM, si bien éste es el volumen actual, se estima que realmente se ha depositado 865,000 toneladas y que por efecto de degradación y la compactación natural en la actualidad yace la primera cantidad mencionada.

El método de operación utilizado en el SDF fue el de área. La altura promedio de los taludes es de 24 metros y sus pendientes varían de 1.5:1 a 2:1.

El método utilizado consiste en el empuje de RMS que son depositados en el frente de trabajo por los vehículos recolectores, posteriormente mediante el empuje de los mismos con el uso de maquinaria utilizada, principalmente buldózer y la compactación de los RMS con el paso de la maquinaria.

1.2.4. Operación.

La operación del SDF tiene tres etapas, la primera y la tercera bajo el municipio y una intermedia operada por **SEGEM**. En un estudio realizado por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (**PROFEPA**) menciona que en un tiempo el SDF fue operado por un concesionario, sin embargo no se dan detalles de esta etapa.

En el año de 1991, el SDF de los RSM del M. de T. ocupaba un área de 5 hectáreas, era administrado por el municipio, el cual no contaba con ningún control sanitario o ambiental, por lo que se considera como tiradero a cielo abierto.

Se disponían 200 toneladas diarias de RSM. Eventualmente eran esparcidos, acomodados y cubiertos con tepetate, con apoyo de dos tractores sobre orugas; un D-8 y un D-165 y dos retroexcavadoras Caterpillar propiedad del municipio.

La operación que se llevaba a cabo era la siguiente: los vehículos con RSM recolectados, llegaban al sitio y pasaban al área de descarga, donde depositaban su carga a ras de piso para que los grupos de pepenadores iniciaran su labor, una vez que terminaban la recuperación de subproductos, los residuos eran esparcidos y compactados con los tractores.

En el SDF eran dispuestos indiscriminadamente RSM y residuos industriales (peligrosos y no peligrosos), todos provenientes de plantas de tratamiento, materiales producto del desazolve y residuos hospitalarios.

Otros problemas que se presentaba y que en la actualidad persiste, era la gran generación de líquidos percolados contaminantes, que fluían de manera importante por los taludes que escurrían por el cause de un arroyo, provocando degradación del medio ambiente. La situación se agravaba ya que el sitio se encuentra ubicado en una zona considerada de recarga del acuífero, sobre una formación de rocas ígneas fracturadas.

Por otro lado, la generación y emisión descontrolada de biogás representaba un peligro potencial para los pepenadores que viven en el lugar, además de que incrementaba el potencial de que se produjeran incendios. Durante la época de estiaje era común que el SDF del M. de T. se incendiara, deteriorando gravemente la calidad del aire de la zona. Además era práctica común que los pepenadores quemaran los RSM con el objeto de reducir su volumen, situación que llevó a incendios en este SDF.

Durante el período comprendido de 1992 a 1995; el M. de T. recibió el apoyo de la **SEGEM** para operar el SDF de RSM ubicado en la sierra de Guadalupe. Este apoyo se brindó dentro del marco del Programa Metropolitano de Manejo de Residuos Sólidos, aplicando recursos federales y estatales.

La **SEGEM** apoyaba con maquinaria pesada para el movimiento y conformación de los RMS, y para su cobertura tepetate; se disponía también con traxcavos para la carga y depósito de materiales sobre vehículos de volteo para el acarreo y transporte de materiales; una motoconformadora para nivelado y alzado de la superficie del terreno; y vibro compactadores para compactar el material. También se encargaba de suministrar el material de cobertura (tepetate). La operación era propia por la **SEGEM**, la única responsabilidad del municipio consistía en controlar la entrada de los vehículos de recolección de los RSM al SDF.

A partir de la entrega por parte de la **SEGEM** a el Ayuntamiento de Tultitlán, la operación del SDF, a finales del año 1995, el sitio es operado irregularmente, el municipio adquiere maquinaria para manejar los RSM, pero no los cubre con tepetate; ya no se tiene control sobre el tipo de residuos que ingresa, así que el sitio pasa a la categoría de tiradero a cielo abierto.

1.2.4.1. Ingresos de Residuos Sólidos.

Con la información recolectada, en el SDF se dispone un promedio de 350 toneladas de RSM al día. Es importante destacar que el sitio se desarrolló inicialmente sin ningún plan determinado y sin contar con condiciones adecuadas para prevenir la contaminación de los acuíferos y otras unidades ambientales. El sitio ha recibido un volumen estimado de un poco más de 665,000 toneladas de RSM a lo largo de su vida operativa.

Actualmente la vida útil del sitio se encuentra en su etapa de culminación debido al agotamiento de su capacidad volumétrica, por lo cual se debe implementar las medidas de control para prevenir efectos ambientales nocivos, tanto en forma inmediata como a futuro.

Los RSM que se depositaron durante su vida útil del SDF provienen principalmente de los habitantes, comerciantes e industrias ubicadas en el municipio, sin embargo existe la sospechas que también se depositaron residuos industriales recolectados por empresas privadas que depositaron en este sitio y como también otros particulares.

Las características físicas de los residuos depositados en el SDF de acuerdo a sus procedencias, se observan que los residuos alimenticios y de jardinería son los subproductos encontrados en mayor cantidad, luego los subproductos como papel, cartón, vidrio, plástico y otros. Los materiales reciclables que en su mayoría son retirados en el frente de trabajo de los pepenadores.

La infraestructura con la que cuenta el sitio de disposición final está compuesta por una caseta donde personal del municipio mantiene dicho control. Los tipos de vehículos recolectores que transportaron los RSM al SDF fueron: Cargador frontal, contenedores, carga lateral tubular, carga trasera, redilas grande, volteo, contenedor chico y unidades como pick up, combi.

1.2.4.2. Pепенadores.

Desde el inicio de operaciones en 1979 se llevan a cabo trabajos de pepena. Los pepenadores colectaban los materiales reciclables de ingreso y los transportaban a los pesadore para su venta. Los materiales y subproductos que se comercializan son: Vidrio, cartón, lámina, papel, fierro, plástico, aluminio, trapo y chácharas como juguetes, zapatos, artículos eléctricos inservibles, etc. En el sitio laboran cerca de 40 pepenadores, los cuales habitan el lugar.

Dentro del SDF existe alrededor de 25 viviendas construidas con diversos materiales, las cuales son habitadas por los pepenadores que realizan la selección y colecta de los materiales reciclables para su comercialización. Hacia el Sureste del sitio se localiza otro conjunto menor de viviendas, éstas se encuentran por arriba del nivel de desplante del talud del montículo de los RSM y a una distancia aproximada de 100 metros.

En la zona del extremo Oeste del montículo de residuos y prácticamente sobre el cause del arroyo que conduce los lixiviados provenientes de la laguna, se localiza otro conjunto de viviendas de construcción parcial. En este SDF existen pepenadores los cuales deberán ser retirados al momento de la clausura.

1.2.5. Situación Actual del Sitio de Disposición Final.

Actualmente la situación que guarda el SDF de Tultitlán es el siguiente: El SDF no se encuentra delimitado con cerca, sólo se cuenta con una cadena colocada en el acceso fuera del horario de operación. El sitio ésta abierto de lunes a sábado de las 7:00 a 18:00 hrs. En la caseta de control de acceso se encuentra el responsable del sitio, el cual lleva el registro de los vehículos que acceden para disponer los RSM recolectados.

El costo correspondiente al derecho de acceso y deposito de los residuos es de \$10.00 pesos (diez pesos 00/100 M.N.) por viaje.

El camino de acceso interno es de 7 metros de ancho en promedio y tiene una longitud de 120 metros desde la caseta al montículo de residuos, punto en el que inicia la rampa de semiperimetral. El camino que conduce a la parte alta del sitio en el extremo Oriente del montículo conformado por los RSM es en promedio de 12 metros. Posteriormente continúa un camino mal definido para acceder al frente de tiro.

El SDF presenta en planta una forma irregular y alargada en orientación Este a Oeste los RSM que no se han compactado, lo que propicia considerable inestabilidad de los taludes y la disminución del tiempo de vida útil por el abultamiento mayor en el volumen.

Hacia el Suroeste del montículo de residuos, existe una laguna de aproximadamente 250 metros cuadrados y una profundidad de un metro, la cual contiene lixiviados provenientes del SDF, la excavación de esta laguna fue realizada hace varios años por el propietario del predio contiguo al SDF, con el propósito de almacenar agua pluvial para su posterior aprovechamiento en el riego de sus cultivos. Sin embargo, al pasar el tiempo e irse incrementando la superficie ocupada por el montículo de residuos, la laguna se lleno de lixiviados.

Actualmente la laguna de lixiviados esta conectada con el cause de un arroyo intermitente a través de una alcantarilla que atraviesa el camino de acceso interno particularmente en el punto en el que éste converge con el montículo de los residuos y de una zanja que vierte los lixiviados al cause del arroyo mencionado, el cual corre de Este a Oeste y colinda con el lindero Norte del SDF de Tultitán.

En dirección hacia el Sureste de la citada laguna, se encuentra una segunda laguna de lixiviados de aproximadamente 80 metros cuadrados de superficie y 30 centímetros de tirante, a la cual escurren superficialmente los lixiviados que drenan a lo largo del talud Sur del montículo de RSM.

El equipo utilizado por el SDF es el siguiente:

- Buldózer marca Komatu
- Cargadora-retroexcavadora sobre ruedas marca Ford
- Buldózer marca Caterpillar
- Buldózer marca Caterpillar

Estos equipos con excepción de uno se encontraban sin funcionamiento debido a la falta de mantenimiento.

A la fecha, por las dimensiones y condiciones del camino de acceso al frente del tiro, los vehículos recolectores deben acceder al frente de tiro en reversa. Por el tamaño de este frente solo se permite la descarga simultánea de tres vehículos, lo que provoca que el tiempo de espera de los vehículos recolectores sea tardado.

La mayoría de los vehículos que ingresan al SDF son camiones de descarga lenta, lo que entorpece la descarga de los residuos, al tenerse que llevar a cabo de manera casi manual, auxiliándose con herramientas que consiste en ganchos metálicos.

Se puede afirmar que el SDF es un tiradero a cielo abierto, sin control ni registro de la cantidad de RSM que ingresan. Ya que no existe interés por parte de los responsables para brindarle mantenimiento a la maquinaria, así como para aportar material de cobertura.

1.2.6. Descripción del Escenario Ambiental antes de Ejecutar el Proyecto

El SDF ha operado durante años como tiradero a cielo abierto, al no tener control sobre los residuos que ingresan a él, se ha depositado residuos catalogados como peligrosos, presentándose un riesgo al ambiente y a la salud de los pepenadores que laboran en el sitio, a la población aledaña, así como para los operadores de los vehículos de recolección y los de la operación del SDF.

De la identificación de contaminantes generados en el SDF municipal, el más significativo resulta ser el lixiviado que se genera, ya que se aprecia un vertido incontrolado de lixiviados al arroyo aledaño al SDF, conduciendo estos lixiviados a lo largo de su recorrido hacia la zona urbana, propiciado el contacto de los habitantes de la zona.

El área de influencia del escurrimiento del arroyo con un gran contenido de lixiviados, así como el potencial tan grande de contacto directo con los pobladores, La **PROFEPA**

realizo la prueba de análisis CRETIB, encontrando que dichos lixiviados resultaron ser peligrosos por sobrepasar la concentración permisible de cromo hexavalente.

En las condiciones que se encuentra operando el SDF de Tultitlán, este presenta un riesgo potencial de incendios, por la presencia de gases generados por la descomposición de los RSM, lo cual asociado con el libre acceso de personas ajenas al mismo, la falta de vigilancia, la carencia de procedimientos de seguridad, la falta de infraestructura y procedimientos contra incendios, lo que podría ocasionar un siniestro de grandes dimensiones con posibilidad de extenderse a la zona forestal de la Sierra de Guadalupe.

CAPITULO II

ESTUDIOS E INVESTIGACIÓN DE CAMPO.

CAPITULO II.

2. ESTUDIOS E INVESTIGACION DE CAMPO.

2.1. Topografía.

Para la realización de los trabajos de topografía se realizó una visita de presentación a las oficinas de la **Coordinación Regional de Coacalco**, de la **CGCE** con sede en Tultitlán, entrevistándome con funcionarios de esa Dependencia, quienes me proporcionaron del plano topográfico 1/8 a escala 1:5000 del año 1994 del subproyecto Sierra de Guadalupe, donde indica la poligonal que define los límites del Parque Estatal Sierra de Guadalupe en el Estado de México.

Asimismo, se ubicaron las mojoneras de los vértices 77 y 79 de dicha poligonal. A partir de éstos se definieron el punto de arranque la realización de la poligonal envolvente, la cual es la base para las proyecciones de la clausura y saneamiento del SDF del Municipio de Tultitlán, Estado de México.

Los trabajos del levantamiento topográficos se realizaron con el siguiente equipo:

- Estación total marca Topcon, modelo GS-301 de 1" de precisión.
- Colectora HP 48 SX.
- Prismas reflejantes.
- Balizas extensibles a 4 metros.
- Tripie de aluminio.
- Equipo menor (cinta métrica, sacabocados, palas, barretas).
- Radios de comunicación de onda corta y onda larga.

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

El levantamiento planimétrico y altimétrico se realizó con una estación total, el cual contiene:

- Vialidades de la periferia.
- Configuración del Sitio de Disposición Final.
- Curvas de nivel.
- Localización de infraestructura existente.

La elaboración de planos se procesó con el siguiente software:

- AUTOCAD 14.
- T.D.S.
- CIVIL CAD.

Los trabajos de campo se determinaron a partir de los puntos donde se colocaron las mojoneras de la poligonal envolvente.

Los trabajos del levantamiento se realizaron con el siguiente personal;

- Un ingeniero topógrafo.
- Un ayudante de ingeniero.
- Dos cadeneros.
- Un machetero.
- Dos peones para la colocación de las mojoneras.

Se llevó a cabo el levantamiento topográfico tomando secciones que cruzarán el SDF, considerando de suma importancia todos los puntos que marcarán cualquier cambio de pendiente o de dirección sobre alguna vialidad existente. Considerando para ello, los puntos bajos a pie de talud y en la parte superior a hombro de talud, así como ancho de caminos y pie de talud del siguiente montículo o plataforma, siempre llevando una misma dirección hasta cruzar el SDF y llegar a los límites que se fijaron en la poligonal envolvente.

El levantamiento de la poligonal se realizó mediante el método tradicional, midiendo ángulos interiores derechos y distancias horizontales. Partiendo, de un vértice GPS-1 conocido.

Esto se realizó mediante la captura de los datos obtenidos del levantamiento, en una colectora modelo HP 48 SX, misma que mediante el software denominado Survey Link, creado por Trípode Data System (TDS) que permite que los datos colectados sean transferidos a una computadora en un grupo de coordenadas X, Y y Z, para ser unidas de forma consecutiva y transformada en un archivo DXF, el cual contiene toda la información colectada en un formato accesible para AUTOCAD 14. Posteriormente la unión de todos estos puntos a manera de formar el plano base de dicho levantamiento, se obtiene la planimetría del sitio.

De esta información con que se cuenta, se seleccionan los puntos a ser utilizados en la creación de las curvas de nivel, una vez seleccionados los puntos se utiliza la paquetería CIVIL CAD para AUTOCAD 14, elaborándose un plano topográfico planimétrico y uno altimétrico, con curvas de nivel intermedias a un metro cada una y curvas maestras a cada cinco metros, las cuales representan el relieve del sitio.

2.2 Geología.

El área de estudio se encuentra en el interior de la Sierra de Guadalupe, la cual presenta una elevación topográfica máxima de 3,000 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m) en el Cerro Pico Tres Padres, en contraste con las planicies que se encuentran en promedio a 2,240 m.s.n.m; las pendientes de las laderas que integran la elevación topográfica son predominantemente fuertes, variando a moderadas en las laderas, con respecto a planicie como es de esperarse, son sensiblemente planas, es de mencionar que ocasionalmente en las laderas se presentan con un gran número de caídos y rodados, la zona de planicie reporta grandes agrietamientos de importancia.

2.2.1. Geología Regional.

El área en estudio pertenece a la Provincia Fisiográfica conocida como Eje Neovolcánico Transmexicano, del cual forma parte la Cuenca de México. El área de estudio se caracteriza por presentar en su porción central una Topografía de lomeríos con pendientes fuertes a moderadas, con pequeñas barrancas, las que han sido labradas por arroyos intermitentes que siguen el patrón de fracturamiento regional, las zonas bajas se encuentran constituidas por un potente espesor de acumulación de sedimentos que presentan suaves pendientes.

Desde el punto de vista litológico la región está constituida por una gran variedad de rocas ígneas, que fueron emitidas a través de un importante número de aparatos volcánicos originados en el Cenozoico. En este trabajo se agrupa las rocas volcánicas de edad Mioceno Medio y Tardío presentes en la base de la sierra y los depósitos volcánicos de edad Plioceno Temprano, localizados en la cima como Rocas Volcánicas del Terciario Indiferencia (Tvi); las primeras representadas por tobas, brechas y derrames que en algunos lugares se encuentran estratificados con brechas volcánicas, siendo la clasificación tipo andesitas de lamprobolita o de augita, de textura porfídítica, andesitas de hipersiena de textura afanítica y dacitas de textura porfídítica, rocas que pueden apreciarse en los cerros El Jaral, El Panal, El Tenayo, Chiquihuite, Tlalayotes, Zacatenco y Gordo, entre otros.

Coronando las partes altas de la sierra se aprecian andesitas y dacitas de textura afanítica, así como secuencias piroclásticas no consolidadas representadas por tobas cristalinas, vítreas, líticas y pumíticas intercaladas por derrames lávicos, las elevaciones que la representan son los picos Tres Padres, Moctezuma, El Picacho y El Fraile, entre otros. Es de mencionar que ocasionalmente se presentan abanicos aluviales constituidos por material piroclástico y aluvial granular no consolidado de edad Pliocénica (Tpt) correlacionable con la Formación Tarango.

En la parte baja de la sierra se tiene la acumulación de depósitos de suelo, materiales aluviales y fluviales de espesor y extensión variable, intercalados con depósitos piroclásticos. A estos suelos se les asigna una edad Pleistoceno a Holoceno (Qs), registros de exploración Geotécnica e Hidrogeológica detectaron depósitos de grava, arena, limos y arcillas que

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

varían conforme se profundiza, a conglomerados y brechas con intercalaciones de arcillas, tobas e inclusive derrames lávicos, basálticos y andesíticos, o bien, a arenas, limos y arcillas con interestratificación de tobas de grano fino y lapilíticas; estos suelos se caracterizan por una gran heterogeneidad en la granulometría y por espesores que se adelgazan hacia sus márgenes.

La planicie que circunda a la Sierra de Guadalupe se encuentra constituida predominantemente, por suelos finos originados bajo un ambiente lacustre que estuvo sujeto a variación del nivel del agua, se tienen registros que este ambiente de depósito se originó a fines del Pleistoceno a inicios del Holoceno (Q1a), cuando la región se vio afectada por el cierre de sus cuencas o valles existentes, dando paso a la formación de grandes cuerpos de agua que propiciaron la acumulación de sedimentos clásticos arcillosos, limoso, arenoso y vidrio volcánico, conocido como Formación Arcillosa Inferior (FAI).

Representando a los períodos de sequía se tienen depósitos aluvio-lacustres de composición predominantemente limo-arcillosa (Primera Capa Dura, 1ª CD), para nuevamente registrarse intercalaciones de arcillas, limos y limos arenosos que representan recuperación del nivel de agua y se denomina Formación Arcillosa Superior (FAS).

Representando la desecación natural y artificial del ambiente lacustre, se tiene una capa dura superficial constituida predominantemente por arcillas, limos arenosos y rellenos artificiales actuales (Capa Dura, CD).

En la Sierra de Guadalupe existen una serie de fallas normales que cortan principalmente a los depósitos piroclásticos de edad Miocénica, llegando a presentarse en estructuras de gravens escalonados; las fallas presentan una orientación preferencial NE-SW, NW-SE, con buzamientos indistintos con ángulo de 60° y 80°, llegan a presentar longitudes de hasta 4 kms., y desplazamientos que varían de unos cuantos centímetros a varios metros.

En conjunto, la estructura presenta un arreglo conjugado definido que, frecuentemente, se encuentran sellados y enmascarados por depósitos de talud consistente con la estructura de Eje Neovolcánico, que presenta un arreglo zigzagante, provocado por

un sistema principal de fracturamiento ortogonal, con dirección Noroeste y Noreste en las fracturas.

Con relación al fracturamiento observado en los suelos que conforman la planicie, se puede decir que estos presentan una orientación preferencial NE-SW, y con menor frecuencia NW-SE, con buzamientos prácticamente verticales. Frecuentemente, estas estructuras se encuentran enmascarados por la urbanización característica de la ciudad.

2.2.2. Geología Local.

La geología en el entorno del SDF está definida por una toba de composición intermedia con granulometría visible de arenas, limos y arcillas. Esta toba presenta fracturas rellenas de calcita, espaciadas cada 0.5 a 1.0 metros y con orientación dominante Este-Oeste; ocasionalmente contiene brechas de dacita, cuyos bloques pueden ser desde varios centímetros cúbicos hasta cinco metros cúbicos en volumen. Esta unidad es similar a la Formación Tarango, que aflora en las márgenes de la Sierra de Las Cruces, esta toba se explotaba como banco de material de arena y tepetate, las excavaciones de este banco fueron utilizadas para disponer RSM sin control.

A lo largo del arroyo lateral que cubre parcialmente el SDF se observa un relleno aluvial y de gravedad, donde fragmentos de roca ígnea de diversos tamaños (centímetros hasta metros) se encuentran empacados en arena y arcilla.

2.3. Geofísica.

Se contemplaron la ejecución de 20 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), con una profundidad de investigación mayor a 100 m. y 10 Sondeos Electromagnéticos, con una profundidad de investigación de 30 m. Sin embargo, para evitar los efectos de variaciones laterales que se presentan en el sitio, se utilizó el Método de Sondeos Electromagnéticos por

Transitorios (SET), con dos tamaños de bobina, una de 50 m. por lado, para investigar a más de 100 m., y otra de 20m. por lado, para investigar a 30 m. de profundidad.

La finalidad de los sondeos electromagnéticos, al igual que otros métodos eléctricos, es la de inferir la distribución de los materiales presentes en el subsuelo a través de sus propiedades eléctricas, en este caso, la resistividad. En este trabajo se realizaron 31 Sondeos Electromagnéticos por Transitorios, denominado con las siglas SET, por Orellana, 1974. En Estados Unidos de América se conoce esta metodología como TEM, siglas de Transient Electromagnetic, Time-Domain Electromagnetic (TDEM), o Pulse Electromagnetic (PEM).

En la etapa de los trabajos de campo se empleó el arreglo de bobina interior con bobinas transmisoras de 20 y 50 m. de lado. Se realizaron 17 sondeos electromagnéticos con bobina transmisora de 50 m. de lado y 14 sondeos con bobina transmisora de 20 m. por lado.

2.3.1. Descripción del Método.

La resistividad eléctrica es una propiedad física de los materiales, en el caso particular del subsuelo, la resistividad depende de las características físico-químicas a las que se encuentran sometidas las rocas, tales como: la composición mineralógica, grado de saturación, fracturamiento y la compacidad, entre otras.

El término transitorio, generalmente se describe como un cambio suave de vida corta entre una condición inicial y un estado estable, es decir, una respuesta transitoria es el camino en el cual el sistema reacciona a un disturbio antes de que alcance el equilibrio.

El principio de operación del método SET, consiste en energizar una bobina no aterrizada, colocada sobre la superficie del terreno. La corriente eléctrica al circular por la bobina transmisora, crea un campo magnético primario. A continuación la corriente se corta de forma rápida, este proceso hace que el campo magnético primario varíe con el tiempo y de acuerdo a la Ley de Faraday, habrá una inducción electromagnética durante este tiempo.

Esta inducción electromagnética resulta en un flujo de corriente en el subsuelo, denominada de remolino. La intensidad de esta corriente a un cierto tiempo y a una cierta profundidad, depende de la resistividad del terreno.

El equipo consiste en un transmisor y un receptor que pueden estar en un mismo dispositivo o pueden estar separados. El transmisor consiste en una fuente que alimenta una bobina colocada sobre la superficie del terreno, con un sistema de corte rápido. La corriente enviada a la bobina en forma de pulsos con polaridad alternante. El receptor realiza la medición cuando se corta la energía a la bobina y sólo se tiene un campo secundario.

El intervalo de tiempo o retardo en una curva de decaimiento varía de 30 microsegundos a centenas de milisegundos (ms), cada curva de decaimiento se mide con espaciamentos logarítmicos, los cuales dan una medida relativamente uniforme de la profundidad. Para que los tiempos que se midan sean adecuados, el transmisor y el receptor deben estar sincronizados.

En un medio estratificado horizontalmente, la corriente de remolino es concéntrica al centro de la bobina transmisora. Inmediatamente después de cortar la corriente en el campo primario, la corriente inducida se concentra cerca de la superficie del terreno, con el incremento del tiempo la corriente es inducida a mayor profundidad, con lo que la máxima corriente inducida se desplaza a mayor profundidad, con el incremento del tiempo abajo del centro de la bobina transmisora. En la bobina receptora, generalmente formada por varias vueltas, se mide la fuerza electromotriz debido al campo magnético secundario causado por la corriente de remolino en el terreno.

En el denominado tiempo temprano, cuando la corriente inducida se encuentra concentrada cerca de la superficie, la fuerza electromotriz reflejará principalmente la resistividad eléctrica de cuerpos superficiales. Cuando se incrementa la corriente inducida a mayor profundidad, la fuerza electromotriz que se obtenga estará influida por las propiedades de capas profundas.

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

En este método SET, la profundidad de exploración está controlada principalmente por el tiempo de medida, después del corte del campo primario.

La fuerza electromotriz obtenida en la superficie del terreno debida a un campo magnético secundario provocado por la corriente de remolino en el terreno, varía con el tiempo y la distancia al centro de la bobina transmisora.

En los sondeos electromagnéticos las secciones geoelectricas se derivan de medir la fuerza electromotriz debida al campo magnético vertical, el cual se mide como una función del tiempo en el período en que el transmisor está apagado.

La fuerza electromotriz puede ser similar a un decaimiento, con un incremento rápido del tiempo después de un periodo inicial. Una curva de decaimiento transitorio de pocas decenas de milisegundos contiene información de capas de resistividad a una profundidad considerable.

El decaimiento transitorio debido a una corriente de remolino en el subsuelo se mide en presencia de ruido ambiental, tormentas geomagnéticas, líneas de conducción eléctrica de 60 Hz., etc., por lo que es común apilar varias decenas de decaimientos transitorios para mejorar la señal de ruido, además de usar filtros para eliminar señales no deseadas. El apilamiento de varias decenas de curvas de decaimiento transitorio se realiza en unos pocos segundos, por lo que la toma de datos es relativamente rápida.

La profundidad efectiva máxima de exploración es función del tamaño de la bobina transmisora, de la sección geoelectrica y del tiempo máximo donde la señal medida pueda recuperarse del ruido. Si para un tamaño de bobina en particular, el ruido excede a la señal en el intervalo de tiempo de toma de datos, el tamaño de la bobina de transmisión debe de incrementarse.

El procedimiento para mostrar la información obtenida con el método es similar a las usadas en otros métodos eléctricos y electromagnéticos. Por lo que es común transformar la fuerza electromotriz medida a diferentes tiempos, en resistividad aparente.

El objetivo del procesamiento de la información obtenida con el método, es conocer la solución de la estratificación de las resistividades en el subsuelo producidas por un decaimiento transitorio. La transformación de la información obtenida con el método en una estratificación de resistividad, se obtuvo ejecutando una inversión unidimensional con el programa **TEMIX**.

2.3.2. Equipo Empleado.

El equipo utilizado en la obtención de los datos de campo es el siguiente:

- Receptor GDP-32 (Geophysical Data Processor) marca Zonge, que es un receptor electromagnético digital multicanal, cuenta con un procesador 80C386SXL y coprocesador matemático 80C387SL, memoria de 384 Kb, puerto serial RS232, con pantalla de cristal líquido (256X128 puntos), teclado de 37 alfanuméricos y 30 funciones, medidor analógico de señal de entrada, filtros analógicos y digitales.
- Controlador XMT-32, sincroniza el transmisor con el receptor.
- Transmisor ZT20, transmisor controlado para sondeos transitorios, emite hasta 25 A, tiene pantalla de cristal líquido para mostrar corriente, voltaje, tiempo de corte, etc.
- Accesorios (posicionador GPS, carretes con 200 m. de cable para la bobina transmisora).

2.3.3. Resultados de Geofísicos.

La resistividad eléctrica es una propiedad física de los materiales, en el caso particular del subsuelo la resistividad depende de las características físicas y químicas a las que se encuentran sometidas las rocas, tales como: la composición mineralógica, grado de saturación, fracturamiento y la compacidad, entre otras.

Con la finalidad de obtener la distribución de las unidades resistivas se realizaron dos tipos de análisis de la información; uno cualitativo y otro cuantitativo. En el análisis cualitativo se compararon las curvas obtenidas. Para el análisis cuantitativo se formaron cuatro líneas de sección geoelectricas con los espesores y resistividades verdaderas.

2.3.3.1. Perfil Geoelectrico Línea 1.

El perfil geoelectrico de la Línea 1, construido con 10 SET's, con bobina transmisora de 50 m. por lado (1 al 10), el cual tiene una extensión de 500 m. En el perfil se observa la presencia de los RSM bajo el sondeo 1, en los SET's 10 y 1 se observa una unidad atribuida a material de talud (rocas empacadas en material arcillo-arenoso), con resistividades de 75 a 200 ohm-m. Entre los SET's 2 al 9, se tienen al suelo cubriendo a tobas, pertenecientes a la Formación Tarango; la toba somera es de material más grueso (resistividades de 50 a 60 ohm-m), mientras que la segunda toba es areno-arcillosa (resistividades de 10 a 50 ohm-m).

2.3.3.2. Perfil Geoelectrico Línea 2.

Esta línea mostró, el perfil geoelectrico que se formó con 8 SET's, con bobina transmisora de 50 m. por lado y tiene una extensión aproximada de 610 m. El perfil es similar al de la Línea 1, bajo los SET's 1 y 2 se tiene a los RSM con resistividades de 2 a 16 ohm-m; la toba de fragmentos grandes presenta resistividades de 50 a 260 ohm-m, mientras que la toba areno-arcillosa presenta valores de 1 a 50 ohm-m, bajo los sondeos 1 y 2 se observa la presencia de una zona con lixiviado.

2.3.3.3. Perfil Geoelectrico Línea 3.

Esta línea, se construyó a partir de 8 SET's, con bobina transmisora de 20 m. por lado, tiene una extensión aproximada de 140 m. Esta línea muestra bajo las SET's 1y 2 aproximadamente 8 m. de RSM, descansando sobre las tobas de la Formación Tarango. No se observa la presencia de lixiviado.

2.3.3.4. Perfil Geoeléctrico Línea 4.

La línea puede observar, el perfil geoeléctrico de esta línea se formó con 6 SET's de bobina de 20 m. de lado (5, 17, 21 y 22), tiene una extensión aproximada de 100 metros. El perfil muestra la presencia de la toba areno-limosa.

2.4. Hidrogeología.

2.4.1. Inventario de Obras de Captación.

En el Registro Público de Derechos de Agua de la Comisión Nacional del Agua (CNA), para el Municipio de Tultitlán se tienen registrados 30 pozos, 23 de uso industrial, tres para uso potable y cuatro para riego agrícola. Uno de los registros corresponde al Organismo Operador del Municipio de Tultitlán, quien se encarga del manejo de 19 aprovechamientos.

También en la zona de estudio se encuentran diez pozos pertenecientes al ramal Línea Ferrocarril, operados por la Gerencia Regional de Agua del Valle de México (GRAVAMEX), de la CNA.

En la tabla 2.1 se muestra el listado de aprovechamientos identificados en el área de estudio. Se inventariaron un total de 44 obras de captación de agua subterránea en la región de estudio, todas correspondientes a pozos.

"SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES."

Tabla No. 2.1. Listado de Aprovechamiento Hidráulico.

Longitud	Latitud	Numero	Nivel.E	Nivel.D	Fuente	Municipio	Gasto (L.P.S)	Profundidad (m)	Diámetro Adorno	Tipo de Bomba	Diámetro Tubería de	Diámetro Tubería de	Altitud (m.s.m)
482960	2170525	T1	*	*	No.3 CNA GRAV	Tultitlán	*	*	*	*	*	*	*
483301	2170844	T2	*	*	No.4 CNA GRAV	Tultitlán	*	*	*	*	*	*	*
483607	2171122	T3	*	*	No.5 CNA GRAV	Tultitlán	*	*	*	*	*	*	*
484068	2171551	T4	*	*	No.6 CNA GRAV	Tultitlán	*	*	*	*	*	*	*
484425	2171878	T5	*	*	No.7 CNA GRAV	Tultitlán	*	*	*	*	*	*	*
484796	2172217	T6	*	*	No.8 CNA GRAV	Tultitlán	*	*	*	*	*	*	*
485163	2172557	T7	*	*	No.9 CNA GRAV	Tultitlán	*	*	*	*	*	*	*
482589	2170183	T8	*	*	No.2 CNA GRAV	Tultitlán	*	*	*	*	*	*	*
482833	2169800	T9	64.46	*	BUENAVISTA RE	Tultitlán	*	190	12"	Centrífuga	8"	8"	2240
483490	2169798	T10	*	*	VIVEROS	Tultitlán	33.9	200	24"	Centrífuga	8"	10"	2240
484375	2168964	T11	*	*	SAN MATEO CO	Tultitlán	*	*	*	*	*	*	*
484151	2169784	T12	*	*	SAN MATEO APA	Tultitlán	40	250	24"	Centrífuga	8"	10"	2240
487613	2170401	T13	*	*	S/BOMBA	Tultitlán	*	*	*	*	*	*	*
488613	2172584	T14	*	*	UNIDAD HAB	Tultitlán	*	*	*	*	*	*	*
487925	2171808	T15	*	*	3 BOMBAS CH	Tultitlán	*	*	*	*	*	*	*
488442	2171912	T16	*	*	FRACCIONAMIENTO	Tultitlán	*	*	*	*	*	*	*
487838	2171352	T17	*	*	FRACCIONAMIENTO	Tultitlán	*	*	*	*	*	*	*
487410	2171273	T18	*	*	FRACCIONAMIENTO	Tultitlán	*	*	*	*	*	*	*
487154	2170522	T19	*	*	ABANDONADO	Tultitlán	*	*	*	*	*	*	*
486837	2170414	T20	*	*	RESTAURANTE	Tultitlán	*	*	*	*	*	*	*
486484	2170771	T21	*	*	VILLAS DE SAN J.	Tultitlán	40.5	250	16"	Centrífuga	8"	8"	2240

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

485000	2171046	T22	*	*	*	Tultitlán	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
486009	2170273	T23	*	*	*	Tultitlán	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
484408	2169863	T24	*	*	*	Tultitlán	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
481803	2169178	T25	*	*	*	Tultitlán	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
481672	2169403	T26	*	*	*	Tultitlán	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
482035	2169744	T27	*	*	*	Tultitlán	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
481822	2170061	T28	*	*	*	Tultitlán	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
482408	2170080	T29	*	*	*	Tultitlán	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
480631	2169909	T30	*	*	*	Tultitlán	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
480341	2170235	T31	*	*	*	Tultitlán	25.1	140	24"	Centrífuga	8"	8"	8"	8"	2240	2240
482234	2170540	T32	*	*	*	Tultitlán	56.9	250	16"	Centrífuga	10"	10"	10"	10"	2240	2240
483051	2172138	T33	53.94	112	*	Tultitlán	21.66	297.97	24"	Sumergible	6"	6"	6"	6"	2240	2240
483401	2172138	T34	*	*	*	Tultitlán	22.12	250	10"	Sumergible	8"	8"	8"	8"	2240	2240
486020	2169861	T35	*	*	*	Tultitlán	4.7	250	16"	Sumergible	4"	4"	4"	4"	2277	2277
485051	2170369	T36	*	*	*	Tultitlán	52	250	24"	Centrífuga	10"	10"	10"	10"	2240	2240
484787	2171055	T37	*	*	*	Tultitlán	44.09	250	10"	Centrífuga	8"	8"	8"	8"	2240	2240
492575	2175266	T38	78	78	*	Tultitlán	35	250	16"	Centrífuga	8"	8"	8"	8"	2240	2240
491382	2175789	T39	78	105.16	*	Tultitlán	35	250	16"	Centrífuga	8"	8"	8"	8"	2240	2240
490624	2175021	T40	65.53	74	*	Tultitlán	35	207.57	24"	Centrífuga	10"	10"	10"	10"	2240	2240
481081	2174038	T41	62.5	707	*	Tultitlán	35-45	250	24"	Sumergible	8"	8"	8"	8"	2240	2240
491264	2174038	T42	*	*	*	Tultitlán	25.17	200	10"	Centrífuga	6"	6"	6"	6"	2240	2240
494787	2171055	T43	*	*	*	Tultitlán	40-45	250	16"	Centrífuga	6"	6"	6"	6"	2240	2240
492080	2174590	T44	*	*	*	Tultitlán	28.17	229	18"	Centrífuga	8"	8"	8"	8"	2240	2240

La mayor concentración de pozos se tiene en la vía del ferrocarril y sobre la avenida López Portillo. El uso al que se destina el agua extraída de los aprovechamientos censados es principalmente, para consumo humano con 36 aprovechamientos, además uno para riego y abrevadero, y cuatro para uso industrial. Se tiene tres aprovechamientos sin operar, por lo que no cuentan con bomba.

La mayoría de los pozos se encuentran equipados con bombas de flecha y sumergibles. Los pozos utilizados para abastecimiento de agua potable operan las 24 horas, mientras que los agrícolas trabajan en períodos específicos de tiempo, de acuerdo al tipo de cultivo y a la distribución anual de la precipitación. Los pozos que se encuentran en la zona en general tienen gastos de extracción de 20 a 50 l/s, con abatimientos de 6 a 58 m.

2.4.2. Unidades Hidrogeológicas.

Con base en la información geológica, en la ubicación de evidencias de agua subterránea y en las características cualitativas de porosidad, transmisividad y permeabilidad de los diferentes materiales litológicos, se definió que en la zona de estudio existe un acuífero formado por material volcánico granular (tobas arcillosas, limosas y arenosas), mientras que las andesitas y dacitas, se comportan como un acuitardo (material con mucha menor permeabilidad que el acuífero).

2.4.3. Hidrogeología Regional.

La hidrogeología regional en el entorno de la Sierra de Guadalupe la constituye un acuífero regional en la Formación Tarango, del que se abastece en gran medida a la zona metropolitana de la Ciudad de México. Este acuífero se encuentra confinado por el acuitardo en sedimentos lacustres Cuaternarios sobre los que encuentra construida la mayor parte de la Ciudad. En las márgenes de las sierras principales este acuífero no está cubierto por el acuitardo constituyendo un acuífero libre o no confinado.

Las rocas ígneas representan en general un acuitardo, donde importantes depósitos de flujo de lava de composición andesítica y dacítica, y gruesos espesores de material piroclástico de edades Terciarias, fracturadas y falladas, se encuentran conformando las elevaciones topográficas. Presentan un bajo índice de permeabilidad.

Los niveles piezométricos máximos son del orden de los 2,190 m.s.n.m y los mínimos de 2,178 m.s.n.m, con gradientes hidráulicos medios de $0.1 \text{ E-}03$ y $2.0 \text{ E-}03$, la dirección general de flujo es hacia el Norte y ligeramente hacia el Noroeste.

En el período de octubre de 1996 a octubre de 1997 se detectó una evolución negativa en los niveles estáticos de los pozos, presentando en promedio un descenso de 0.40 m/año.

2.4.4. Hidrogeología Local.

En el entorno del SDF la toba arenosa sobre la que se disponen los RSM constituye parte del acuífero no confinado de la Ciudad de México. Por tal motivo, la ubicación del SDF representa un riesgo para la contaminación de tan importante acuífero.

La permeabilidad de la toba es evidente al no existir encharcamientos naturales y no existir un volumen importante del lixiviado que se mueva lateralmente, preferentemente hacia el arroyo. Por lo que es de esperarse que los lixiviados se estén moviendo en forma vertical, posiblemente alcanzando el nivel piezométrico o de saturación en el acuífero.

A partir de ese momento el agua se movería en forma horizontal, reconociendo la salida natural de la subcuenca o microcuenca. Afortunadamente, no existen pozos en las proximidades del SDF que pudiesen verse impactados por la contaminación.

2.4.5. Profundidad al Nivel Estático.

La mayoría de los pozos inventariados son particulares o pertenecen a dependencias federales y municipales, por lo que no se permitió el acceso para medir la profundidad del Nivel Estático (NE). Sin embargo, se solicitó al **Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del Municipio de Tultitlán (APAST)** información de las características constructivas y niveles del agua en los pozos que conforman su sistema; se proporcionó la información disponible.

La profundidad del nivel estático oscilaba entre 50 y 65 m. en la zona de Tultitlán en 1997, de acuerdo a la información proporcionada por el organismo operador, los niveles se encuentran en el municipio entre 44 y 78 m. de profundidad. El pozo T32 Santo Domingo II presenta un nivel estático de 53.3 m. de profundidad, de acuerdo a información proporcionada por **APAST**, mientras que para 1997 debió ser menor de 50 m., teniéndose un abatimiento de 3.3 m. en 4 años, lo que corresponde a 0.8 m. por año; el dato proporcionado por **APAST** no debe de ser actual.

La profundidad del nivel estático en el pozo T9 Buenavista (fuera de operación), ubicado próximo al entronque del bulevar Tultitlán y la avenida López Portillo es de 64.4 m. a la fecha de realización del trabajo; considerando la información de 1997, este pozo debió de haber tenido un nivel estático de 50 m. de profundidad, por lo que se ha tenido un abatimiento de 14.47 m. en cuatro años, representando un incremento en la profundidad de 3.6 m. por año.

2.4.6. Elevación del Nivel Estático

La configuración de la elevación del nivel estático o carga hidráulica que existió en la zona para 1997. Esta configuración muestra las mayores cargas hidráulicas hacia las partes topográficamente más altas de la Sierra de Guadalupe, ubicadas hacia el Sur (mayor a 2,190 m.s.n.m), mientras que hacia las vías de ferrocarril de la Zona Industrial de Tultitlán y hacia el Municipio de Coacalco, se presentan valores de 2,180 m.s.n.m.

El movimiento del agua subterránea se define a partir de líneas perpendiculares a las equipotenciales, de mayor a menor carga, las cuales presenta rocas fracturadas y material granular volcánico en las partes altas, representa una zona de recarga.

2.4.7. Calidad del Agua Subterránea.

Los sitios de muestreo incluyeron los pozos denominados Villas de San José 1 (T21), Fuentes del Valle (T36), Viveros (T10), Santo Domingo II (T32), y San Mateo Cuauhtepac (T12), destinados a la extracción de agua para consumo humano. Los parámetros medidos en campo para cada una de las muestras de agua fueron pH, temperatura, conductividad eléctrica y alcalinidad.

Los tres primeros parámetros se midieron con un dispositivo marca Conductronic, modelo PC18 calibrado en campo. Para calibrar los valores de potencial de hidrógeno (pH), se utilizaron buffers de cuatro y diez, en tanto que para la conductividad eléctrica se usó una solución de concentración conocida de cloruro de potasio.

El llenado de las botellas de muestreo se llevó a cabo en recipientes de 500 ml. de capacidad, que previamente fueron lavadas por ser nuevas, con ácido y agua destilada. Los contenedores fueron de polietileno de baja densidad, con doble tapa. Los envases se rotularon con un número de identificación, usando plumón indeleble tanto en el cuerpo, como en la tapa del contenedor. Las muestras tomadas se filtraron, con filtro de 0.45 micrómetros de nitrato de celulosa, marca Millipore. Cada una de las muestras se separó en dos recipientes:

- Para determinaciones de aniones (filtrada).
- A las muestras destinadas al análisis de cationes, se les agregó ácido nítrico de alta pureza para estabilizar y evitar precipitado de metales. El valor del pH de las muestras fue: **pH = 2 (filtrada).**

Después del llenado total de las botellas para evitar la presencia de burbujas, se taparon y sellaron con Parafilm y se preservaron en hielo durante el día de muestreo, para posteriormente mantenerse en refrigeración hasta su traslado al laboratorio.

Los resultados de los análisis químicos se presentan en la Tabla 2.2, en la que se muestran las diferentes concentraciones de los iones en solución en el agua subterránea. En la misma tabla se comparan los valores obtenidos con los valores límites permitidos para agua de uso y consumo humano, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. Las concentraciones obtenidas están por debajo de los límites recomendados, por lo que el agua subterránea que se tiene en el parque es apta para uso y consumo humano.

Los valores de conductividad eléctrica medidos, van de 627 y 758 micromhos/cm., lo cual indica el poco contenido de sales en el agua, los valores menores (627 a 670 micromhos/cm.) se tienen en los pozos T10, T12 y T32, tienden a aumentar los valores hacia los pozos T36 y T21 al Noreste del área, alcanzado 685 y 758 micromhos/cm.

2.5. Estudios Geotécnicos.

2.5.1. Trabajos de Campo.

Se efectuó el reconocimiento de la zona en estudio para definir las diversas unidades geotécnicas de suelos y detectar los problemas especiales. Para este fin, fue muy útil poder hacer uso de cartas geológicas, experiencias de otros estudios geotécnicos, publicaciones y reconocimientos de tipo terrestre, ya sea a pie y en vehículo.

Se realizó un recorrido geotécnico en el lugar, observando las principales características de las estructuras existentes aledañas al SDF de RSM del M. de T., las cuales presentan un comportamiento adecuado, desde el punto de vista de asentamientos.

Se efectuó una exploración completa en la zona aledaña al proyecto de estudio, a fin de encontrar posibles bancos de terracerías para determinar la disponibilidad de material, para la clausura y saneamiento del SDF.

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

Una vez obtenido resultados positivos de ciertos bancos, se procedió a realizar una exploración definitiva para conocer la extensión del banco y la variabilidad del material. Los muestreos fueron en forma de frentes de ataque.

Tabla No. 2.2. Resultados de los Análisis Físicoquímicos de las Muestras de Agua Subterránea.

PARAMETROS	LIMITES (mg/l)	METODO DE LABORATORIO	MUESTRA				
			1 T21 (mg/l)	2 T38 (mg/l)	3 T10 (mg/l)	4 T32 (mg/l)	5 T12 (mg/l)
CLORUROS	250.000	NMXAA-73-1981	92.14	40.15	35.97	37.94	34.73
FLORUROS	1.500	NMXAA-77-1982	0.3448	0.4391	0.4420	0.3803	0.5267
NITRITOS(NITROGENO DE)	0.050	NMXAA-81-1986	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
NITRATOS(NITROGENO DE)	10.000	NMXAA-81-1986	0.94	1.15	1.11	0.7	1.57
SULFATOS	400.000	NMXAA-74-1981	16.31	17.52	19.33	45.23	18.37
DIG.ACIDA c/HORNO M.O. (p/M)		EPA 3015					
ARSENICO	0.050	EPA 6010	N.D.	0.0023	N.D.	N.D.	N.D.
BARIO	0.700	EPA 6010	0.062	0.0490	0.0610	0.0320	0.0490
CALCIO		EPA 6010	34.243	25.303	24.956	23.519	20.551
CADMIO	0.005	EPA6010	0.0064	0.0058	N.D.	N.D.	N.D.
CROMO	0.050	EPA6010	N.D.	0.0062	N.D.	N.D.	N.D.
FIERRO	0.300	EPA6010	0.0420	0.3238	0.0338	0.0309	0.3210
MANGANESO	0.150	EPA6010	0.0262	0.0028	N.D.	0.0019	0.0018
SODIO	200.00	EPA6010	80.600	74.163	69.120	62.452	71.507
PLOMO	0.025	EPA6010	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
ZINC	5.000	EPA6010	0.1315	0.1230	0.1284	0.1228	0.1382
ALCALINIDAD A LA FENOFTALE		NMZAA-36	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
ALCALINIDAD TOTAL	500.000	NMXAA-36	256.92	261.22	244.02	205.32	235.42
BICARBONATOS		NMXAA-36	256.92	261.22	244.02	205.32	235.42
CARBONATOS		NMXAA-36	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
HIDROXILOS		NMXAA-36	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

- VALORES LÍMITES PERMISIBLES EN AGUA PARA USO Y COSUMO HUMANO CON LA NORMA NOM-127-SSA1-1994 (SALUD AMBIENTAL, AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO LIMITES PERMISIBLES DE CALIDAD Y TRTAMIENTO A QUE SE DEBE SOMETER EL AGUA PARA POTABILIZACION).
- N.D. = NO DETECTADO = ARRIBA DEL LIMITE PERMISIBLE.

Para llevar a cabo el saneamiento, se procedió a localizar depósitos de material o formaciones naturales con características apropiadas, tanto de calidad como de cantidad. Estos se localizaron y estudiaron en una distancia corta al centro de gravedad de la otra.

Los ensayos de campo fueron los siguientes:

- Clasificación visual y al tacto en estado húmedo y seco.
- Dilatancia.
- Tenacidad.
- Resistencia en estado seco.

2.5.2. Muestreo Profundo Alterado.

La exploración consistió en realizar dos sondeos profundos con máquina perforadora y rotaria, denominados SP-1 y SP-2, realizados a 10.0 m. de profundidad. El sondeo continuo denominado SP-1 y SP-2 consistieron en practicar la técnica de la penetración estándar.

Se obtuvieron muestras alteradas representativas con penetrómetro estándar. El penetrómetro estándar consiste de un tubo muestreador que se hincó a presión y rescata muestras alteradas para identificar los suelos y realizar pruebas índice; el número de golpes necesario para hincarlo se correlaciona con la resistencia al corte del suelo.

El equipo de hincado consta de una masa golpeadora de acero de 64 Kg., guiada con una barra de 19 mm. de diámetro. La energía se transmite al penetrómetro mediante una cabeza de golpeo y tubos de diámetro mínimo AW.

El penetrómetro se hincó en el fondo de una perforación hecha con el procedimiento y equipo que asegurara el mínimo de azolves en el fondo y la estabilidad de las paredes de la perforación. Se recurrió al empleo de lodos bentoníticos para asegurar la estabilidad.

La prueba de penetración consistió en hincar el penetrómetro estándar 60 cm., empleando una masa de golpeo de 64 Kg., con caída libre de 75 ± 1 cm., contando el número

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

de golpes para tres segmentos, 15, 30 y 15 cm., respectivamente. Se definió la resistencia a la penetración como el número N de golpes en los intermedios 30 cm.

Una vez hincado el penetrómetro los 60 cm., se subió a la superficie y se extrajo la muestra de él. La muestra se clasificó cuidadosamente, de acuerdo con el criterio de Campo del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

La coordinación de los trabajos de campo estuvo a cargo de un Ingeniero Especialista, quien dirigía una cuadrilla de exploración.

Las muestras obtenidas durante la exploración se midieron para calcular la recuperación obtenida y luego se protegieron con polietileno las alteradas y con una mezcla de parafina y brea las no alteradas.

Al mismo tiempo se clasificaron visualmente y al tacto todas las muestras, cuyo resultado se indica en los resultados de laboratorio. Finalmente, en los lotes se enviaron las muestras obtenidas al laboratorio, para ser sometidas a ensayos.

El nivel freático no se localizó en los sondeos efectuados.

2.5.3. Prueba de Placa.

En la zona de proyecto se realizó un estudio para determinar el módulo de reacción k del terreno natural, por medio de pruebas de plaza con un solo ciclo de aplicación de la carga. Esta prueba se realizó con el fin de conocer ciertas características de resistencia del terreno natural, que servirá al relleno sanitario.

Esta prueba consiste en aplicar una presión a la capa de estudio, utilizando para ello, un equipo de carga que se apoye sobre una placa circular de dimensiones especificadas, midiendo las deformaciones verticales resultantes producidas en el suelo por la aplicación de la carga.

Dichas características son:

- Absorción
- Densidad
- Valor cementante
- Equivalente de arena
- Permeabilidad de carga variable

Los procedimientos de ensayos son los especificados en las normas ASTM.

2.5.4. Resumen Estratigráfico.

Tomando como base el resultado de las fases de exploración, muestreo y ensayos de laboratorio efectuados, se elaboró el perfil de suelos correspondiente a la zona de proyecto, gracias a lo cual se pueden apreciar las variaciones en los espesores de los diferentes estratos, definición del nivel de aguas freáticas (NAF), características índice determinadas y extrapolación de resultados.

2.5.4.1. Sondeo No. 1.

De 0.00 a 5.90 m. de profundidad se localizaron limos arenosos compactos de baja plasticidad, color café tipo tepetate, obteniendo un promedio de número de golpes mayor de 50 en profundidades de golpeo de 30 cm. El contenido natural de agua fue de 18%, límite líquido de 32% e índice plástico de 5%, porcentaje de arena de 25% y finos de 75%. El peso volumétrico natural es de 1.78 ton/m³.

De 5.90 a 6.95 m. de profundidad se localizaron boleos empacados en limo arcilloso de baja plasticidad, color café claro, obteniendo un promedio de número de golpes mayor de 50 en profundidades de golpeo de 30 cm. El contenido natural de agua fue de 8%.

De 6.95 a 10.00 m. de profundidad se localizaron limos arenosos compactos de baja plasticidad, color café claro tipo tepetate, obteniendo un promedio de número de golpes

mayor de 50 en profundidades de golpeo de 30 cm. El contenido natural de agua fue de 19%, límite líquido de 31% e índice plástico de 4%, porcentaje de arena de 30% y finos de 70%. El peso volumétrico natural es de 1.82 ton/m³.

2.5.4.2. Sondeo No. 2.

De 0.0 a 7.50 m. de profundidad se localizaron limos arenosos compactos de baja plasticidad, color café claro tipo tepetate, obteniendo un promedio de número de golpes mayor de 50 en profundidades de golpeo de 30 cm. El contenido natural de agua fue de 15%, límite líquido de 31% e índice plástico de 6%, porcentaje de arena de 20% y finos de 80%. El peso volumétrico natural es de 1.81 ton/ m³.

De 7.50 a 8.55 m. de profundidad se localizaron boleos empacados en limo arcilloso de baja plasticidad, color café claro, obteniendo un promedio de número de golpes mayor de 50 en profundidades de golpeo de 30 cm. El contenido natural de agua fue de 11%.

De 8.55 a 10.00 m. de profundidad se localizaron limos arenosos compactos de baja plasticidad, color café claro tipo tepetate, obteniendo un promedio de número de golpes mayor de 50 en profundidades de golpeo de 30 cm. El contenido natural de agua fue de 19%, límite líquido de 31% e índice plástico de 4%, porcentaje de arena de 30% y finos de 70%. El peso volumétrico natural es de 1.82 ton/ m³.

2.5.5. Análisis Geotécnico para el SDF.

2.5.5.1. Capacidad de Carga.

Para el análisis de la capacidad de carga última que puede tener el material de apoyo a la estructura del relleno, se consideró la siguiente expresión:

$$Q_n = cN_c$$

Donde:

c = Resistencia al corte en condiciones no drenadas.

N_c = Factor de capacidad de carga $N_c = 5.7$

Conforme en la expresión anterior se obtuvo una capacidad de carga última de 114 ton/m² y una admisible de 38 ton/m², tomando en cuenta un factor de seguridad de 3.

2.5.5.2. Asentamientos inmediatos

Se revisó la magnitud de los asentamientos inmediatos bajo la combinación de acciones permanentes y variables con intensidad media. Para ello, se recurrió a la teoría de la elasticidad y en particular, al criterio aproximado de Steinbrenner. De acuerdo con este criterio, el asentamiento vertical s_D bajo una esquina de un área rectangular cargada, descansando sobre una capa de espesor infinito. La expresión utilizada fue la siguiente:

$$\delta = \sum_{i=1}^{\infty} m_{vi} \Delta\sigma_j \Delta H_i$$

Donde:

m_{vi} Módulo de compresibilidad volumétrica del estrato i , cm²/kg

$\Delta\sigma_j$ Incremento de esfuerzo medio en el estrato i considerado, kg/cm²

ΔH_i Espesor del estrato i , cm.

De la expresión anterior se concluyó que los asentamientos inmediatos en la zona de estudio son casi nulos e inapreciables.

2.5.5.3. Permeabilidad de Carga Variable

Tomando como base el resultado de la fase de ensayos de laboratorio efectuados se determinó que el material predominante a lo largo de la profundidad de los sondeos efectuados es un limo arenoso compacto de baja plasticidad, color café claro tipo tepetate, por lo tanto, el coeficiente de permeabilidad del suelo se determinó mediante la prueba de permeabilidad de carga variable.

El procedimiento para efectuar la prueba consistió en aplicar vacío a la muestra a través de una bureta durante 15 min. Se abrió la válvula de agua en la base del permeámetro y se permitió el flujo lento hasta la saturación del espécimen y el llenado de la bureta. Se cerró la válvula de entrada del agua, se quitó el vacío y se conectó el sistema a la presión atmosférica. Se abrieron las válvulas de la base y se permitió el flujo. Se tomó el tiempo que se requirió para el abatimiento de la bureta, fijando de antemano la temperatura en el agua. El procedimiento de medición se realizó tres veces.

El cálculo del coeficiente de permeabilidad se efectuó aplicando la siguiente expresión:

$$K_t = \frac{2.3 (L) (a)}{A (t_2 - t_1)} \log \frac{h_1}{h_2}$$

Donde:

- K_t = Coeficiente de permeabilidad a la temperatura T, en cm/seg.
- L = Longitud de la muestra.
- A = Área de la muestra, en cm^2 .
- A = Área de la bureta, en cm^2 .
- H_1 y h_2 = Cargas hidráulicas inicial y final, en cm.
- t_1 y t_2 = Tiempo inicial y final, en seg.

Por los medio de la expresión anterior, se determino un coeficiente de permeabilidad en la zona de estudio de 1.84×10^{-6} cm/seg.

2.5.5.4. Procedimiento Constructivo para el Sellado de Grietas.

Para evitar que los lixiviados que se van a generar con la descomposición química de los RSM penetre el suelo, las grietas existentes en la zona de influencia deberán ser rellenadas con una mezcla plástica de bentonita, cemento y agua, que deberá adquirir una consistencia semejante a la arcilla más blanda que hay en el sitio, esto con el fin de mantener la plasticidad necesaria para que el material siga las deformaciones futuras del terreno; la mezcla se hará con una proporción de 10% de bentonita, 15% de cemento y 75% de agua y se hará de la siguiente manera:

Se buscarán y trazarán las grietas excavando pozos a cielo abierto de 1m x 1m, a fin de verificar las grietas existentes en la zona.

Se colocarán boquillas a cada cinco metros, enterradas un metro, a lo largo de la traza de la grieta, a través de las cuales se descargará la mezcla.

Para la preparación de la mezcla, se mezclará primero el agua con la bentonita y una vez homogeneizado este lodo bentonítico se le agregará el cemento. Cuando se tenga una mezcla homogénea, libre de grumos, se procederá a bombear del agitador a las bombillas de descarga.

La colocación se hará de preferencia por gravedad, a fin de evitar el fracturamiento hidráulico del suelo natural, llenando la grieta hasta que la mezcla rebose por los bordes de la grieta. Es posible que el nivel de la mezcla colocada baje por el asentamiento y sangrado de la misma, por lo que deberá contemplarse la necesidad de realizar etapas de relleno hasta que la grieta quede rellena por completo.

2.5.5.5. Taludes.

Los taludes deberán ser 2.5:1 (horizontal a vertical), con lo cual son estables. Estos también deberán ser protegidos contra la erosión con una cubierta de pasto.

2.5.6. Conclusiones y Recomendaciones Geotécnicas.

Haciendo uso de los parámetros de resistencia obtenidos en laboratorio y aplicando la teoría correspondiente, se obtuvo que el esfuerzo que se le aplicará al suelo con la colocación del relleno sanitario no rebase la capacidad de carga que presenta el suelo en cuestión.

Los asentamientos inmediatos y a largo plazo son nulos o inapreciables, debido a que tenemos un terreno natural compuesto por limos arenosos muy compactos tipo tepetate, con golpes a la penetración estándar mayores de 50 golpes para 30 cm. de penetración.

Las celdas deberán ser drenadas por bombeo, para lo cual es necesario llevar a cabo unas pruebas de efectividad de un pozo y así poder diseñar el sistema de bombeo en la primera etapa y después aplicarlo en las demás.

Para saber si los lixiviados han penetrado al terreno natural y lo han contaminado, es necesario hacer pruebas de calidad del material a diferentes profundidades, mediante pruebas químicas distribuidas en la zona de estudio, para así poder comparar los resultados en distintos puntos y poder interpretar los mismos y tomar, en su caso, acciones correctivas.

En caso de existir grietas en la zona donde se colocará el relleno, éstas deberán ser rellenadas con una mezcla de bentonita, cemento y agua, con una proporción del 10% de bentonita y 15% de cemento y un 75% de agua.

Antes de colocar los RSM deberá evaluarse la posibilidad de utilizar una protección para el fondo de la celda, y en caso de ser necesario, se optará, de las antes descritas, por la solución más económica.

2.5.7. Instrumentación.

Para medir los asentamientos que irá presentando el SDF y la infiltración de lixiviado que se produzca en el mismo, es necesario instrumentarlo de la siguiente manera:

Previo a la colocación de los RSM y sobre el fondo de la celda de sitio, deberán colocarse bancos de nivel que servirán como referencia para medir mediante nivelaciones topográficas las deformaciones que se van ir presentando, estos bancos estarán referidos a la cota asignada al banco de nivel profundo instalado en la zona.

Este banco se denominará banco de nivel tipo 1 y consistirá en una base de concreto circular reforzado con un tubo galvanizado de 1 ¼" de diámetro, con un ademe de tubo de PVC de 4" de diámetro, dichos tubos deberán de sobresalir de la base de concreto de 10 centímetros para fines de colocación de las placas; después de colocadas se incrementará la altura de tubo con tramos que se unirán con un corte para sobre elevarlos alternadamente con el relleno.

La longitud de los tramos será acorde a las necesidades, según se vaya elevando el relleno. Además, deberá protegerse dichos bancos de nivel con tezontle, para evitar ser dañados con la maquinaria que se utilizará en la construcción del relleno.

En el nivel superior del relleno, a cinco metros de altura, se colocarán bancos de nivel denominados banco de nivel tipo 2, los cuales consistirán en una base circular de concreto armado de 60 cm. de diámetro y un espesor de 10 cm., dicho banco de nivel tendrá una varilla de 1 m. de longitud y de 1" de diámetro, la cual irá enterrada en el relleno, esto con el fin de que no se mueva o pierda el banco.

Para medir la infiltración del agua en el relleno deberán instalarse cinco pozos de observación de 4" de diámetro, y a una profundidad igual a cinco metros.

2.5.8. Ubicación de los Bancos de Préstamo de Materiales.

Para la clausura y saneamiento del SDF de RSM del municipio de Tultitlán se requerirán materiales para su cobertura, por lo que se ubicaron y analizaron cuatro bancos de préstamo de materiales, los cuales son denominados:

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

- ✓ Banco La Palma
- ✓ Banco Espiritu Santo
- ✓ Banco La Aurora
- ✓ Banco CIPESA

CAPITULO III

ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD.

CAPITULO III.

3. ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD.

3.1. Viabilidad Técnica.

El SDF de RSM se ubica al Sur del municipio de Tultitlán, Edo. de México, a 5 kms. de la Av. José López Portillo, en la colonia Ampliación Sierra de Guadalupe, encontrándose ya construidos los caminos de acceso por medio de tercerías.

Este SDF ha sido utilizado por más de 22 años para el depósito de los RSM que generan los habitantes y empresas asentadas en ese municipio y por empresas privadas de recolección que proporcionan este servicio en las empresas que se ubican en municipios vecinos.

Está ubicado en las faldas del Parque Sierra de Guadalupe, el cual es un área protegida no urbanizable por las autoridades del Gobierno del Estado de México, la cercanía del SDF y los efectos que ocasiona sobre el área protegida hace que este proyecto sea una necesidad impostergable para proteger el ambiente natural de esa zona.

El SDF actualmente es un tiradero a cielo abierto, como tal no se lleva a cabo ninguna acción que conlleve a la prevención o control de los contaminantes que ahí son emitidos, así, la generación sin control del lixiviado y los gases producidos por la degradación, se escapan alterando las condiciones naturales del ambiente circundante.

3.1.1. Resultados de las Visitas Técnicas de Campo.

El personal técnico durante los trabajos de campo y en el diseño de la estrategia para llevar a cabo el cierre del tiradero realizaron varias visitas de campo al sitio y al área circunvecina que ha sido afectada por la operación inadecuada de este sitio, con la finalidad de detectar los problemas a considerar en la elaboración de los estudios de campo y el diseño de la clausura y saneamiento.

El SDF opera como un tiradero a cielo abierto, ahí depositan los vehículos de recolección del municipio y otros recolectores privados que transportan residuos sólidos provenientes de industrias; no se pudo obtener información sobre un plan establecido para la operación, por lo que existe un amplio frente de trabajo en donde se depositan los residuos.

Una vez depositados, los pepenadores trabajan seleccionando los materiales que tienen demanda en el mercado, por lo regular plásticos, vidrio, cartón y metales; una vez llevada a cabo dicha maniobra, los residuos son empujados y compactados por un bulldozer sobre la plataforma superior del tiradero. No se lleva a cabo ninguna acción de cobertura, por lo que los residuos están permanentemente a la intemperie, con los problemas que ello ocasiona.

En esta situación se deducen varios problemas que se ocasionan, primero y uno de los más importantes son las condiciones de trabajo de los pepenadores que dista mucho de un nivel aceptable de condiciones laborales, por otra parte al no tener control sobre la cobertura, impacta por un lado a los vehículos usuarios del sitio, sobre todo en temporada de lluvias, provocando atascamientos y por supuesto impactos en la integridad de los vehículos.

Se observó la existencia de 15 albergues contruidos con material recolectado del SDF y que son utilizados como vivienda en la parte superior del sitio, donde vive una parte de los pepenadores que laboran en el sitio, por supuesto no tienen acceso a ningún tipo de servicio público, por lo que las condiciones en que viven son de extrema pobreza.

Por otra parte, si bien está una persona del municipio cuidando el ingreso, no se logró observar un verdadero control en el tipo de residuos que transportan los vehículos recolectores, ya que en el sitio se detectó la presencia de residuos industriales que pudieran ser potencialmente un riesgo para la salud pública y el medio ambiente.

También es notable la presencia de una gran cantidad de perros en el SDF y asimismo, está presente una abundante fauna nociva en la zona, debido a que el sitio se ha convertido en una fuente de alimento y madriguera para los mismos.

Otras situaciones importantes que se observaron, son la falta de control de los dos principales contaminantes que se generan en un sitio de disposición, el lixiviado y el biogás; es notoria la generación de lixiviado que sale del sitio y que sigue dos patrones de migración, uno hacia el subsuelo y el otro en forma superficial, formando un par de lagunas donde se almacena sin ningún tipo de control.

Por otra parte, el biogás, nombre genérico que se le da a una mezcla de gases, producto de las reacciones fisicoquímicas y microbiológicas que se desarrollan en el sustrato de residuos ahí depositados, de esta mezcla destacan por su aportación al total, el metano y el bióxido de carbono, que suman entre los dos, más del 98% del total, el resto está compuesto por trazas de compuestos orgánicos volátiles, que son al final de cuentas los que representan un riesgo para la salud humana.

3.1.2. Clima.

El clima en la región es templado regular, con lluvias convencionales en verano y parte de otoño (CwH). La precipitación media anual varía de 600 a 1000 mm. y la temperatura media anual es de 15.5° C.

3.1.3. Topografía.

El levantamiento topográfico del sitio de disposición final, destacando de los resultados lo siguiente: el tiradero tiene una altura máxima de 24 metros y una plataforma superior de 27,000 metros cuadrados, el total de la poligonal es de 9.6 hectáreas y la superficie ocupada por los RSM es de 6.5 hectáreas. El volumen de residuos es de 530,000 metros cúbicos, que representan un aproximado de 665,000 toneladas dispuestas.

El principal problema de la conformación del sitio, es la inclinación que guardan los taludes del sitio en toda la periferia del tiradero, ya que varía de 1:1 hasta un máximo de 1.5:1, lo cual, para el caso de residuos, se considera que la estabilidad de los taludes está en riesgo y representan un peligro potencial de falla, lo que pudiera ocasionar una desgracia por

el movimiento de cientos de toneladas hacia las casas habitación que se ubican en un radio de 100 a 200 metros de las colindancias del SDF.

3.1.4. Geología, Geohidrología y Geofísica.

Con la finalidad de determinar las características geológicas y geohidrológicas de la región y en específico del lugar donde se ubica el SDF, se llevaron a cabo los estudios que permitieran conocer por un lado, las características geológicas de la zona, sobre todo conocer las fallas y agrietamientos, así como la dirección del flujo del acuífero, con la finalidad de determinar con el modelo la potencial migración de lixiviado y los riesgos de contaminación del acuífero en la zona.

Los estudios geofísicos por medios indirectos permiten un conocimiento con mayor precisión de las características del subsuelo en el lugar donde se ubica el sitio de disposición final del municipio de Tutitlán.

El área de estudio se encuentra en el interior de la Sierra de Guadalupe, la cual presenta una elevación topográfica máxima de 3,000 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m) en el Cerro Pico Tres Padres, en contraste con las planicies que se encuentran en promedio a 2,240 m.s.n.m; la zona de planicie reporta grandes agrietamientos de importancia.

3.1.4.1. Geología Regional.

El área en estudio pertenece a la Provincia Fisiográfica conocida como Eje Neovolcánico Transmexicano, de la que forma parte la Cuenca de México. El área en estudio se caracteriza por presentar en su porción central una topografía de lomeríos, con pendientes fuertes a moderadas, con pequeñas barrancas, las cuales han sido labradas por arroyos intermitentes que siguen el patrón de fracturamiento regional, las zonas bajas se encuentran constituidas por un potente espesor de acumulación de sedimentos que presentan suaves pendientes.

Desde el punto de vista litológico, la región está constituida por una gran variedad de rocas ígneas que fueron emitidas a través de un importante número de aparatos volcánicos originados en el Cenozoico.

3.1.4.2. Geología Local.

La geología en el entorno del SDF está definida por una toba de composición intermedia, con granulometría visible de arenas, limos y arcillas. Esta toba presenta fracturas rellenas de calcita, espaciadas cada 0.5 a 1.0 metros y con orientación dominante Este-Oeste. Esta unidad es similar a la Formación Tarango que aflora en las márgenes de la Sierra de las Cruces.

3.1.5. Geofísica.

La finalidad de los sondeos electromagnéticos, al igual que otros métodos eléctricos es la de inferir la distribución de los materiales presentes en el subsuelo, a través de sus propiedades eléctricas, en este caso, la resistividad. En este trabajo se realizaron 32 Sondeos Electromagnéticos.

3.1.5.1. Descripción del Método.

La resistividad eléctrica es una propiedad física de los materiales, en el caso particular del subsuelo, la resistividad depende de las características físico-químicas a las que se encuentran sometidas las rocas, tales como la composición mineralógica, grado de saturación, fracturamiento y la compacidad, entre otras.

El principio de operación del método Sondeos Electromagnéticos por Transitorios (SET), consiste en energizar una bobina no aterrizada, colocada sobre la superficie del terreno. La corriente eléctrica al circular por la bobina transmisora crea un campo magnético primario, a continuación la corriente se corta de forma rápida. Este proceso hace que el

campo magnético primario varíe con el tiempo y de acuerdo a la Ley de Faraday, habrá una inducción electromagnética durante este tiempo.

El objetivo del procesamiento de la información obtenida con el método (SET), es conocer la solución de la estratificación de las resistividades en el subsuelo, producidas por un decaimiento transitorio.

3.1.5.2. Resultados de los Sondeos.

Con la finalidad de obtener la distribución de las unidades resistivas se realizaron dos tipos de análisis de la información: uno cualitativo, y otro cuantitativo. En el análisis cualitativo se compararon las curvas obtenidas. Con los resultados de los trabajos de campo se realizaron cuatro perfiles de las características del subsuelo en el área del SDF.

De los resultados encontrados en los diferentes perfiles se destaca lo siguiente: Uno, la presencia de los RSM y subyaciendo a los residuos materiales pertenecientes a la Formación Tarango. Estas son compuestas principalmente por tobas y materiales empacados.

3.1.6. Hidrogeología.

3.1.6.1. Inventario de Obras de Captación.

Para el proyecto se realizó un inventario de las obras de captación en la zona, encontrándose lo siguiente: En el Registro Público de Derechos de Agua de la Comisión Nacional del Agua (CNA), para el municipio de Tultitlán se tienen registrados 30 pozos, 23 de uso industrial, 3 para uso potable y 4 para riego agrícola. Uno de los registros corresponde al Organismo Operador del Municipio de Tultitlán, quien se encarga del manejo de 19 aprovechamientos. También en la zona de estudio se encuentran 10 pozos pertenecientes al ramal Línea Ferrocarril, operados por la Gerencia Regional de Agua del Valle de México (GRAVAMEX) de la CNA.

Se inventariaron un total de 44 obras de captación de agua subterránea en la región de estudio, todas correspondientes a pozos. La mayor concentración de pozos se tiene en la vía del ferrocarril y sobre la Avenida López Portillo. El uso al que se destina el agua extraída de los aprovechamientos censados, es principalmente para consumo humano (36 aprovechamientos), además de riego y abrevadero (1 aprovechamiento), uso industrial (4). Se tiene 3 aprovechamientos sin operar, por lo que no cuentan con bomba.

Los pozos que se encuentran en la zona en general, tienen gastos de extracción de 20 a 50 l/s, con abatimientos de 6 a 58 metros.

3.1.6.2. Unidades Hidrogeológicas.

Con base en la información geológica, en la ubicación de evidencias de agua subterránea y en las características cualitativas de porosidad, transmisividad y permeabilidad de los diferentes materiales litológicos, se definió que en la zona de estudio existe un acuífero formado por material volcánico granular (tobas arcillosas, limosas y arenosas), mientras que las andesitas y dacitas se comportan como un acuitardo (material con mucha menor permeabilidad que el acuífero).

3.1.6.3. Hidrogeología Regional.

La hidrogeología regional en el entorno de la Sierra de Guadalupe la que constituye un acuífero regional en la Formación Tarango, del que se abastece en gran medida a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

En las proximidades de la Sierra de Guadalupe se encuentra el denominado Acuífero de Cuautitlán, el cual se encuentra ubicado en la zona Norte del área en estudio, particularmente por el Cerro de Tultepec, Cerro Santa María Chiconautla, Sierra de Guadalupe y estribaciones topográficas de la Sierra de Las Cruces. La dirección general de flujo es hacia el Norte y ligeramente hacia el Noroeste.

3.1.6.4. Hidrogeología Local.

En el entorno al SDF, la toba arenosa sobre la que se disponen los RSM constituye parte del acuífero no confinado de la Ciudad de México. Por tal motivo la ubicación del sitio representa un riesgo para la contaminación de tan importante acuífero. Afortunadamente, no existen pozos en las proximidades del SDF que pudiesen verse impactados por la contaminación en el corto plazo.

3.1.6.5. Profundidad al Nivel Estático.

La profundidad del nivel estático oscilaba entre 50 y 65 m. en la zona de Tultitlán en 1997, de acuerdo a la información proporcionada por el Organismo Operador, los niveles se encuentran en el municipio entre 44 y 78 m. de profundidad.

3.1.6.6. Elevación del Nivel Estático.

La configuración muestra las mayores cargas hidráulicas hacia las partes topográficamente más altas de la Sierra de Guadalupe, ubicadas hacia el Sur (mayor a 2,190 m.s.n.m), mientras que hacia las vías de ferrocarril de la Zona Industrial de Tultitlán y hacia el municipio de Coacalco, se presenta valores de 2,180 m.

El movimiento del agua subterránea se define a partir de líneas perpendiculares a las equipotenciales, de mayor a menor carga. Muestra que las rocas fracturadas y material granular volcánico, en las partes altas representa una zona de recarga.

3.1.6.7. Calidad del Agua Subterránea.

Los sitios de muestreo incluyeron lo pozos denominados Villas de San José 1 (T21), Fuentes del Valle (T36), Viveros (T10), Santo Domingo II (T32) y San Mateo Cuauhtepc (T12), destinados a la extracción de agua para consumo humano. Los parámetros medidos

en campo para cada una de las muestras de agua fueron pH, temperatura, conductividad eléctrica y alcalinidad.

Los resultados de los análisis químicos se pueden inferir en la comparación con los valores límites permitidos para agua de uso y consumo humano, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. Las concentraciones obtenidas están por debajo de los límites recomendados, por lo que el agua subterránea que se tiene que es apta para uso y consumo humano.

Como se puede observar, existe una gran cantidad de aprovechamiento del agua subterránea en la zona, esta situación por supuesto que justifica la realización del proyecto, ya que de continuar con las prácticas actuales de disposición sin ningún tipo de control, el riesgo por la infiltración de lixiviado generado en el SDF se convierte en un problema potencial de la inutilización del acuífero en la zona, con los costos que esto ocasionaría.

6.1.7. Geotecnia.

Se efectuó el reconocimiento de la zona en estudio para definir las diversas unidades geotécnicas de suelos y detectar los problemas especiales. Para este fin, fue muy útil poder hacer uso de cartas geológicas, experiencias de otros estudios geotécnicos, publicaciones y reconocimiento de tipo terrestre, ya sea a pie o en vehículo.

Se realizó un recorrido geotécnico en el lugar, observando las principales características de las estructuras existentes aledañas al SDF de RSM del municipio de Tultitlán, las cuales presentan un comportamiento adecuado desde el punto de vista de asentamientos. Se efectuó una exploración completa en la zona aledaña al proyecto de estudio, a fin de encontrar posibles bancos de material para las obras de clausura y saneamiento del sitio.

Para la ubicación de bancos de préstamo de material para la cobertura del sitio, se procedió a localizar depósitos de material o formaciones naturales con características

apropiadas, tanto de calidad como de cantidad. Se localizaron y estudiaron cuatro bancos de préstamo de materiales en un distancia corta al centro de gravedad de la obra.

Se llevaron a cabo una serie de exploraciones realizando dos sondeos profundos con máquina perforadora a 10 metros de profundidad. El sondeo continuo denominado SP-1 y SP-2 consistieron en practicar la técnica de la penetración estándar. Se obtuvieron muestras alteradas representativas con penetrómetro estándar.

La prueba de penetración consistió en hincar el penetrómetro estándar 60 cm. empleando una masa de golpeo de 64 Kg., con caída libre de 75 ± 1 cm. Una vez hincado el penetrómetro los 60 cm., se subió a la superficie y se extrajo la muestra de él. La muestra se clasificó cuidadosamente, de acuerdo con el criterio de Campo del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

El nivel freático no se localizó en los sondeos efectuados.

3.1.7.1. Prueba de Placa.

En la zona de proyecto se realizó un estudio para determinar el módulo de reacción k , de terreno natural por medio de pruebas de placa con un solo ciclo de aplicación de la carga. Esta prueba se realizó, con el fin de conocer ciertas características de resistencia del terreno natural que servirá de apoyo para las adecuaciones al SDF.

Las propiedades índice de las muestras alteradas se determinaron siguiendo procedimientos aceptados para este tipo de pruebas. El número de ensayos realizados fue suficiente para poder clasificar con precisión al suelo de cada estrato. Los procedimientos de ensayos son los especificados en las normas ASTM.

3.1.7.2. Resumen Estratigráfico.

Tomando como base el resultado de las fases de exploración, muestreo y ensayos de laboratorio efectuados, se elaboró el perfil de suelos correspondiente a la zona de proyecto, gracias a lo cual se pueden apreciar las variaciones en los espesores de los diferentes estratos, definición del nivel de aguas freáticas (NAF), características índice determinadas y extrapolación de resultados.

De 0.0 a 5.90 m. de profundidad se localizaron limos arenosos compactos de baja plasticidad, color café claro tipo tepetate. El contenido natural de agua fue de 18%, límite líquido de 32% e índice plástico de 5%, porcentaje de arena de 25% y finos de 75%. El peso volumétrico natural es de 1.78 ton/m³.

De 5.90 a 6.95 m. de profundidad se localizaron boleos empacados en limo arcilloso de baja plasticidad, color café claro. El contenido natural de agua fue de 8%.

De 6.95 a 10.00 m. de profundidad se localizaron limos arenosos compactos de baja plasticidad, color café tipo tepetate. El contenido natural de agua fue de 19%, límite líquido de 31% e índice plástico de 4%, porcentaje de arena de 30% y finos de 70%. El peso volumétrico natural es de 1.82 ton/m³.

En el segundo sondeo se obtuvieron los siguientes resultados, de 0.0 a 7.50 m. de profundidad se localizaron limos arenosos compactos de baja plasticidad, color café claro tipo tepetate. El contenido natural de agua fue de 15%, límite líquido de 31% e índice plástico de 6%, porcentaje de arena de 20% y finos de 80%. El peso volumétrico natural es de 1.81 ton/m³.

De 7.50 a 8.55 m. de profundidad se localizaron boleos empacados en limo arcilloso de baja plasticidad, color café claro. El contenido natural de agua fue de 11%.

De 8.55 a 10.00 m. de profundidad se localizaron limos arenosos compactos de baja plasticidad, color café claro tipo tepetate. El contenido natural de agua fue de 19%, límite

líquido de 31% e índice plástico de 4%, porcentaje de arena de 30% y finos de 70%. El peso volumétrico natural es de 1.82 ton/ m³.

3.1.7.3. Capacidad de Carga.

Para el análisis de la capacidad de carga última que puede tener el material de apoyo a la estructura del relleno, determinándose que tenemos una capacidad de carga última de 114 ton/m² y una admisible de 38 ton/m², tomando en cuenta un factor de seguridad de 3.

3.1.7.4. Taludes.

Los taludes deberán ser 2.5:1 (horizontal a vertical), con lo cual son estables. Estos también deberán ser protegidos contra la erosión con una cubierta de pasto.

3.1.7.5. Recomendaciones.

Haciendo uso de los parámetros de resistencia obtenidos en laboratorio y aplicando la teoría correspondiente, se obtuvo que el esfuerzo que se le aplicará al suelo con la colocación del relleno sanitario no rebasa la capacidad de carga que presenta el suelo en cuestión.

Los taludes del relleno serán de 2.5:1 (horizontal a vertical), y deberán ser protegidos contra la erosión con una cubierta de pasto.

3.2. Viabilidad Social.

La viabilidad social de un proyecto es una parte fundamental que facilita las acciones posteriores, en nuestro caso, la parte social se divide en dos; la población circunvecina al sitio de disposición final y los que laboran en el sitio, los pepenadores, quienes han encontrado en este trabajo su forma de subsistencia.

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

Para la determinación social del proyecto se diseñaron y aplicaron dos tipos de encuestas, una dirigida al sector de los pepenadores y otro a la población abierta, en total se aplicaron 90 encuestas, (20 y 70).

Las encuestas a los pepenadores estuvieron dirigidas a recolectar información sobre los siguientes temas:

- Género
- Nivel escolar máximo
- Estado civil
- Años laborando en el sitio
- Horas trabajadas
- Tipo de subproductos que recolectan
- Ingresos
- Principales problemas de salud
- Opinión sobre el cierre del sitio

Las encuestas a los vecinos al SDF estuvieron dirigidas a recolectar información sobre los siguientes temas:

- Género
- Nivel escolar máximo
- Estado civil
- Tipo de trabajo
- Ingresos
- Tiempo de residir en la zona
- Personas por vivienda y edades
- Datos sobre el servicio de recolección
- Principales problemas de salud
- Opinión sobre los pepenadores
- Opinión sobre el cierre del sitio

A continuación se presenta un resumen y comentarios de los resultados, en los cuadros del 3.1 al 3.4, así como en las gráficas de la 3.1 a la 3.17 se presenta esta información.

El grupo de trabajadores dio como resultado que un 65% es masculino y el restante 35% es femenino de las encuestas realizadas a los pepenadores; un 60% de ellos tiene estudios de primaria y el 40% cuenta con estudios de secundaria, no se detectó mayor grado de estudios en el grupo encuestado.

Respecto a su estado civil 60% están casados o en unión libre, el 20% es soltero, un alto 15% está en estado de viudez y el restante 5% está separado. En relación a su edad, un 50% está entre los 30 y 50 años, un alto 35% son personas con más de 50 años.

En cuanto a los años laborando en el sitio, el 70% tiene menos de 10 años en el lugar; con relación a las horas que trabajan diariamente se obtuvo que el 65% trabaja de 1 a 8 horas y el restante 35% trabaja de 9 a 12 horas en el lugar.

Las respuestas en cuanto a sus ingresos semanales, se obtuvieron los siguientes resultados, el 55% de los encuestados mencionó que gana entre los 100 y 200 pesos por semana y un 30% contestó que sus ingresos semanales ascienden entre 200 y 300 pesos. Relacionándolo con las cantidades separadas por semana, se encontró lo siguiente: que un 30% separa entre 100 y 200 kilogramos por semana, un 25% lleva a cabo una segregación semanal de entre 200 y 300 kilogramos, un 30% recolecta a la semana entre 300 y 500 kilogramos, y el restante 15% separa más de 500 kilogramos de material reciclable a la semana.

El grupo de investigación de los habitantes de las áreas circunvecinas, el procesamiento de las encuestas dio como resultado que un 46% es masculino y el restante 54% es femenino de las encuestas realizadas a la población abierta; un 57% de ellos tiene estudios de primaria, un 29% cuenta con estudios de secundaria, 11% con estudios de preparatoria y el restante 3% con estudios universitarios en el grupo encuestado.

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA Y ESPACIO, CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DEL AMBIENTE Y EL TERRITORIO

Cuadro No. 3.1. Resumen Estadístico de los Pепенadores.

EDADES	1 A 20	20-30	31-40	41-50	51-80
%	1 5	2 10	6 30	4 20	7 35
					20 100

ESCOLARIDAD	PRIM	SEC	PREP
%	12 60	8 40	0 0
		20 100	

TIEMPO LUGAR	1 A 5	6 A 10	11 A 15	16 A 20	21 A 30	MAS
%	7 35	7 35	1 5	2 10	2 10	1 5
						20 100

CANT. RECOLEC	100 A 200	201 A 300	301 A 400	401 A 500	MAS
%	6 30	5 25	2 10	4 20	3 15
					20 100

INGRESO	0 A 100	101 A 200	201 A 300	301 A 400	401 A 500	MAS
%	2 10	11 55	6 30	1 5	0 0	0 0
						20 100

HORAS LABOR.	1 A 8	9 A 12	MAS
%	13 65	7 35	0 0
		20 100	

SEXO	M	F
%	13 65	7 35
	20 100	

EDO. CIVIL	CASADO	SOLTERO	VIUDO	UNION LIBRE	SEPARADO
%	6 30	4 20	3 15	6 30	1 5
					20 100

"SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES."

COMUNIDAD ORGANIZADA PARA EL SANEAMIENTO Y LA ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES DEL MUNICIPIO DE SAN CARLOS, GUATEMALA. INFORMACIÓN DE LA ENCUESTA DE CARACTERIZACIÓN SOCIAL Y ECONÓMICA DE LA COMUNIDAD ORGANIZADA PARA EL SANEAMIENTO Y LA ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES DEL MUNICIPIO DE SAN CARLOS, GUATEMALA.

Cuadro No. 3.2. Resumen Estadístico de la Comunidad.

	M	F	
SEXO	32	38	70
%	46	54	100

	CASADO	SOLTERO	VIUDO	DIVORCIADO	UNION LIBRE	
EDO. CIVIL	44	16	4	2	4	70
%	62	23	6	3	6	100

	0 A 20	21 A 30	31 A 40	MAS	
EADES	13	21	18	18	70
%	19	31	25	25	100

	PRIM	SEC	PREP	UNIV	
ESCOLARIDAD	40	20	8	2	70
%	57	29	11	3	100

	0 A 1000	1001 A 2000	2001 A 3000	3001 A 4000	4001 A 5000	MAS
INGRESO	32	22	8	2	3	70
%	47	31	11	3	4	100

	%
OCUPACION	
SIEMPLEO	5
ALBAÑIL	3
COMERCIO	24
EMPLEADO	6
ESTUDIANTE	5
HOGAR	19
MAESTRO	1
OBrero	3
TAXI	1
RESTAURANT	1
PEPENADOR	1
VIGILANTE	1
	70
	100

"SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES."

SE DESARROLLÓ EN EL MUNICIPIO DE SAN CARLOS, GUATEMALA, EN EL MES DE ABRIL DE 1988, UNA ENCUESTA DE OPINIÓN SOBRE EL PROBLEMA DE SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES. LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA SE PRESENTAN EN ESTE CUADRO.

Cuadro No. 3.2. Resumen Estadístico de la Comunidad. (continuación)

OPINION SOBRE EL TIRADERO	%
SIN OPINION	14
A FAVOR	3
CONTAMINACIÓN	16
MAL OLOR	1
INFECCIONES	7
EN CONTRA	59
	100

QUITAR BASURERO	%
SIN OPINION	63
SI	37
NO	0
	100

TIEMPO EN EL LUGAR	%
0 A 5	26
6 A 10	19
11 A 15	13
16 A 20	19
21 A 25	10
26 A 30	9
MAS	4
	100

"SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES."

Cuadro No.3.3. Estadísticas de la Comunidad.

ENCUESTA No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SEXO	F	F	F	F	M	F	M	M	F	F
ESTADO CIVIL	S	C	C	C	C	C	C	C	DIV	C
EDAD (AÑOS)	17	30	25	40	36	18	34	37	35	24
NIVEL ESCOLAR	13	9	9	6	12	12	5	12	6	9
OCCUPACION	HOG	NO	MAESTR	NO	TAXI	HOG	HOG	COMER	EMPL	HOG
INGRESO MENSUAL	0	0	1,400	0	1,200	0	0	5,700	2,000	1,500
TIEMPO EN EL LUGAR (AÑOS)	17	10	17	32	0	18	5	4	9	2
No. PERSONAS	6	4	5	5	0	6	5	3	2	4
EDADES	40	32	45	40	0	50	34	7	35	24
	11	30	25	40	0	18	15	37	17	23
		11	20	14		10	14	29		6
		8	19	11			6	8		3

SERVICIO RECOLECCION	MUN	PART	PART	PART	PART	PART	PART	PART	PART	PART
OPINION SERVICIO	R	R	R	M	R	B	B	R	B	R
PROBLEMAS	INFECC	NO	CONT	MAL	MAL	OLOR	OLOR	0	IMAL	MAL
OLOR	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
POLVO	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0
ENFERMEDADES	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0
CONOC. SANEAMIENTO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO
TRANSFORM. DEL LUGAR	REC	PARQ	BOSQ	REC	REC	ESC	0	HABIT	REC	PARQ
PARTICIPARIA	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	NO	SI	
QUITAR BASURERO	0	SI	0	SI	SI	0	SI	SI	0	0

"SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES."

Cuadro No. 3.3. Estadísticas de la Comunidad.

ENCUESTA No.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SEXO	M	M	M	M	F	M	F	M	M	F
ESTADO CIVIL	C	C	S	C	C	C	S	S	S	VDA
EDAD (AÑOS)	26	52	51	27	43	41	24	23	20	35
NIVEL ESCOLAR	9	3	6	6	6	7	12	9	9	0
OCCUPACION	COMER	COMER	ALBAÑ	OBRE	HOG	VIGIL	COMER	COMER	0	EMPL
INGRESO MENSUAL	6,000	0	3,000	2,600	0	4,200	2,000	2,400	0	700
TIEMPO EN EL LUGAR (AÑOS)	25	30	7	27	30	9	24	23	0	35
No. PERSONAS	4	5	5	10	4	4	3	3	5	5
EDADES	27	52	51	27	43	36	50	53	53	45
	26	48	43	12	20	19	45	23	23	28
	9	28	5	3	23	17	24	20	20	20
	1	23	3		15					25
		20	2							19

SERVICIO RECOLECCION	PART	PART	MUN	PART	PART	MUN	MUN	MUN	MUN	PART
OPINION SERVICIO	B	M	R	R	R	R	B	R	M	B
PROBLEMAS	0	0	MAL	INFEC	MAL	MAL	MAL	MAL	0	MAL
OLOR	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
POLVO	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0
ENFERMEDADES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X
CONOC. SANEAMIENTO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO
TRANSFORM. DEL LUGAR	HABIT	BOSQ	PARQ	PARQ	PARQ	BOSQ	PARQ	TIRAD	PARQ	INST
PARTICIPARIA	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
QUITAR BASURERO	0	0	0	0	0	0	0	0	SI	SI

"SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES."

Cuadro No. 3.3. Estadísticas de la Comunidad.

ENCUESTA No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
SEXO	M	F	F	F	M	M	F	F	M	F
ESTADO CIVIL	VDO	UL	VDA	C	C	S	C	C	S	C
EDAD (AÑOS)	32	18	40	29	33	33	17	27	17	35
NIVEL ESCOLAR	10	5	0	6	9	9	5	9	10	6
OCCUPACION	OBR	HOG	HOG	HOG	REST	COMER	HOG	HOG	EMPL	EMPL
INGRESO MENSUAL	1,200	0	0	0	4,000	2,400	1,200	1,500	800	0
TIEMPO EN EL LUGAR (AÑOS)	17	1	20	15	30	2	0	5	8	13
No. PERSONAS	13	6	3	4	3	1	2	9	6	5
EDADES	32	47	40	44	33	33	17	37	40	37
		22		29	30		19	27	40	35
		18		12	20			23	21	18
		11		4				21	20	13
		10						18	17	10
		7						16	14	
								6		
SERVICIO RECOLECCION	PART	PART	0	PART	PART	MUN	MUN	MUN	0	PART
OPINION SERVICIO	B	R	B	B	R	R	R	B	R	R
PROBLEMAS	0	MAL	BIEN	MAL	INFEC	INFEC	0	MAL	MAL	MAL
OLOR	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
POLVO	X	X	0	X	0	0	0	0	0	0
ENFERMEDADES	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0
CONOC. SANEAMIENTO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO
TRANSFORM. DEL LUGAR	RECR	RECIC	HABIT	0	PARQ	BOSQ	NO	0	BOSQ	PARQ
PARTICIPARIA	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NOI	SI	SI	NO
QUITAR BASURERO	SI	SI	0	0	0	0	0	0	0	SI

"SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES."

Cuadro No. 3.3. Estadísticas de la Comunidad.

ENCUESTA No.	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
SEXO	M	F	F	F	F	F	M	M	F	M
ESTADO CIVIL	S	C	C	C	C	C	C	DIV	UL	S
EDAD (AÑOS)	21	30	43	37	47	60	27	31	27	22
NIVEL ESCOLAR	12	6	6	4	0	0	3	6	6	12
OCUPACION	COMER	COMER	COMER	COMER	COMER	COMER	COMER	COMER	HOG	COMER
INGRESO MENSUAL	1,200	900	2,400	0	0	0	7,000	5,000	800	3,000
TIEMPO EN EL LUGAR (AÑOS)	21	12	19	1	0	30	20	7	5	6
No. PERSONAS	3	5	4	2	4	4	4	3	6	7
EDADES	49	35	50	38	47	60	27	31	57	43
	48	30	43	37	23	40	23	21	56	32
	21	16	22	6	6	38	17	18	32	22
		12	18		4	28	3		27	20
		4							26	16
									25	15

SERVICIO RECOLECCION	MUN	PART	MUN	0	MUN	0	PART	PART	PART	PART
OPINION SERVICIO	B	R	B	M	B	B	B	M	B	B
PROBLEMAS	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL
OLOR	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
POLVO	0	X	X	X	X	X	X	0	X	X
ENFERMEDADES	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X
CONOC. SANEAMIENTO	SI	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
TRANSFORM. DEL LUGAR	BOSQ	BOSQ	BOSQ	MEDIC	BOSQ	BOSQ	PARQ	PARQ	DEP	PARQ
PARTICIPARIA	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
QUITAR BASURERO	0	0	SI	0	SI	0	0	SI	0	0

"SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES."

Cuadro No. 3.3. Estadísticas de la Comunidad.

ENCUESTA No.	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
SEXO	M	M	F	F	M	F	M	F	M	F
ESTADO CIVIL	C	VDO	C	UL	C	C	C	C	C	C
EDAD (AÑOS)	52	54	48	42	45	24	50	28	47	29
NIVEL ESCOLAR	6	6	0	0	6	9	6	9	6	9
Ocupación	COMER	COMER	HOG	PEPEN	OBR	HOG	ALBÑ	HOG	EMPL	COMER
INGRESO MENSUAL	1,200	1,200	1,200	300	1,200	1,200	1,200	2,000	4,000	1,000
TIEMPO EN EL LUGAR (AÑOS)	22	40	19	7	2	5	20	1	20	7
No. PERSONAS	8	2	4	0	9	3	4	4	4	4
EDADES	52	54	52		45	25	50	28	47	29
	25	18	46		33	24	40	28	41	29
	20		25		16	1	24	9	19	6
	21		7		15		3	4	16	2
	21				14					
					13					
					10					
					9					

SERVICIO RECOLECCION	PART	MUN	PART	PART	PART	PART	PART	MUN	PART	MUN
OPINION SERVICIO	M	R	R	R	0	R	R	B	B	B
PROBLEMAS	MAL	MAL	MAL	MAL	BIEN	MAL	MAL	INFEC	CONT	MAL
OLOR	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X
POLVO	X	X	X	0	X	X	0	0	0	X
ENFERMEDADES	0	X	X	0	0	X	0	0	0	X
CONOC. SANEAMIENTO	NO	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO
TRANSFORM DEL LUGAR	PARQ	PARQ	PARQ	PARQ	PARQ	BOSQ	0	PARQ	ESC	0
PARTICIPARIA	NO	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	NO
QUITAR BASURERO	SI	0	0	SI	0	SI	0	0	0	0

"SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES."

Cuadro No. 3.3. Estadísticas de la Comunidad.

ENCUESTA No.	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
SEXO	F	F	M	F	F	M	F	F	M	F
ESTADO CIVIL	C	C	C	C	C	C	C	S	C	S
EDAD (AÑOS)	19	44	30	35	34	60	36	21	25	17
NIVEL ESCOLAR	6	6	9	6	6	6	6	18	9	9
Ocupación	HOG	COMER	0	HOG	HOG	COMER	HOS	EST	COMER	COMER
INGRESO MENSUAL	2,800	80	0	100	200	1,500	2,400	0	5,000	1,500
TIEMPO EN EL LUGAR (AÑOS)	4	6	23	0	8	28	13	21	2	17
No. PERSONAS	3	7	4	6	5	3	5	6	4	8
EDADES	22	44	30	41	42	60	39	50	25	45
	19	55	28	35	34	53	36	50	21	40
	3	23	10	17	9	19	15	25	1	17
		19	7	13	7		9	21	0	16
		16		8	3		6	16		15
		41								
		8								
SERVICIO RECOLECCION	MUN	PART	MUN	PART	PART	PART	MUN	MUN	PART	0
OPINION SERVICIO	B	R	B	B	B	B	B	R	M	R
PROBLEMAS	MAL	CONT	MAL	MAL	MAL	0	CONT	CONT	CONT	CONT
OLOR	X	X	X	0	X	0	X	X	X	X
POLVO	0	0	X	X	0	0	X	0	0	0
ENFERMEDADES	X	X	0	X	0	0	X	X	0	0
CONOC. SANEAMIENTO	SI	NO	SI	NO	NO	SI	NO	NO	SI	NO
TRANSFORM. DEL LUGAR	PARQ	PARQ	DEP	RECRE	0	0	ESC	DEP	PARQ	0
PARTICIPARIA	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI
QUITAR BASURERO	SI	SI	SI	0	0	0	0	0	0	0

"SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES."

Cuadro No. 3.3. Estadísticas de la Comunidad.

ENCUESTA No.	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
SEXO	M	M	F	F	M	F	F	M	M	M
ESTADO CIVIL	C	S	C	C	C	S	S	S	S	UL
EDAD (AÑOS)	42	20	28	40	34	13	13	11	12	60
NIVEL ESCOLAR	6	9	6	6	9	7	7	6	6	0
OCCUPACION	COMER	0	HOG	COMER	EMPL	EST	EST	EST	EST	ALBI
INGRESO MENSUAL	2,000	0	1,200	1,000	2,000	0	0	0	0	1,500
TIEMPO EN EL LUGAR (AÑOS)	2	5	10	8	20	13	13	11	12	14
No. PERSONAS	6	3	5	4	4	7	5	5	6	5
EDADES	42	50	57	45	34	55	40	42	42	60
	40	25	30	40	30	50	37	40	39	24
	20	20	20	20	10	20	18	18	17	20
	17	7	7	17	7	14	15	11	16	2
	10		5			13	13		15	
	8					10			12	
SERVICIO RECOLECCION	PART	PART	MUN	MUN	MUN	MUN	MUN	MUN	MUN	PART
OPINION SERVICIO	R	R	B	R	B	R	R	R	R	M
PROBLEMAS	MAL	MAL	MAL	CONT	CONT	MAL	CONT	CONT	MAL	MAL
OLOR	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X
POLVO	0	X	0	0	0	0	X	X	0	0
ENFERMEDADES	0	0	0	0	0	0	0	0	X	X
CONOC. SANEAMIENTO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO
TRANSFORM. DEL LUGAR	0	DEP	ESC	PARQ	PARQ	DEP	DEP	RECR	RECR	0
PARTICIPARIA	NO	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
QUITAR BASURERO	0	0	SI	SI	SI	0	SI	SI	0	SI

"SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES."

Cuadro No. 3.4. Estadísticas de Pепенadores.

ENCUESTA No.	1	2	3	4	5	6	7
SEXO	M	M	F	M	M	M	M
ESTADO CIVIL	C	S	VDA	C	S	UL	C
EDAD (AÑOS)	40	15	66	31	38	36	35
NIVEL ESCOLAR	6	4	0	8	5	6	2
TIEMPO EN EL LUGAR (AÑOS)	2	6 MESES	8	4	0	7	22
TIPO DESECHOS	P/C/V/M	P/C/V/M	P/C/V/M	P/C/V/M	P/C/V/M	P/C/V/M	P/C/V/M
CANTIDAD (KG/SEMANA)	500	500	150	200	0	100	200
DETINO	CONCESIÓN	CONCESIÓN	CONCESIÓN	CONCESIÓN	0	CONCESIÓN	CONCESIÓN
INGRESO (\$/SEMANA)	200	300	300	200	0	300	200
HORAS LABORABLES	6 A 8	10 A 12	8 A 10	8 A 12	0	8	8 A 12
PROBLEMAS SALUD	NO	NO	NO	NO	0	NO	NO

ENCUESTA No.	8	9	10	11	12	13	14
SEXO	M	M	F	F	F	F	M
ESTADO CIVIL	C	VDO	UL	S	VDA	UL	C
EDAD (AÑOS)	35	60	44	28	70	25	41
NIVEL ESCOLAR	5	0	0	6	0	9	2
TIEMPO EN EL LUGAR (AÑOS)	5	49	7	10	20	20	9
TIPO DESECHOS	P/C/V/M	P/C/V/M	P/C/V/M	P/C/V/M	P/C/V/M	P/C/V/M	P/C/V/M
CANTIDAD (KG/SEMANA)	1000	400	200	300	400	1000	800
DETINO	CONCESIÓN	CONCESIÓN	CONCESIÓN	CONCESIÓN	CONCESIÓN	CONCESIÓN	CONCESIÓN
INGRESO (\$/SEMANA)	400	300	300	120	200	200	200
HORAS LABORABLES	8	11	7	8	10	11	8
PROBLEMAS SALUD	NO	NO	NO	NO	EST	NO	NO

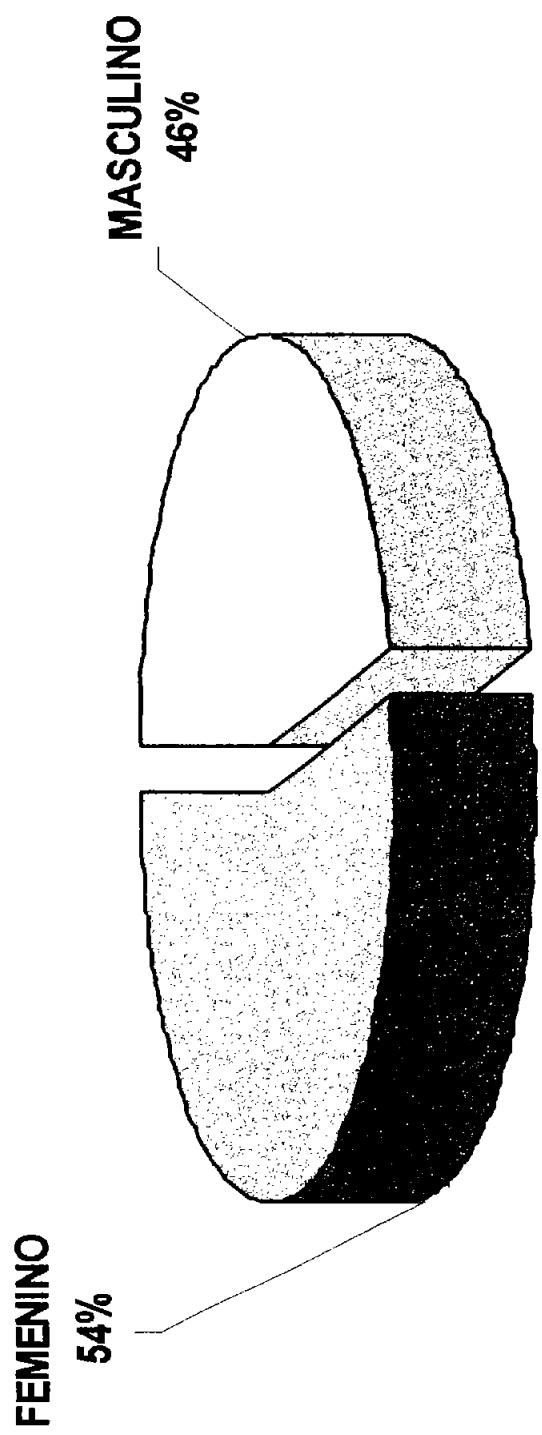
"SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES."

Cuadro No. 3.4. Estadísticas de Pepenadores.

ENCUESTA No.	15	16	17	18	19	20
SEXO	M	M	M	F	F	M
ESTADO CIVIL	C	UL	SEPARADO	UL	S	UL
EDAD (AÑOS)	71	43	54	45	65	59
NIVEL ESCOLAR	0	6	2	6	1	8
TIEMPO EN EL LUGAR (AÑOS)	3 MESES	7	5	7	24	13
TIPO DESECHOS	P/C/V/M	P/C/V/M	P/C/V/M	P/C/V/M	P/C/V/M	P/C/V/M
CANTIDAD (KG/SEMANA)	350	500	300	500	300	300
DETINO	CONCESIÓN	CONCESIÓN	CONCESIÓN	CONCESIÓN	CONCESIÓN	CONCESIÓN
INGRESO (\$/SEMANA)	150	200	56	150	200	300
HORAS LABORABLES	5 A 6	8	8	7	6	5
PROBLEMAS SALUD	NO	NO	EST	NO	NO	NO

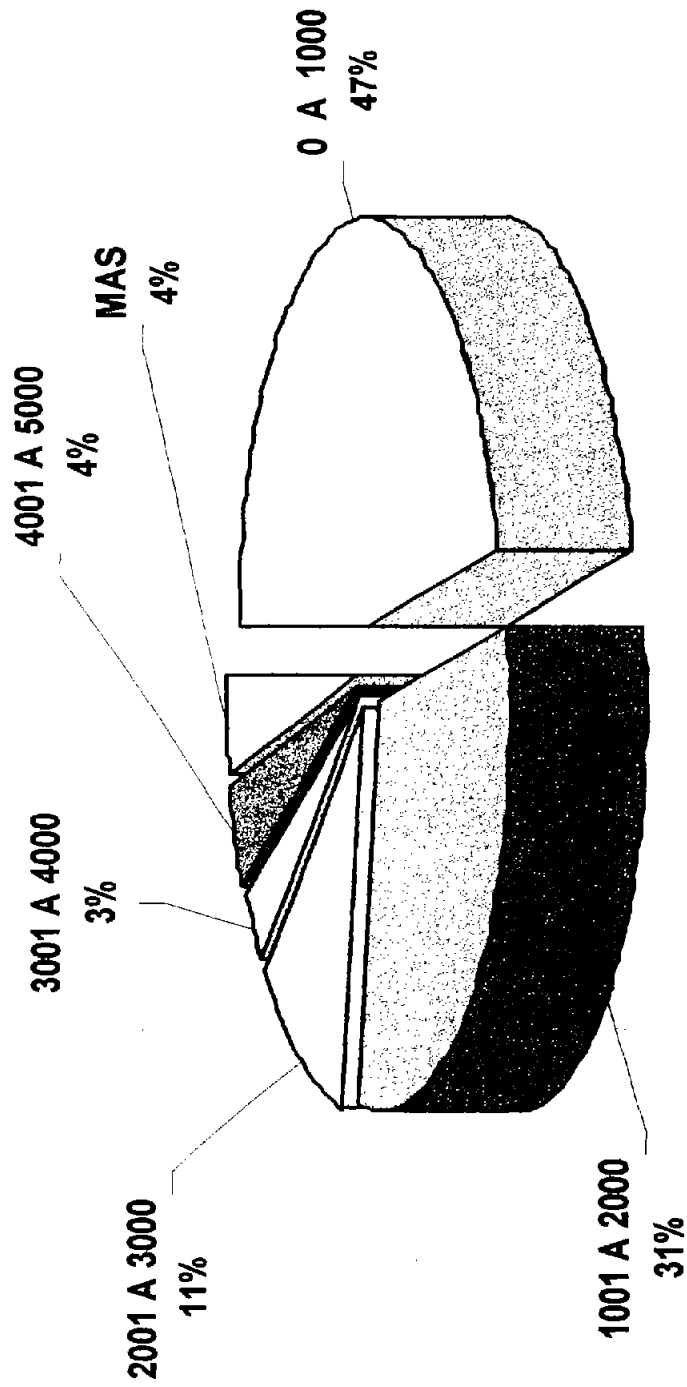
INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS (IVIC) - INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS (IVIC) - INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS (IVIC)

Gráfica No. 3.1. Población por Género de la Población Circundante.



REPORTE FINAL DEL PROYECTO DE SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES, MUNICIPIO DE SAN CARLOS, GUATEMALA.

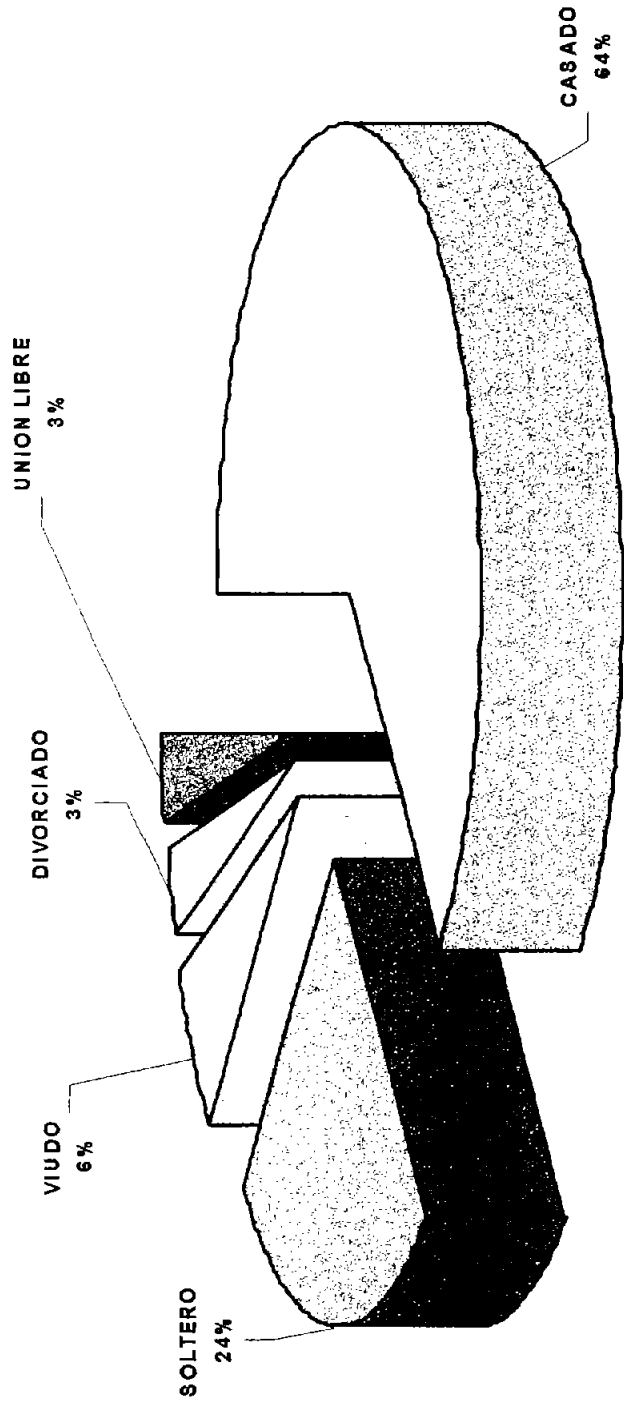
Gráfica No. 3.2. Ingresos Mensuales de los Usuarios.



“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

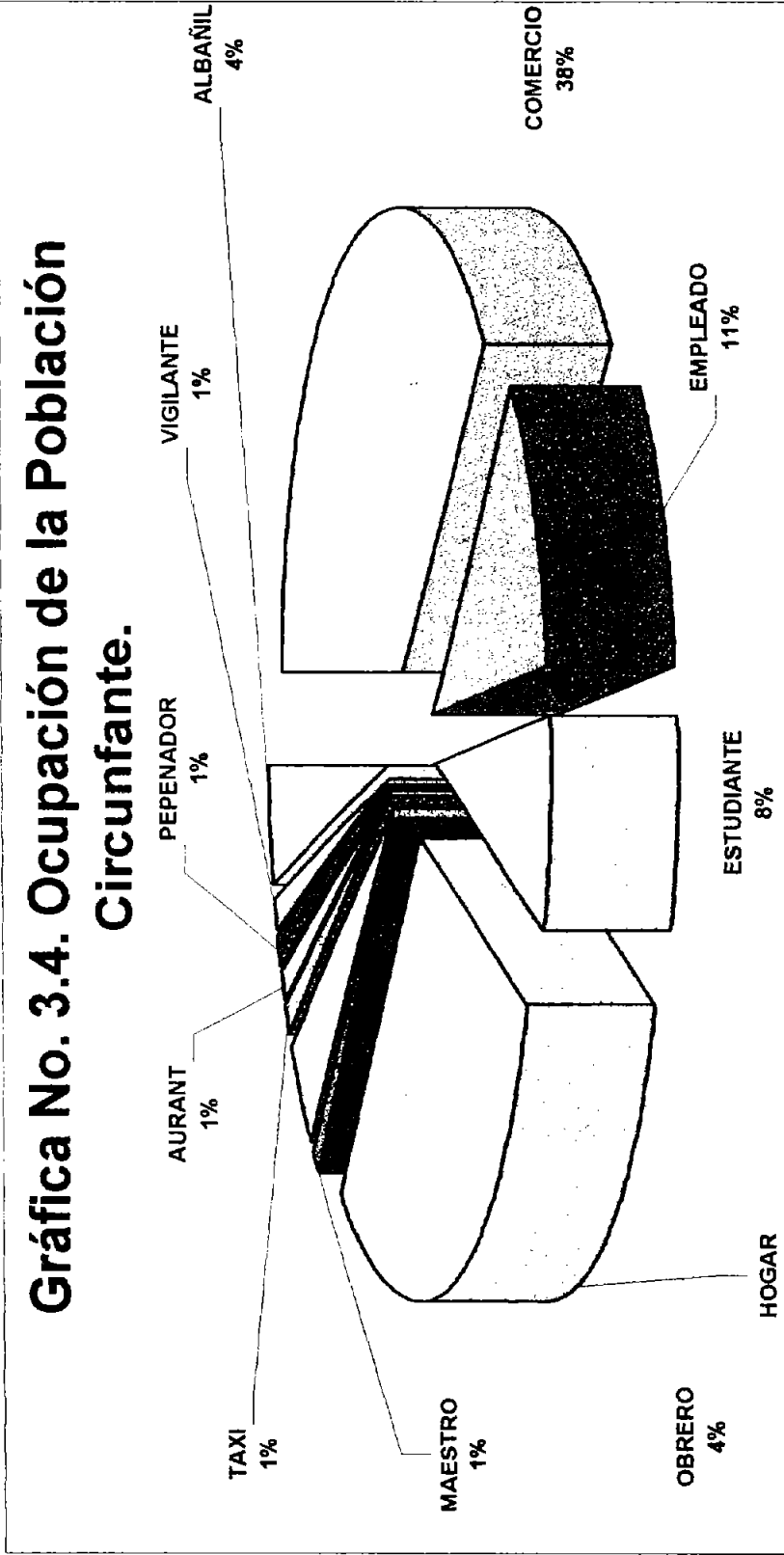
INSTRUMENTO DE ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE SAN CARLOS, GUATEMALA, EN EL CANTÓN DE SAN CARLOS, DEPARTAMENTO DE SAN CARLOS, GUATEMALA, EN EL AÑO 2007.

Gráfica No. 3.3. Estado Civil de la Población Circundante.



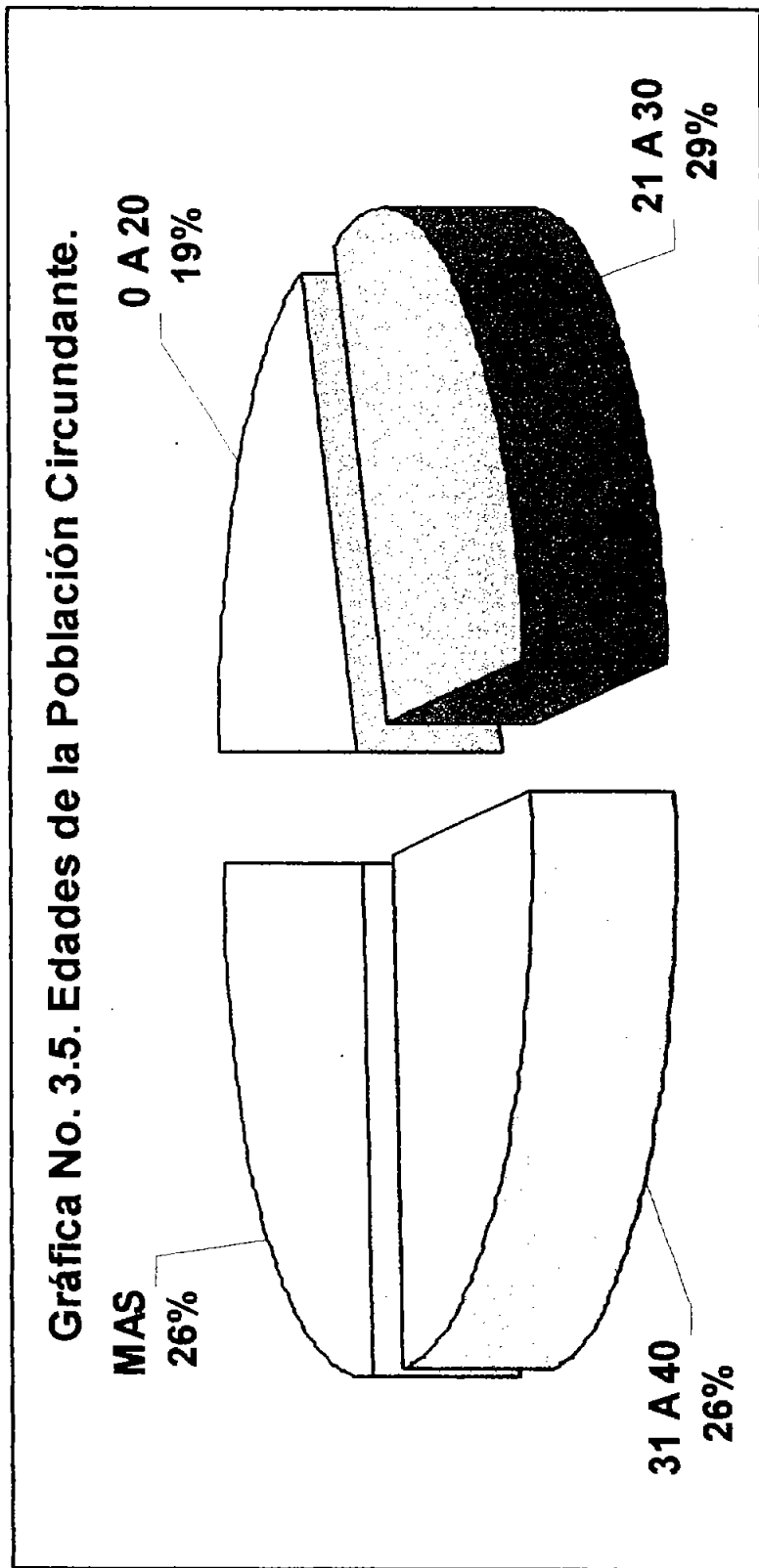
"SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES."

CONSEJO MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN CARLOS, GUATEMALA



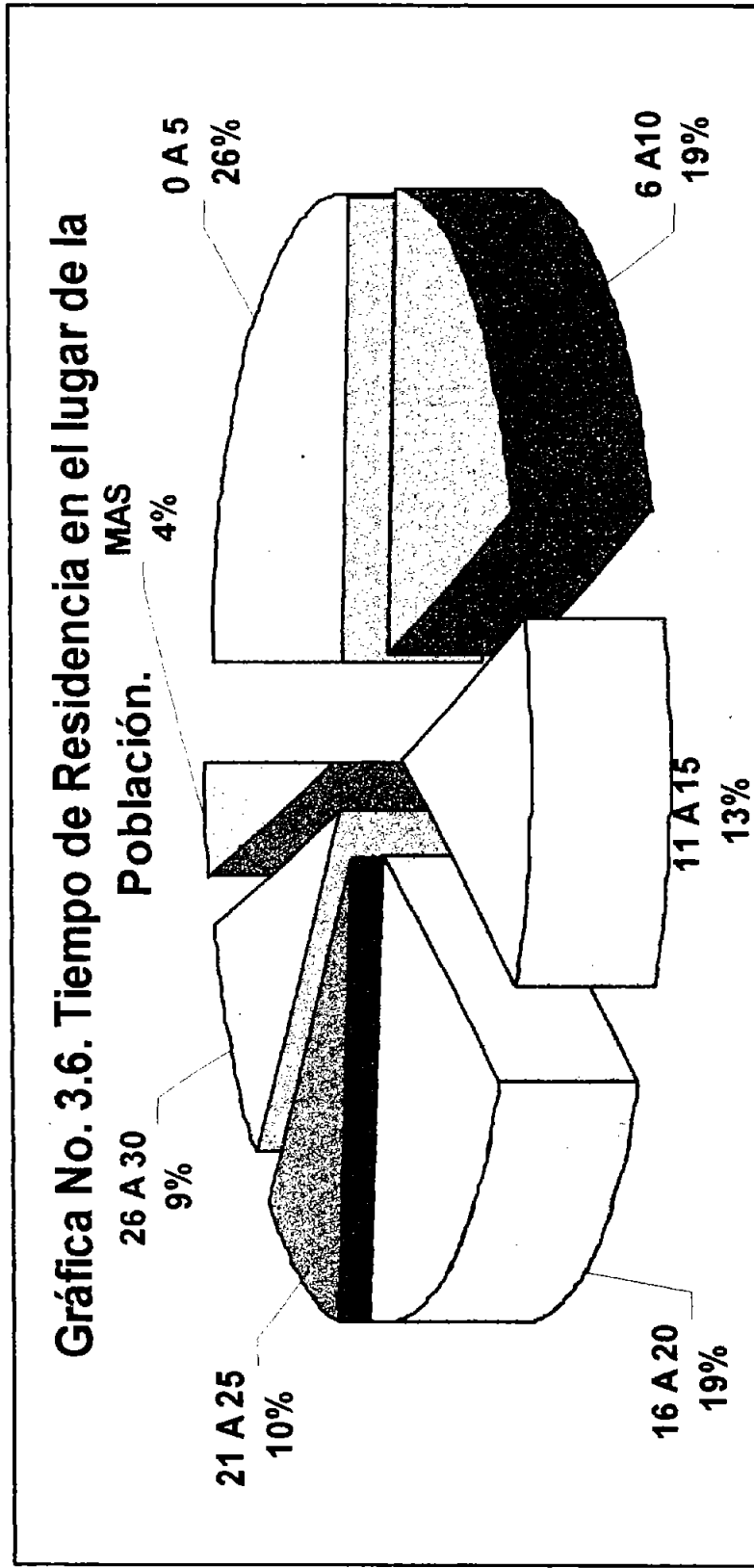
"SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES."

CONTRIBUCIÓN DE LA Población A LA GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES (RSM) SEGUN GRUPO ETARIO



“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

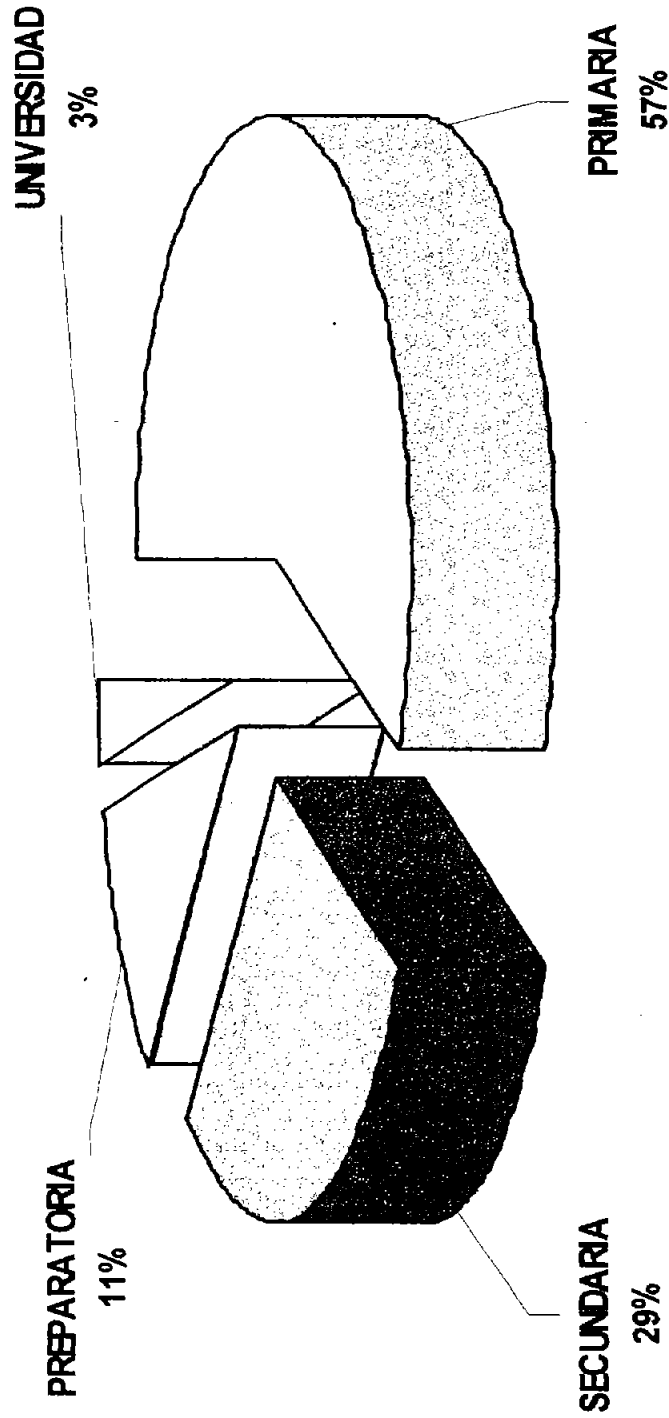
CONSEJO NACIONAL DE DESARROLLO URBANO, CONFERENCIA NACIONAL DE GOBIERNOS MUNICIPALES, ASOCIACIÓN NACIONAL DE GOBIERNOS MUNICIPALES, ASOCIACIÓN NACIONAL DE GOBIERNOS ESTATALES, ASOCIACIÓN NACIONAL DE GOBIERNOS FEDERALES



"SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES."

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS (IVIC) - CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES EN SANEAMIENTO AMBIENTAL (CENISA) - INSTITUTO VENEZOLANO DE ESTADÍSTICA (IVESTAT) - INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS (IVIC) - CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES EN SANEAMIENTO AMBIENTAL (CENISA) - INSTITUTO VENEZOLANO DE ESTADÍSTICA (IVESTAT)

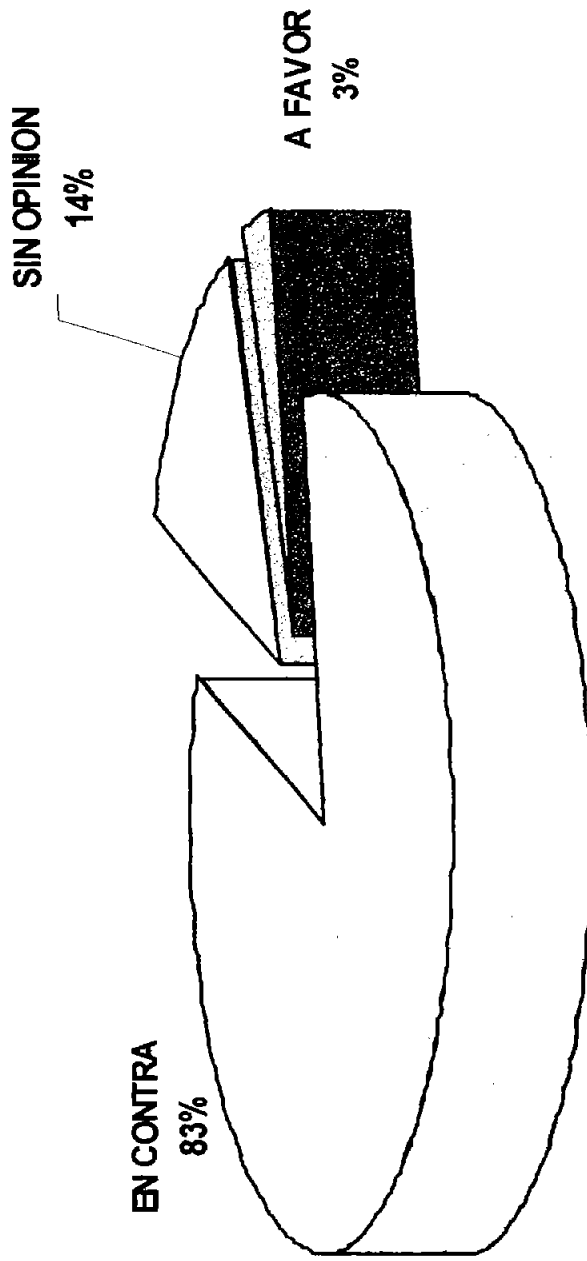
Gráfica No. 3.7. Escolaridad de la Población Circundante.



"SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES."

.....

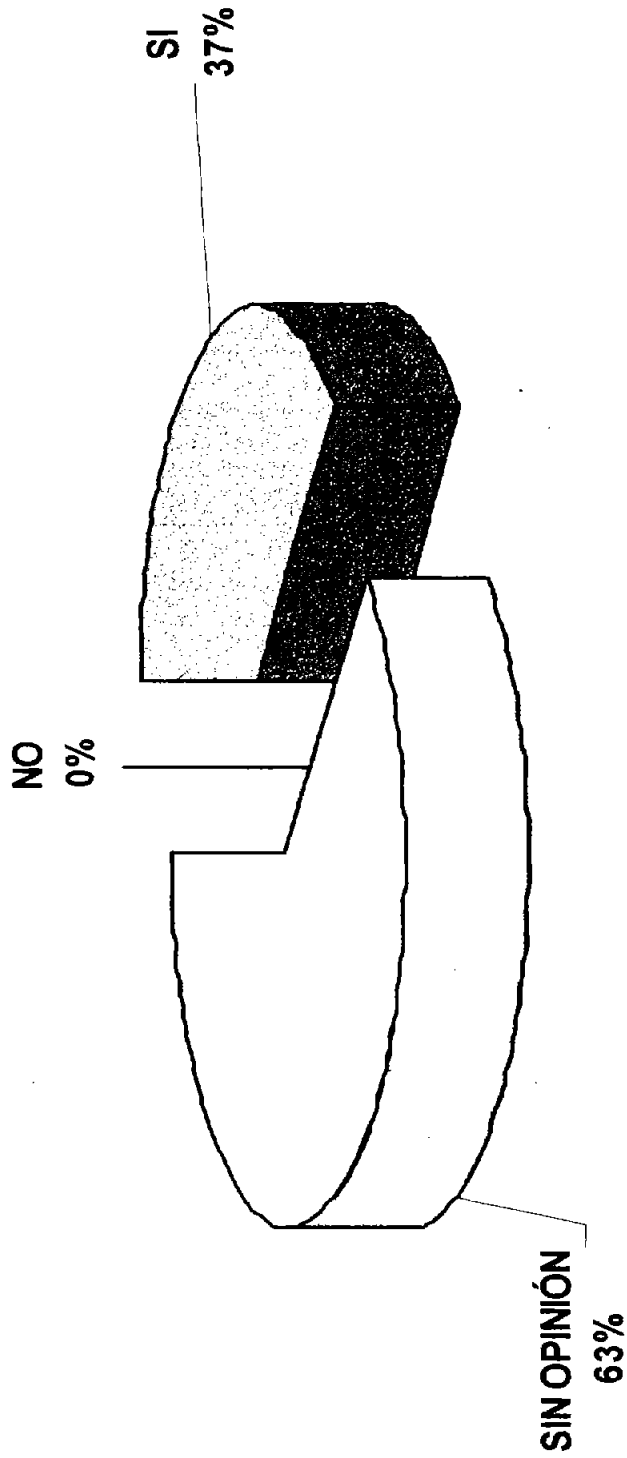
**Gráfica No. 3.8. Opinión de la Población Circundante
sobre el Sitio de Disposición Final.**



"SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES."

PROCESO DE SELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN EL MUNICIPIO DE SAN CARLOS, GUATEMALA

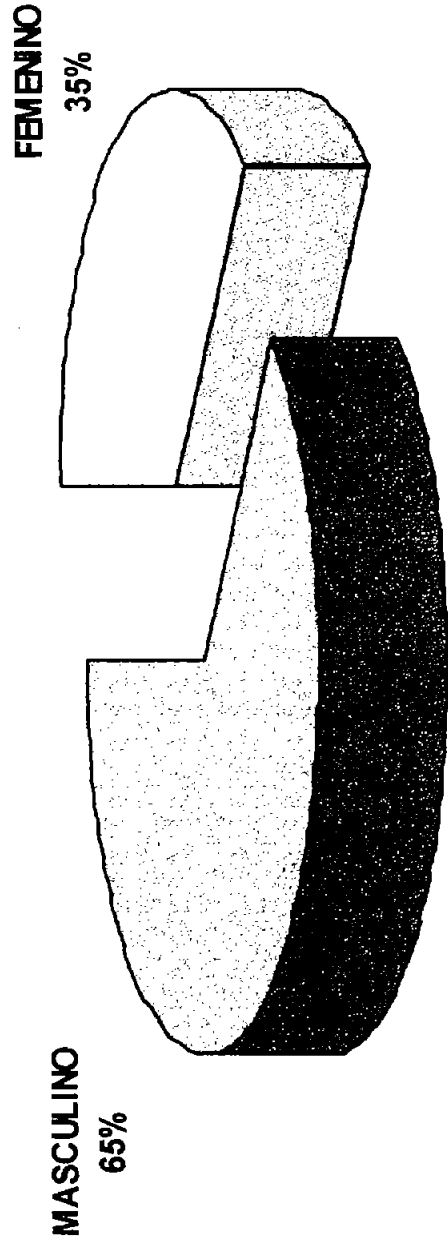
Gráfica No. 3.9. Opinión de los Usuarios de Quitar el Basurero.



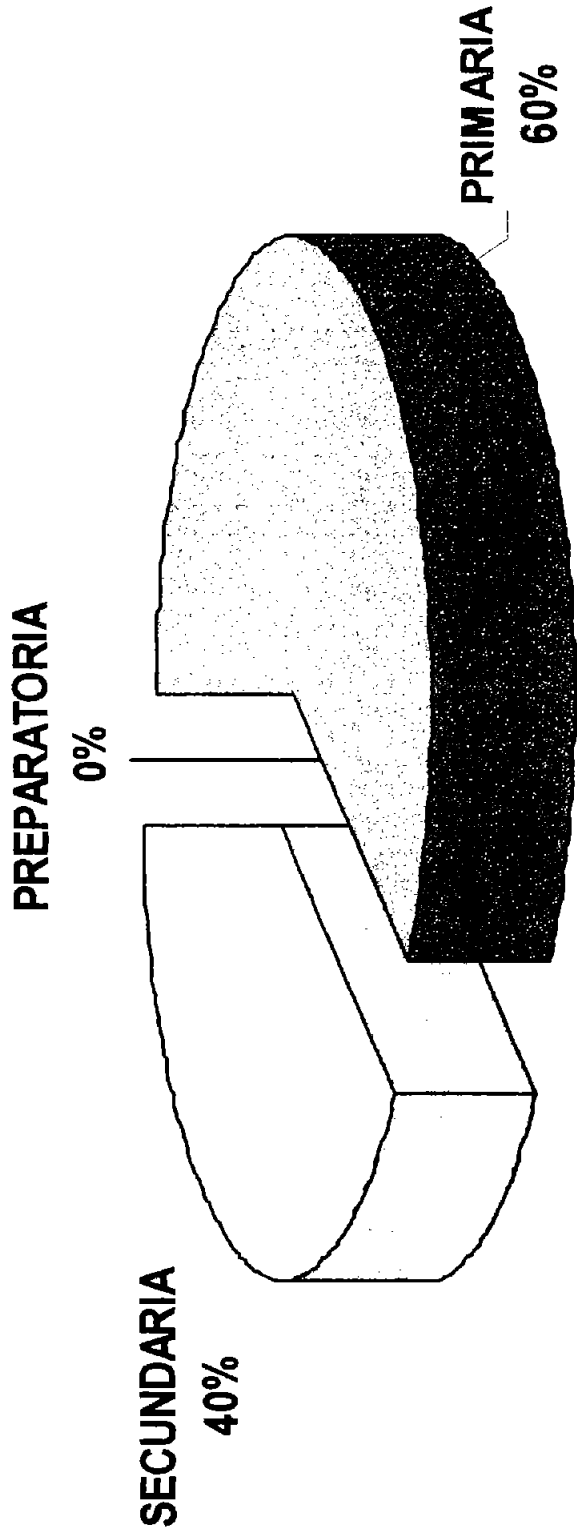
“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

MANUAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO BÁSICO PARA COMUNIDADES RURALES Y SEMIRURALES DEL MUNICIPIO DE PEPEÑADEROS, GUATEMALA

Gráfica No. 3.10. Población por Genero de los Pepenadores.



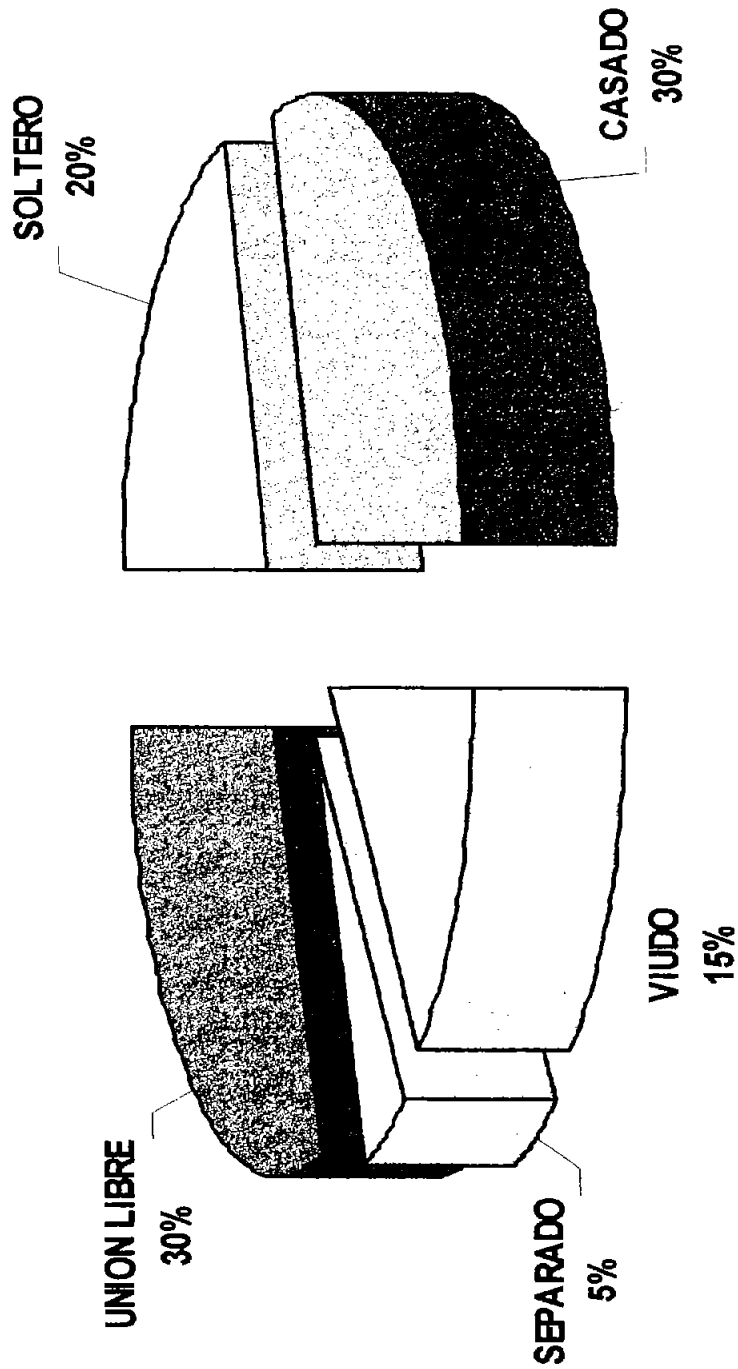
Gráfica No. 3.11. Escolaridad de los Pепенadores.



"SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES."

COMISIÓN DE SALUBRIDAD Y MEDICINA DEL MUNICIPIO DE SAN CARLOS, GUATEMALA. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC) GUATEMALA. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC) GUATEMALA. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC) GUATEMALA.

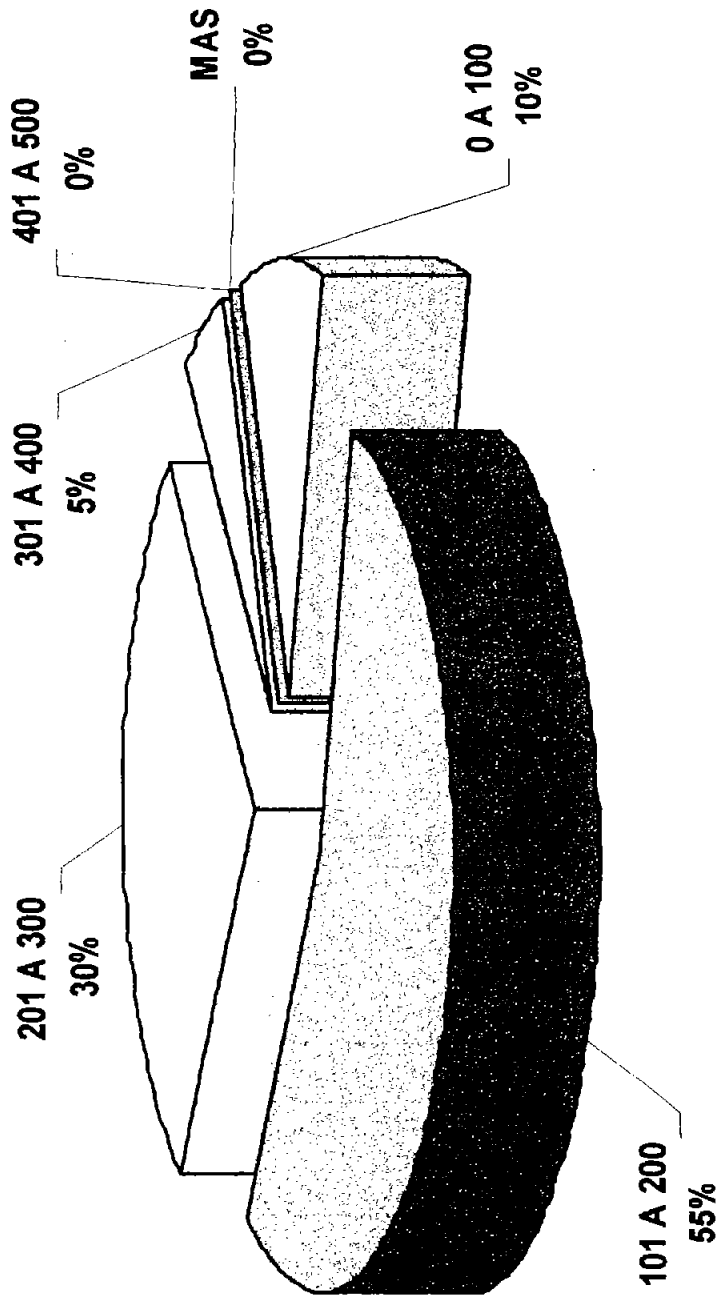
Gráfica No. 3.12. Estado Civil de los Pепенadores.



"SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES."

CONSEJO MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN CARLOS, GUATEMALA

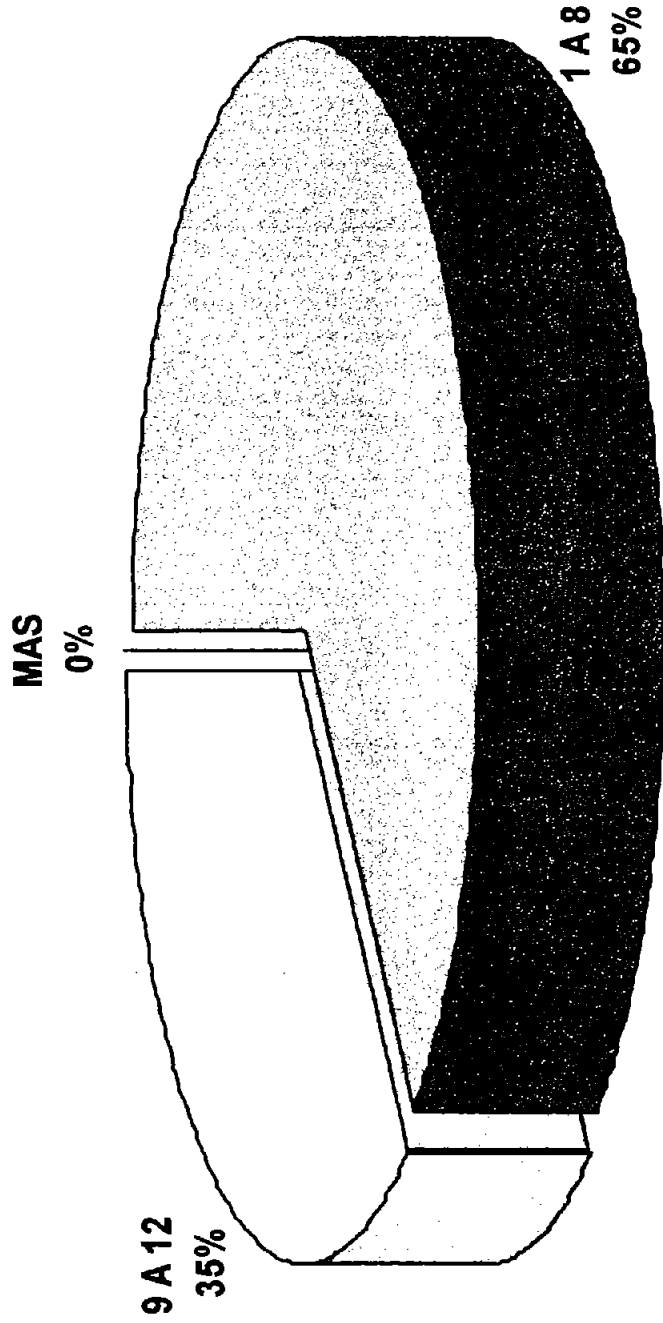
Gráfica No. 3.13. Ingreso Semanal.



“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

CONSEJO MUNICIPAL DE SANITACIÓN Y SANEAMIENTO DE LOS MUNICIPIOS DE LA ZONA NOROCCIDENTAL DEL ESTADO DE GUATEMALA

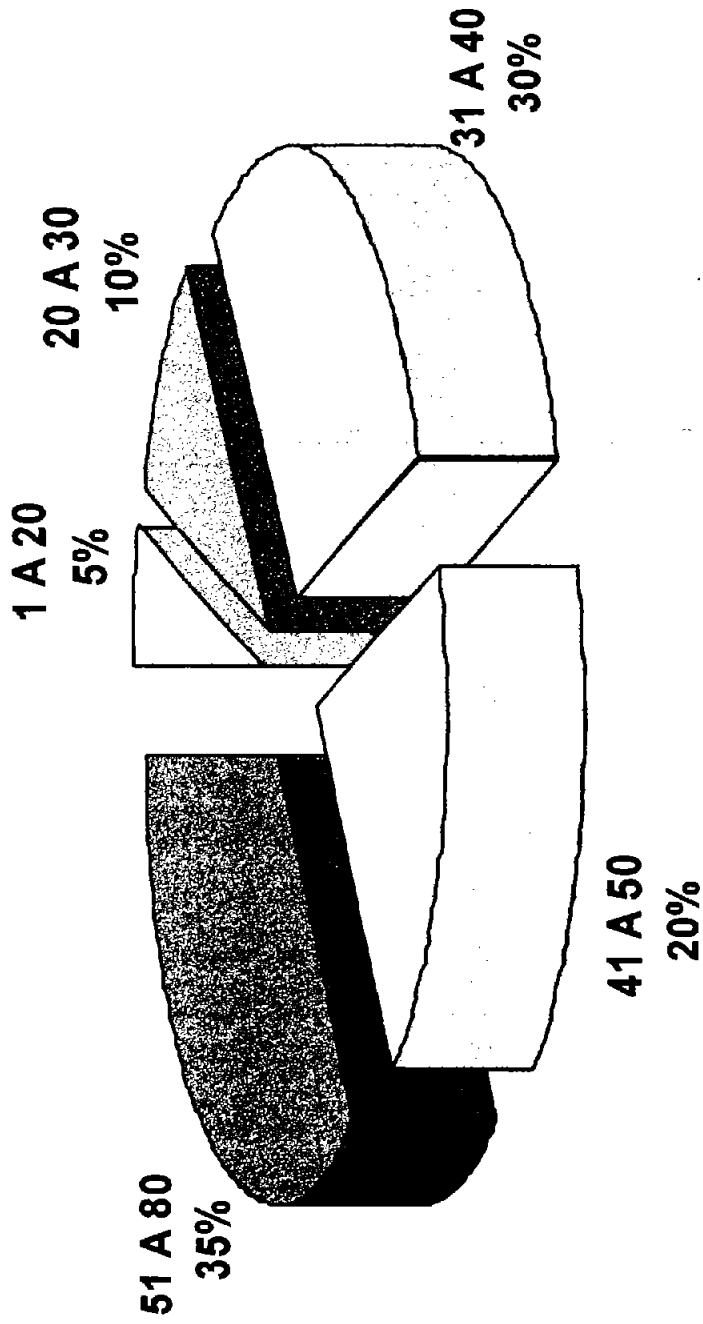
Gráfica No. 3.14. Horas Trabajadas por Día.



"SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES."

INFORMACIÓN DE INTERÉS PARA LOS CIUDADANOS DEL MUNICIPIO DE SAN CARLOS, GUATEMALA, EN EL PROCESO DE SELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.

Gráfica No. 3.15. Edades de los Pепенadores.

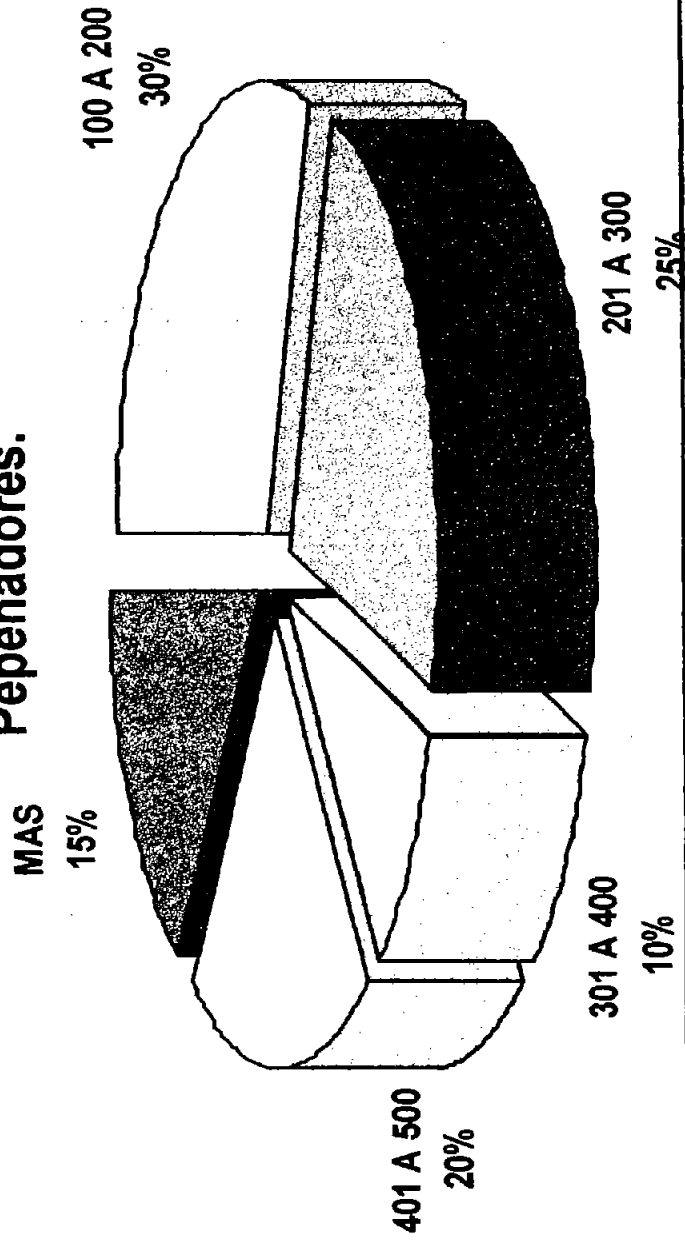


"SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES."

PROCESO DE SELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES. INFORMACIÓN DE INTERÉS PARA LOS MUNICIPIOS PARTICIPANTES EN EL PROCESO DE SELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.

Gráfica No. 3.16. Cantidad Recolectada por los

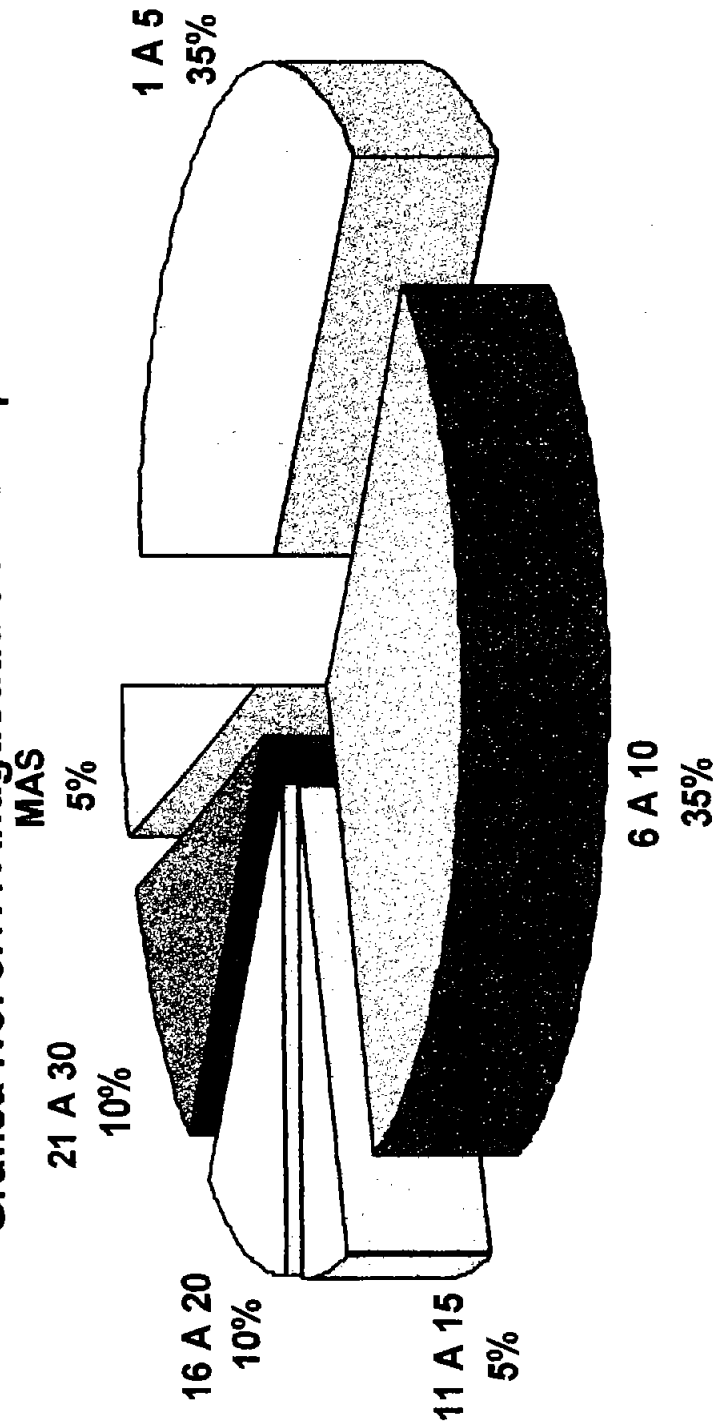
Pepenadores.



"SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES."

SECRETARÍA DE ECONOMÍA SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA DIRECCIÓN GENERAL DE ECONOMÍA Y ESTADÍSTICA DIRECCIÓN DE ESTADÍSTICA Y ANÁLISIS DE DATOS

Gráfica No. 3.17. Antigüedad de los Pепенadores.



Respecto a su estado civil 68% están casados o en unión libre, el 23% es soltero, 6% está en estado de viudez y el restante 3% está divorciado. En relación a su edad, un 19% es menor de los 20 años, 55% está entre los 20 y 40 años y el restante 26% son personas con más de años.

En cuanto a los años residiendo en la zona circundante al SDF un 45% tiene menos de 10 años en el lugar y el 55% tiene un tiempo de residencia en el lugar de más de 10 años.

Las respuestas obtenidas en cuanto a su ocupación tienen una gran variación, sin embargo, destacan con un 80% las personas dedicadas al hogar, comercio, empleados y estudiantes; los ingresos mensuales que manifestaron fueron en los siguientes segmentos: 47% de los encuestados mencionó que tiene un ingreso menor a 1,000 pesos; un 31% de entre 1,000 y 2,000 pesos y el restante 22% contestó que sus ingresos mensuales son mayores a 2,000 pesos.

Finalmente los resultados de su opinión con relación al SDF un 83% se manifestó en contra del sitio, un 14% no opinó y sólo un 3% se manifestó a favor de la presencia del sitio en la zona.

Lo anterior contrasta con los resultados a la pregunta sobre su opinión que se quite el SDF, ya que los resultados fueron los siguientes: un 37% se manifestó por quitarlo y el 63% prefirió no opinar sobre ello y ninguna persona de las encuestadas se manifestó para que quitaran el SDF.

3.3. Viabilidad Ambiental.

Los resultados de la Evaluación del Impacto Ambiental se presentan de manera detallada en el capítulo No. 4.

3.4. Viabilidad Legal.

Consideraciones generales de la legislación ambiental en el área de los RSM. Antes de la expedición de disposiciones jurídicas sobre cuestiones ambientales, en los estados y municipios sólo existían:

- **Leyes Orgánicas Municipales**, que determinan el ámbito de competencia municipal respecto de la prestación de servicios públicos.
- **Leyes Hacendarias**, que autorizan y determinan el monto del cobro de derechos por concepto de la prestación de servicios públicos.
- **Bandos de Policía y Buen Gobierno Municipales**, que crean órganos administrativos y los dotan de atribuciones para la prestación de servicios públicos.
- **Reglamentos Municipales**, aplicables a todos o a algún servicio público en especial.

De todas estas disposiciones, sólo las que expiden los ayuntamientos comprenden reglas dirigidas hacia la prestación del servicio de aseo urbano (SAU), básicamente centradas en su operación, así como responsabilidades para los gobernados que son beneficiarios de la prestación.

A partir de la expedición de las leyes ambientales de los estados, a finales de la década de 1980 e inicio de los 90, salvo algunas excepciones, se amplió la regulación jurídica en materia de residuos con la finalidad de prevenir y controlar los efectos que ocasionan su generación, recolección, transporte y tratamiento, incluida dentro de éste su disposición final.

La introducción en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), de atribuciones exclusivas del Gobierno Federal en materia de emisión de Normas Oficiales Mexicanas (NOM) aplicables al manejo de todo tipo de residuos, crea un novedoso esquema de concurrencia, además de que se prevé la posibilidad de convenir con estados y municipios su intervención en lo que respecta al control de los residuos de baja peligrosidad.

Aún cuando la LGEEPA no plantea obligaciones para los generadores de residuos sólidos, dado que esto es competencia de estados y municipios, si faculta a la autoridad federal ambiental para que establezca reglas técnicas para el almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los RSM. Así mismo, la faculta para que expida reglas técnicas para prevenir y controlar los efectos que sobre el ambiente se pueda ocasionar con motivo de la generación, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de RSM e industriales no peligrosos.

3.4.1. Marco Legal Actual en Materia de RSM.

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece que corresponde a los municipios la responsabilidad de prestar el servicio de limpia con el concurso del Estado. Generalmente, esta situación es ratificada por la Constitución Política de los Estados y sustentada en la Ley Estatal de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Este marco sirve de referencia para establecer los lineamientos generales de los Bandos de Policía y Buen Gobierno, y de forma particular de los Reglamentos de Limpia Municipal.

Actualmente la mayoría de los municipios de tamaño medio y grande, cuentan con dichos reglamentos para establecer los compromisos de quien presta y recibe el servicio. Por lo regular, los capítulos relacionados con disposiciones generales, obligaciones de usuarios y prestadores del servicio, sanciones, infracciones, recursos de inconformidad, organización y funciones del SAU, y aspectos operativos se cumplen en un porcentaje elevado. Sin embargo, aspectos relacionados con atención a usuarios, pago del servicio, inspección y vigilancia, estímulos fiscales, generación de residuos sólidos y artículos relacionados con la prevención de la contaminación presentan vacíos importantes.

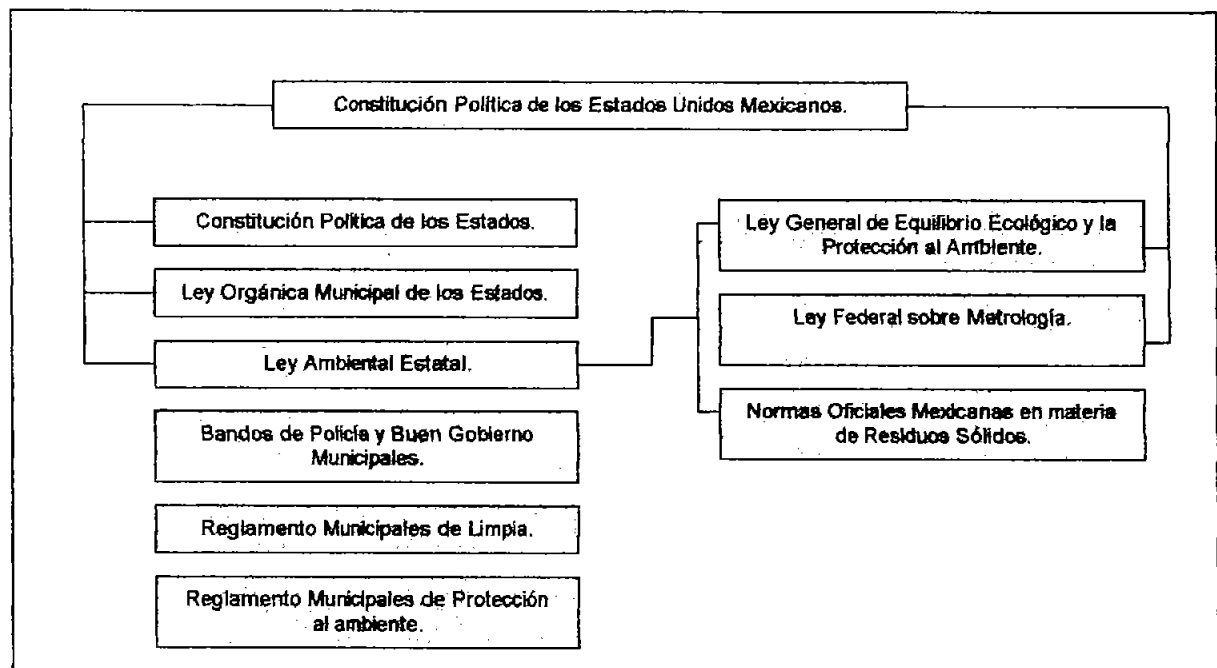
El marco legal bajo el cual se sustenta el manejo integral de los RSM incluye leyes, reglamentos y normas de los tres órdenes de gobierno e involucra a un número considerable de instituciones, las cuales buscan el bien común mediante la disminución o eliminación de los efectos nocivos que puede causar el manejo inadecuado de los RSM.

En el cuadro No. 3.5 se presenta el régimen jurídico de la prestación del SAU y la protección al ambiente y en el cuadro No. 3.6 se presentan las atribuciones con respecto a la aplicación de las disposiciones jurídicas en materia de prevención y control de la contaminación ocasionada por el manejo inadecuado de los RSM.

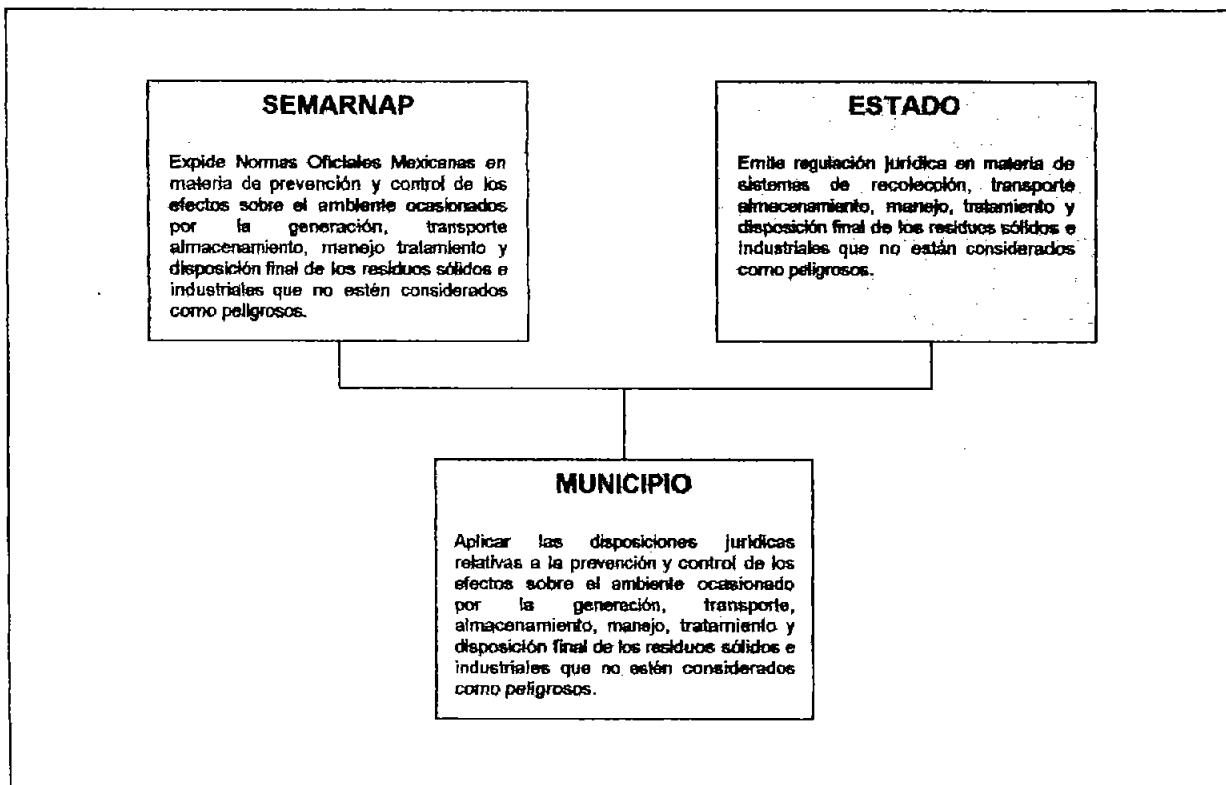
3.4.2. Normas Relativas a los RSM.

En la actualidad sólo existe una norma oficial mexicana, la NOM-083-ECOL-1996, que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales y se encuentra en revisión final la NOM-084-ECOL-1996, que probablemente realice una fusión de las dos, la ya mencionada anteriormente y la relativa al diseño, construcción y operación de los rellenos sanitarios.

Cuadro No. 3.5. Régimen Jurídico de la Presentación de Limpieza y Protección al Ambiente.



Cuadro No. 3.6. Atribuciones en Materia de Prevención y Control de la Contaminación Ocasionada por el Manejo de Residuos Sólidos Municipales.



Fuente: Jiménez Peña A., Marco legal aplicable a los residuos sólidos y la restauración de los suelos contaminados en México. II Seminario internacional sobre residuos sólidos y restauración de los suelos contaminados. INE - JICA 1999.

Además, existen normas mexicanas relacionadas con la determinación de la generación y composición de los RSM y las determinaciones en laboratorio de diferentes componentes. En el cuadro 3.7 se presenta una lista de las normas mexicanas.

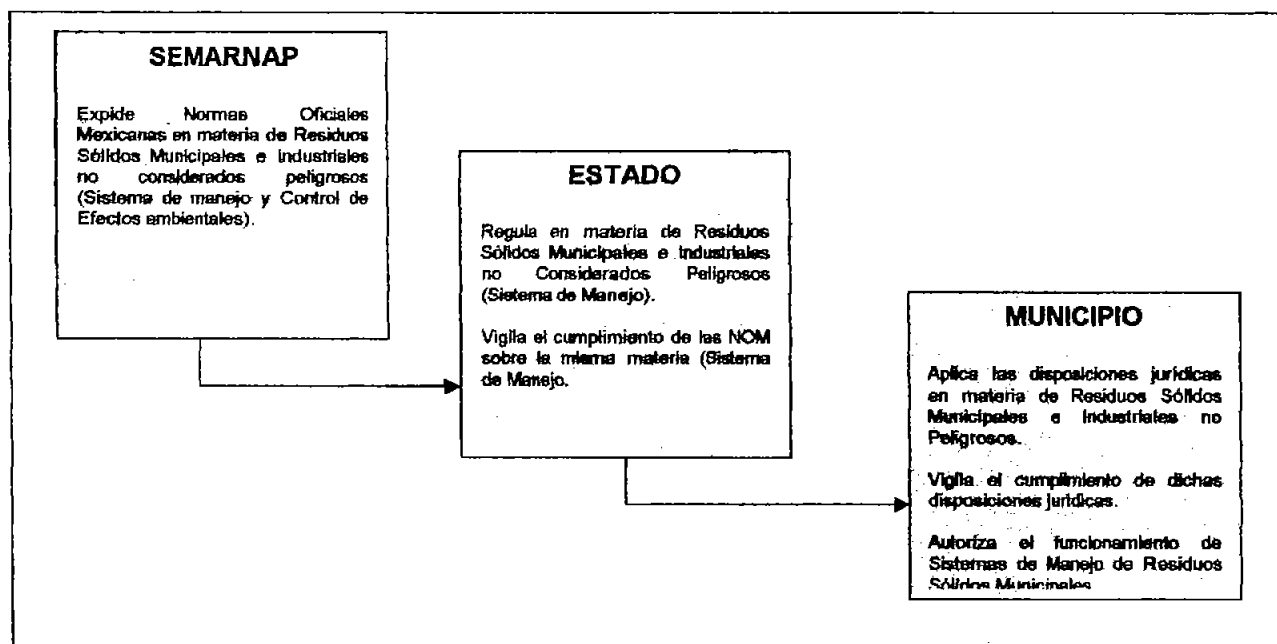
3.5. Viabilidad Institucional.

En las siguientes cuartillas se presenta el marco institucional de responsabilidades en el ámbito de los RSM, como se mencionó en el inciso anterior el manejo de los RSM es una atribución netamente municipal. En el cuadro No. 3.8 se presenta el esquema de la administración actual de los servicios para el control de los RSM.

Cuadro No. 3.7. Normas Mexicanas Aplicables a los residuos Sólidos Municipales.

NOM-AA	TITULO DE NORMA
16-1984	Determinación de humedad.
18-1984	Determinación de cenizas.
24-1984	Determinación de nitrógeno total.
25-1984	Determinación de pH, método potenciómetro.
92-1984	Determinación de azufre.
15-1985	Cuartero.
19-1985	Peso volumétrico <i>in situ</i> .
21-1985	Determinación de materia orgánica.
22-1985	Selección y cuantificación de subproductos.
33-1985	Determinación de poder calórico.
52-1985	Preparación de muestras en laboratorio para su análisis.
61-1985	Generación per cápita de residuos sólidos municipales.
67-1985	Determinación de la relación carbono/nitrógeno.
68-1986	Determinación de hidrógeno.
90-1986	Determinación de oxígeno.

Cuadro No. 3.8. Esquema General Orgánico de la Administración de los Residuos Sólidos Municipales.



Fuente: Jiménez Peña A., Marco legal aplicable a los residuos sólidos y la restauración de suelos contaminados en México. Il seminario internacional sobre residuos sólidos de suelos contaminados. INE – JICA. 1999.

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

3.5.1 Autoridades Competentes.

En lo que se refiere al manejo integral de RSM, como servicio público, son autoridades competentes los estados y los municipios. En el cuadro 3.9 se presenta el marco actual de la legislación en el ámbito de los RSM.

Cuadro No. 3.9. Marco Legal Actual para el Manejo de los Residuos Sólidos Municipales.

ORDENAMIENTO	DESCRIPCIÓN
Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.	Indica que los servicios públicos municipales que deben ser prestados por los ayuntamientos, entre ellos el servicio de limpia (Artículo 115).
Ley General de Salud.	Establece las disposiciones relacionadas al servicio público de limpia en donde promueve y apoya el saneamiento básico, se establecen normas y medidas tendientes a la protección de la salud humana para aumentar su calidad de vida.
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	Plantea que los sistemas de manejo y disposición de residuos sólidos no peligrosos quedan sujetos a autorización y legislación estatal o en su caso, municipal; y la disposición final de los residuos sólidos no peligrosos, mediante rellenos sanitarios.
Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas	Establecen la forma y procedimientos aplicables al manejo y disposición de residuos sólidos peligrosos.
Constitución Política Estatal.	Dentro de los artículos referentes a los municipios se hace referencia a las facultades que tienen los ayuntamientos para prestar el servicio de limpia pública.
Ley Estatal de Protección al Ambiente.	Establece disposiciones de observancia obligatoria para cada estado, teniendo como objetivo la prevención, preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como los fundamentos para el manejo y disposición final de los residuos sólidos no peligrosos.
Ley Orgánica del Municipio Libre.	Establecen las atribuciones de los ayuntamientos para nombrar las condiciones que atiendan los servicios públicos.
Bando de Policía y Buen Gobierno.	Plantea el conjunto de normas y disposiciones que regulan el funcionamiento de la administración pública municipal.
Reglamento de Limpia.	El reglamento regula específicamente los aspectos administrativos, técnicos, jurídicos y ambientales para la prestación de limpia pública.

Fuente: Jiménez Peña A., Marco legal aplicable a los residuos sólidos y la restauración de suelos contaminados México. II seminario internacional sobre residuos sólidos de suelos contaminados. INE – JICA. 1998.

Los estados, a través de sus legislaturas, tienen encomendado legislar en dicha materia y cuentan con autoridades administrativas, dependientes de la administración pública estatal, para intervenir como adyuvantes de la autoridad municipal competente, en particular en materias relacionadas con el desarrollo urbano.

Los municipios, a través del ayuntamiento, emiten reglamentos en la materia, en tanto que los regidores fungen como supervisores de las actividades; contando además con instituciones administrativas que se encargan directamente de la prestación del servicio público consistente en barrido de calles, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los RSM.

Es importante hacer notar que la prestación del servicio público no está regulada por ninguna disposición del orden federal, salvo por el Artículo 115, Fracción III, Inciso c) de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, para el sólo efecto de declarar competentes a los municipios en esta materia. Dado lo cual, las disposiciones jurídicas a este respecto son las que se expiden en el orden local, sea en los estados o en los municipios, o en ambos.

La LGEEPA, vigente desde principios de 1988 y reformada en diciembre de 1996, si bien reconoce la competencia de los estados municipios para regular y prestar el servicio público de limpia, adicionalmente faculta al Gobierno Federal a través de la anterior Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), ahora Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) para expedir normas oficiales mexicanas en las diferentes materias que estructuran el SAU (Artículos 5º Fracción V; 7º Fracción XIII y 8º Fracción XII).

Lo anterior indica que el Poder Legislativo Federal consideró procedente que, además de la intervención de las autoridades locales prevista en la Constitución, también debería participar el Gobierno Federal cuando se trata de proteger al ambiente, a través de la posibilidad de expedir reglas técnicas obligatorias relativas al manejo integral de RSM, que deben ser observadas en forma adicional a las que expidan las autoridades locales.

En la actualidad, el gobierno federal a través de la Secretaría de Desarrollo Social realiza acciones para apoyar el fortalecimiento de los servicios municipales en materia de manejo integral de los RSM, en particular lo que se refiere a la recolección, transferencia, tratamiento y disposición final, a fin de reducir sus efectos ambientales y minimizar los riesgos para la salud pública.

3.6. Conclusiones del Estudio de Factibilidad.

En los siguientes apartados se presenta para cada uno de los incisos anteriores, las conclusiones con base a los resultados de los trabajos de campo realizados para la determinación de la factibilidad en todas sus vertientes estipuladas en los términos de referencia.

3.6.1. Conclusiones Técnicas.

La generación actual de contaminantes derivados de la existencia del SDF sin control que se opera en el municipio de Tultitlán, Estado de México y su incorporación en el medio ambiente es una situación que queda fuera de toda duda.

Los contaminantes principales que se generan en el sitio son el biogás y el lixiviado por la parte física y las condiciones de trabajo y vivienda de los trabajadores que realizan las actividades de pepena en el sitio; en este inciso concluiremos las primeras y en el apartado social indicaremos las conclusiones sociales que prevalecen en el sitio.

Con base a los resultados de los estudios geológicos, geohidrológicos, geotécnicos, geofísicos y de las observaciones directas de nuestro personal técnico se desprende que el SDF representa un riesgo potencial de contaminación del medio ambiente y pone en riesgo principalmente los acuíferos de la zona, si no se toman acciones para su clausura y saneamiento, motivo de este estudio.

Esta conclusión se basa en la fuga superficial y hacia el subsuelo del lixiviado que se presenta en la zona, esto aunado a las características de permeabilidad de los estratos que

subyacen al SDF, y que están presentes en la región que se detalló en el estudio geológico local y regional.

Por otra parte, la ausencia de algún tipo de control en la generación de biogás en el sitio y considerando que las características del biogás pueden ser potencialmente peligrosas, derivado del depósito muy probable de residuos industriales en este lugar, se considera que puede presentarse principalmente problemas de salud pública en la población de pepenadores que están directamente inhalando el biogás, ya que las condiciones de dispersión ayudan a que no se presenten acumulaciones que pudieran representar un riesgo de explosión en la zona.

Por lo tanto, desde el punto de vista técnico el estudio de la clausura y saneamiento está plenamente justificado, ya que minimizaría la continuación de la fuga de los dos principales contaminantes, el biogás y el lixiviado.

3.6.2. Conclusiones Ambientales.

La clausura y saneamiento del SDF acarrea beneficios ambientales considerables, si bien en la actualidad es el sitio un foco de contaminación al medio ambiente, un riesgo a la salud pública y un deterioro a la imagen de la Sierra de Guadalupe, con su clausura y saneamiento se obtendrán beneficios ambientales que a continuación se comentan.

Existen varios beneficios ambientales entre los que destacan los siguientes:

- Disminución de gases de invernadero.
- Disminución de fauna nociva.
- Recuperación de imagen paisajística.
- Recuperación de un área verde.
- Elevación de los niveles de bienestar.

La generación y escape sin control del biogás tiene un efecto de acumulación de los gases, que provocan el calentamiento global de la tierra, dado que México ha firmado varios

tratados y convenios en este sentido, la clausura y saneamiento que contiene las acciones para el control de biogás ayudará a la disminución de este tipo de gases.

La fauna nociva está íntimamente relacionada con la falta de control en la disposición final de los residuos sólidos, sitios sin control favorecen el desarrollo de la fauna nociva, ya que encuentran en el lugar, sitio para sus madrigueras y alimento para su desarrollo.

Dentro del contenido del proyecto, se contemplan las acciones necesarias con la finalidad de minimizar los riesgos de la migración hacia las áreas circunvecinas que se presentaría al eliminar las condiciones prevalecientes en el SDF. Así, antes de los trabajos para su clausura y saneamiento se deberá llevar a cabo un programa de eliminación de esta fauna nociva.

Sin duda, otro de los aspectos positivos de la clausura y saneamiento, son la recuperación de un área importante para el parque y sobre todo la recuperación de la imagen paisajística de la zona, la cual al clausurar y sanear se incorporaría a la zona verde de la sierra.

También las acciones de clausura minimizarán la fuga de contaminantes y malos olores del SDF, con ello, el nivel de bienestar de la población circunvecina se elevará con los beneficios que trae consigo.

3.6.3. Conclusiones Sociales.

Para la determinación del impacto social del SDF se llevó a cabo una serie de encuestas entre dos grupos de la sociedad; uno, de los pepenadores directamente involucrados y el de los habitantes que se asientan en el área circunvecina del SDF.

Las principales conclusiones son las siguientes: por un lado los pepenadores que no quieren que se cierre su fuente de trabajo y que se les mejoren las condiciones de vida laboral, y por el otro, los habitantes de las áreas circunvecinas que en un alto grado solicitan la clausura del SDF.

Se detectó en el grupo de los pepenadores: su instrucción máxima es la secundaria, que un 85% de ellos tienen más de 30 años y que el 70% tiene menos de 10 años trabajando en el lugar. En relación con las cantidades separadas por semana, se encontró que el 80% de los pepenadores separa menos de 500 kilogramos por semana de material reciclable.

En el grupo de investigación de los habitantes de las áreas circunvecinas, el procesamiento de las encuestas dio como resultado que un 55% tiene de residir en el lugar más de 10 años. Finalmente, los resultados de su opinión con relación al SDF, un 83% se manifestó en contra del sitio, un 14% no opinó y sólo un 3% se manifestó a favor de la presencia del sitio en la zona.

3.6.4. Conclusiones Legales e Institucionales.

Dada la íntima relación entre estas dos circunstancias, ya la situación legal determina la participación de las instituciones y como de acuerdo a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, el Artículo 115 le da potestad a los municipios la responsabilidad del Servicio de Limpia, por lo tanto, el Municipio de Tultitlán, Estado de México, es el responsable de este sitio.

Sin embargo, existen convenios y acuerdos de cooperación entre los municipios y los organismos del gobierno estatal, por lo que la cooperación de las dos instancias está plenamente establecida, y por lo tanto, la viabilidad del proyecto desde el punto de vista legal, está plenamente estipulado.

Por otra parte, la Coordinación General de Conservación Ecológica tiene entre sus funciones, la preservación de la Sierra de Guadalupe, por lo que esta dirección busca por la ubicación del SDF el incorporarlo a la superficie protegida de la sierra.

Dado lo anterior, la participación conjunta de las autoridades del Municipio de Tultitlán y del estado, por mediación de la Secretaría de Ecología y la Coordinación General de Conservación Ecológica, hacen viable el desarrollo de las acciones tendientes a la clausura y saneamiento del SDF de los RSM generados en el municipio.

CAPITULO IV

EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL.

CAPITULO IV

4. EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL.

4.1. Información General del Proyecto.

4.1.1. Ubicación del Municipio

El Municipio de Tultitlán (M. de T.) se localiza al Norte del Valle de México, tiene una superficie de 71.09 kilómetros cuadrados, la altitud en la cabecera municipal alcanza 2,240 m.s.n.m y forma parte de la región Nororiental del valle Cuautitlán-Texcoco en el Estado de México, encontrándose enclavado en la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico formando parte de la subprovincia fisiográfica del Eje Neovolcánico, formando parte de la subprovincia de lagos y volcanes de Anáhuac. (Fig. No. 4.1.).

Colinda al Norte con Cuautitlán y Tultepec; al Sur con Tlalnepantla y el Distrito Federal al Este con Coacalco, Ecatepec y Tecámac y al Oeste con Cuautitlán Izcalli. (Figura No. 4.2.).

Sus coordenadas geográficas son las siguientes:

	MÍNIMA	MÁXIMA
LONGITUD	99° 03' 46"	99° 11' 35"
LATITUD	19° 34' 25"	19° 41' 20"

De acuerdo a la regionalización económica de la entidad, el M. de T. se encuentra en región II de Zumpango, subregión II.1; en la cual se encuentran los municipios de Atizapan de Zaragoza, Cuautitlán, Cuautitlán Izcalli, Huixquilucan, Naucalpan de Juárez, Nicolás Romero y Tlalnepantla de Baz.

En el territorio municipal existen dos sistemas de topofomas. El vaso lacustre ubicado en la región Noreste y el vaso lacustre con lomeríos, localizado en el resto del territorio municipal.

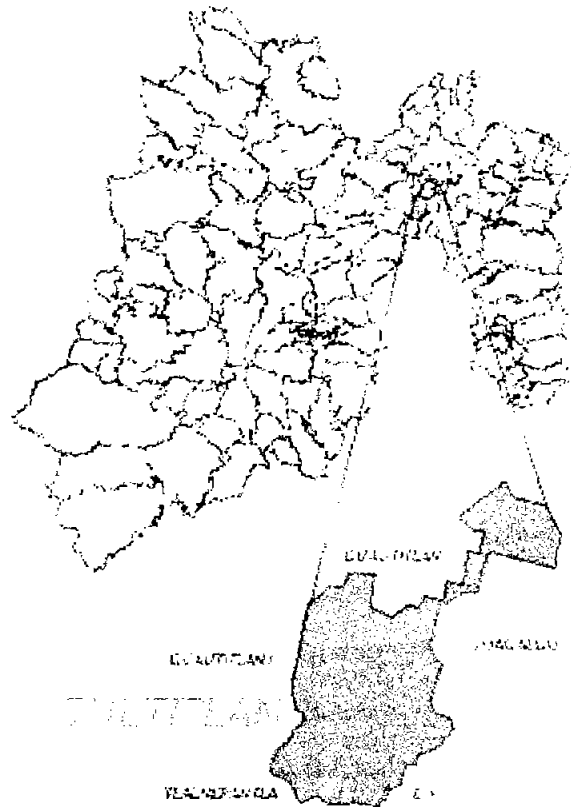


Figura No. 4.1 Localización del Municipio de Tultitlán.

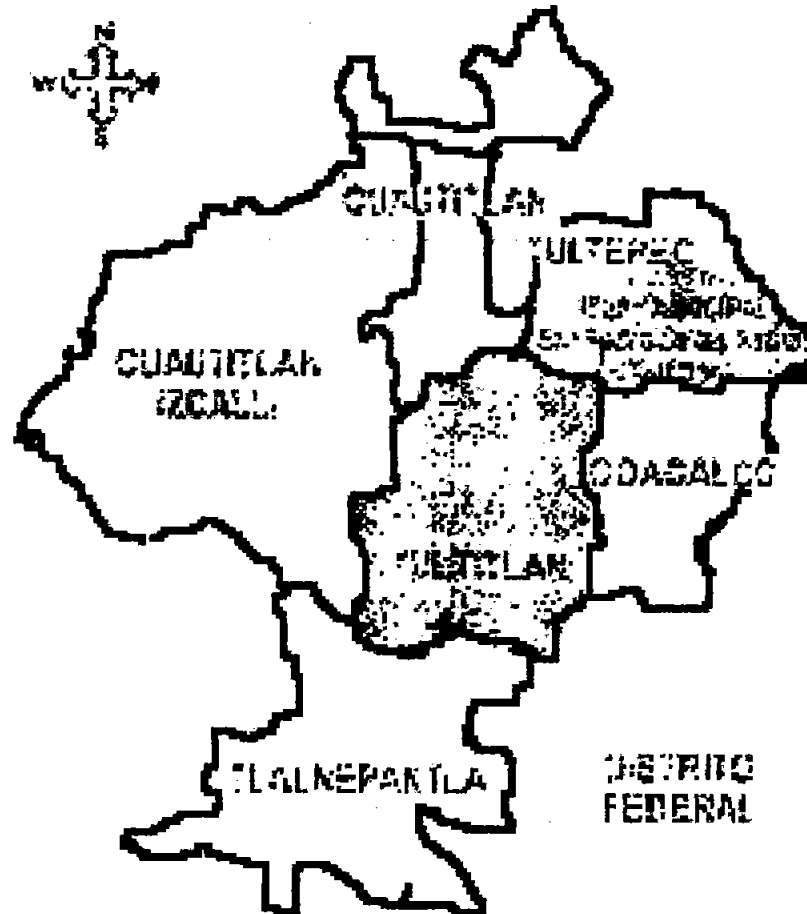


Figura No. 4.2. Colindancia del Municipio de Tultitlán.

El municipio está conformado de dos secciones; en la mayor se encuentra la cabecera municipal y es la parte Sur y Suroeste del territorio; cuenta con una extensión de 55.90 Km². La segunda sección se le conoce como isla municipal, ésta se localiza en la parte Nororiente del territorio, con una extensión de 15,109 km².

4.1.2. Ubicación del SDF del Municipio de Tultitlán.

El SDF de RSM en estudio se ubica en la zona Sureste de la primera sección descrita en el inciso anterior, es decir en la sección más grande y en la que se localiza la cabecera municipal. El SDF se ubica dentro del Parque Ecológico Sierra de Guadalupe.

4.1.3. Coordenadas.

La zona de estudio se localiza en las siguientes coordenadas:

EXTREMO SE:	N 19° 35' 26.8", W 99° 08' 54.5"
EXTREMO NE:	N 19° 35' 33.7"; W 99° 09' 04.1"
EXTREMO NW:	N 19° 35' 26.4"; W 99° 08' 59.8"

4.1.4. Colindancias.

El SDF se ubica dentro del Parque Ecológico Sierra de Guadalupe. Colinda al Sur con una pequeña área agrícola dentro de la Sierra de Guadalupe; al Norte y Este con zonas boscosas de la misma sierra; al Noroeste con la colonia Ampliación Sierra de Guadalupe y al Oeste con la colonia Sierra de Guadalupe. En la figura 4.3 se presenta un croquis del SDF.

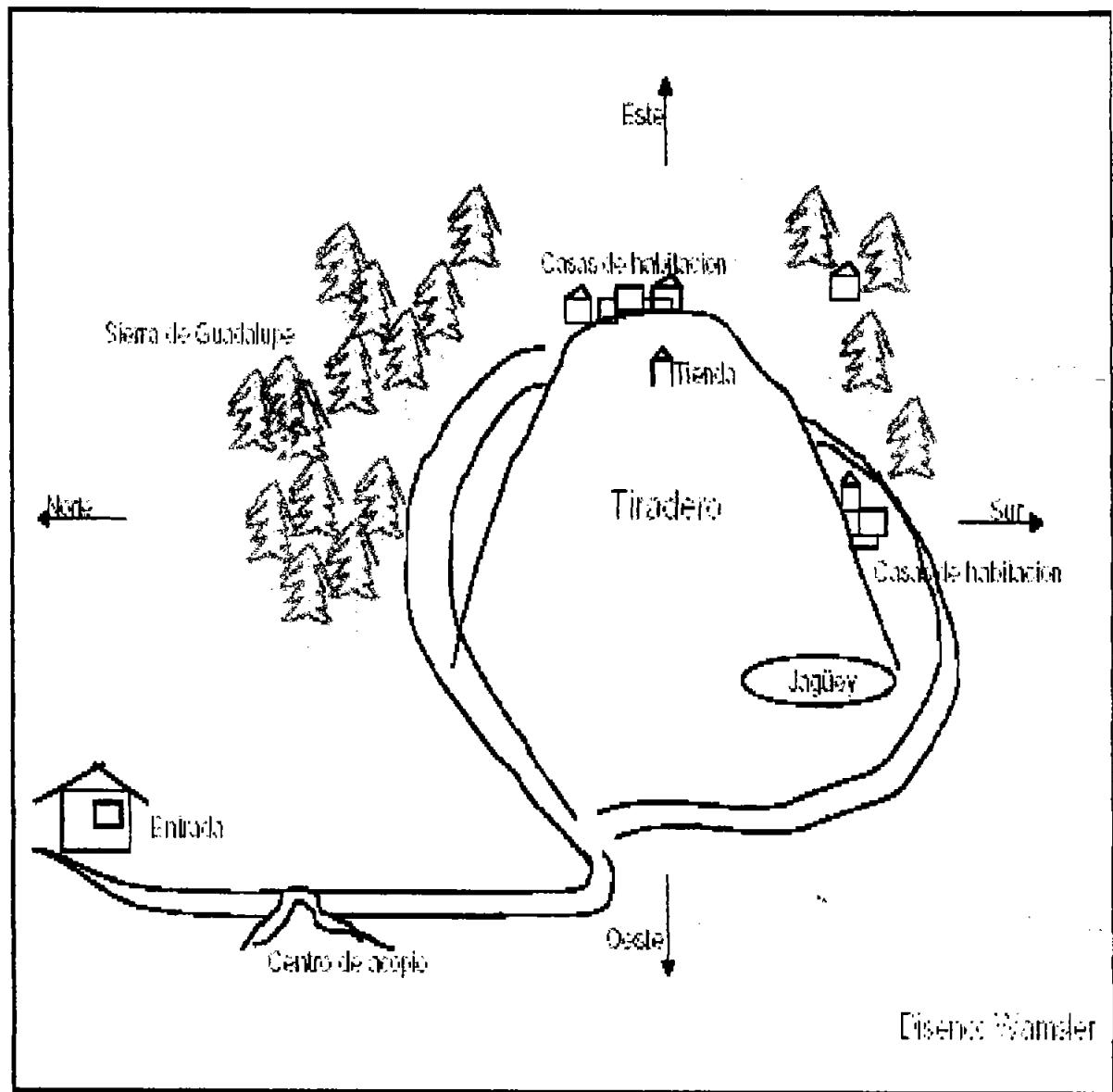


Figura No. 4.3. Croquis de Colindancia del SDF.

4.1.5. Plano de Localización.

En la figura No. 4.4., se presenta el límite municipal de la sección mayor y la localización del SDF del M. de T.

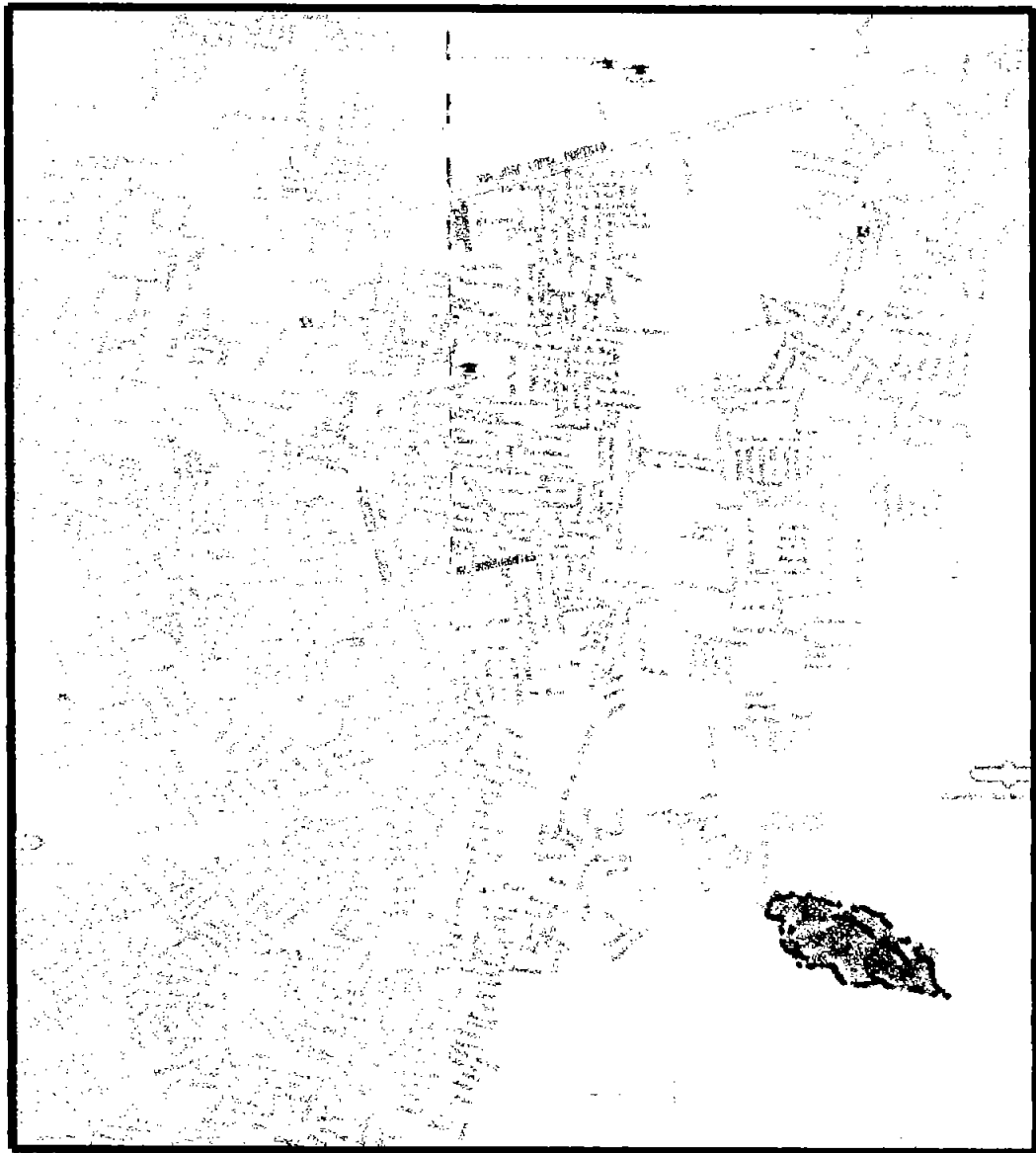


Figura No. 1.4. Ubicación del SDF del Municipio de Tultitlán.

El acceso al SDF desde la Vía López Portillo es entrando por la calle Hermenegildo Galeana, la cual es una de las principales vialidades para acceder a la zona Sur del M. de T., continuar hasta el cruce con Avenida Insurgentes, y doblar hacia la derecha en la calle Álvaro Obregón; continuar por esta calle hasta el cruce con la Avenida de las Torres. En este punto cambiar de dirección hacia el Sur y continuar hasta la intersección del camino de terracería con otra avenida de trazo perpendicular, también denominada Avenida de las Torres. Esta avenida en dirección hacia el Sureste permite acceder hacia el Sur de la calle Ecología, la cual conduce hasta una caseta de lámina, empleada para el control de acceso de vehículos al sitio.

4.1.6. Superficie.

El SDF es un tiradero a cielo abierto donde se depositan los RSM generados en el M. de T., tiene una superficie total de 9.6 hectáreas; 6.5 hectáreas donde se han depositado RSM y 3.1 hectáreas que están disponibles para la conformación final del sitio. A continuación se describen algunos aspectos del desarrollo que ha sufrido este SDF.

Del análisis de las fotografías aéreas de los vuelos de los años 1982, 1991 y 1999, se observa lo siguiente:

En el año de 1982 la mancha urbana se localizaba a 1,040 metros de los límites con el SDF, ya existían algunos asentamientos irregulares sin servicios en la zona Noroeste-Suroeste del sitio. El SDF tenía una superficie aproximada de 1.5 hectáreas.

Para 1991, el límite de la mancha urbana se localizaba a sólo 500 metros del SDF y se observa un mayor número de asentamientos irregulares en sus alrededores, viviendas que actualmente continúan en el sitio y que son habitadas por los pepenadores.

En este año se observa que los asentamientos empezaron a invadir la zona escarpada de la Sierra de Guadalupe. El SDF contaba con una superficie de cuatro hectáreas.

En 1999 se observa la mancha urbana ya consolidada en la zona Sureste del municipio y la invasión de la parte media de la Sierra de Guadalupe. El SDF tenía una superficie de 6 hectáreas.

Actualmente, la mancha urbana se localiza a 200 metros de los límites del SDF. El sitio tiene una superficie de 9.6 hectáreas, 6.5 en las cuales se han depositado los RSM, con una altura promedio de 24 metros. Los pepenadores viven colindando con el SDF y se observa que almacenen los materiales recuperados en este sitio.

De continuar con estas tendencias de crecimiento de los asentamientos humanos, durante los próximos años la mancha urbana colindará con el SDF.

4.1.7. Uso Actual y Potencial del Suelo en el Sitio.

El SDF se ubica dentro del Parque Ecológico Sierra de Guadalupe. De acuerdo a lo establecido en el Plan del Centro de Población Estratégico del M. de T., publicado el 13 de enero de 1999 en la Gaceta del Gobierno del Estado de México, las 987.64 hectáreas pertenecientes al parque están totalmente restringidas al desarrollo urbano. Sin embargo, se observa en la zona un constante crecimiento de la mancha urbana, ya que se ha comenzado a invadir estos terrenos con asentamientos irregulares, que de consolidarse significarán una alta probabilidad de ocupación de predios situados por arriba de la cota 2,350 m.s.n.m.

4.1.8. Situación Legal del Predio.

El predio en estudio se encuentra localizado dentro del Parque Estatal Sierra de Guadalupe, decretado como área natural protegida del Estado de México, el día 6 de agosto de 1976, actualmente administrado por la Secretaría de Ecología del Estado de México, SEGEM.

4.1.9. Usos del Suelo en las Colindancias del Predio y Actividades que se Desarrollan.

Al Norte y Este del SDF se observa que no se llevan a cabo actividades, ya que son zonas boscosas de la Sierra de Guadalupe; al Noroeste se localiza la colonia Ampliación Sierra de Guadalupe, la mayoría de los habitantes de esta colonia se dedican a la compra y venta de materiales recuperados en los vehículos de recolección y del propio SDF; al Oeste el SDF colinda con la colonia Sierra de Guadalupe, ahí se pueden observar predios dedicados a la agricultura y ganadería, y a la compra-venta de materiales recuperados.

4.1.10. Descripción del Escenario Ambiental antes de Ejecutar el Proyecto.

El sitio ha operado durante años como SDF a cielo abierto, al no tener control sobre los residuos que ingresan a él, se han depositado residuos catalogados como peligrosos, presentando riesgo para el ambiente y la salud de los pepenadores que laboran en el sitio, a la población aledaña, así como para los operadores de los vehículos de recolección.

De la identificación de contaminantes generados en el SDF, el más significativo resulta ser el lixiviado que se generan, ya que se aprecia un vertido incontrolado de lixiviados al arroyo aledaño al SDF, conduciendo estos lixiviados a lo largo de su recorrido hacia la zona urbana, propiciando el contacto de los habitantes de la zona y animales que abreven en él.

El área de influencia del escurrimiento del arroyo con un gran contenido de lixiviados, así como el potencial tan grande de contacto directo con los pobladores llevó a realizar el análisis CRETIB, para determinar su peligrosidad, encontrándose que dichos lixiviados resultaron ser peligrosos por sobrepasar la concentración permisible de cromo hexavalente.

En las condiciones que actualmente opera el SDF, este presenta un alto riesgo potencial por incendio, propiciado por la presencia de gases generados por la descomposición de los residuos sólidos, lo cual asociado con el libre acceso de personas ajenas al mismo, la falta de vigilancia, la carencia de procedimientos de seguridad, la nula capacitación de protección civil al personal del SDF en eventos catastróficos y la falta de infraestructura y procedimientos contra incendio, podría ocasionar un incendio de grandes

dimensiones con posibilidades de extensión hacia la zona arbolada de la Sierra de Guadalupe.

Se puede afirmar que el predio en donde se ubica el SDF se encuentra totalmente alterado, al cambiar su uso forestal por el de zona de disposición de residuos. El suelo se encuentra totalmente contaminado, pues además de los RSM que han sido dispuestos en él, se han depositado residuos peligrosos y biológico-infecciosos.

La operación de este sitio ha provocado que se lleven a cabo actividades relacionadas con los RSM, como la compra-venta de materiales recuperados de los residuos en las inmediaciones. Esta comercialización se lleva a cabo de manera rudimentaria, lo que ha provocado que almacenen fuera de sus casas los materiales, deteriorando el suelo y alterando significativamente el paisaje de la zona.

4.2. Antecedentes y Justificación del Proyecto.

4.2.1. Alcances del Proyecto.

4.2.1.1. Demanda del Servicio.

Actualmente, el único sitio con el que cuenta el municipio para disponer sus RSM es el SDF en estudio, por lo que para la ejecución de las obras de clausura y saneamiento será necesario que el Ayuntamiento tenga definido el nuevo sitio donde habrá de disponer sus RSM, ya que de otra manera se puede presentar un problema de tipo social.

4.2.1.2. Servicios Públicos de Apoyo.

Durante la ejecución del proyecto ejecutivo de la clausura y saneamiento del SDF del M. de T., no se requirió de servicios públicos de apoyo.

Durante el tiempo que duro la etapa de saneamiento del SDF, se requirió de una coordinación con el área que brinda el servicio público de limpia para lograr la cooperación de

los operadores de los vehículos de recolección de residuos, tanto del municipio como particulares, para que descarguen sus residuos en el frente de tiro definido en el proyecto ejecutivo.

También en esta etapa se requerirá del apoyo del Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado del M. de T., para el riego de agua tratada en las áreas saneadas y caminos interiores.

4.2.1.3. Proyectos Asociados.

Para la realización de la clausura y saneamiento del SDF del M. de T., se requiere que la autoridad municipal tenga un plan de manejo integral de sus RSM, en donde se establezcan:

- Las estrategias y líneas de acción para el transporte de los residuos hacia el sitio de disposición final en el municipio vecino convenido.
- Los recursos que serán destinados al servicio público de limpia para la disposición final de los residuos en el municipio convenido.
- Proyectos públicos o privados localizados en un radio de 20 Km., que proporcionen servicios semejantes o complementarios a los del proyecto propuesto.

Al Este del M. de T. se localiza el municipio de Coacalco, el cual cuenta con un SDF de residuos sólidos, sin embargo, éste se localiza también dentro de la Sierra de Guadalupe, por lo tanto deberá ser clausurado y saneado.

Al Sur del M. de T. se localiza el municipio de Tlalnepantla, en este opera un relleno sanitario concesionado a la empresa Mexicana de Medio Ambiente. Y al Oeste, se localiza el municipio de Cuautitlán Izcalli, en donde se tiene un SDF controlado.

La SEGEM ha realizado estudios para determinar la ubicación de sitios adecuados para ser utilizados como rellenos sanitarios regionales, cumpliendo las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1996.

Para la región II, a la cual pertenece el M. de T., el sitio seleccionado más cercano es Chiconautla en Tecámac, aledaño a la colonia Loma Bonita, en la localidad de Santo Tomás, Chiconautla, con una superficie de 70 hectáreas, en terrenos de propiedad ejidal, el tipo de suelo son depósitos aluviales limo-arcillosos, con material adecuado para la cobertura de los RSM; además, se tiene una distancia de amortiguamiento a la zona urbana de 50 metros. El sitio tiene una capacidad para 12.0 millones de toneladas de RSM.

Se comenta en esta parte el citado estudio, ya que el M. de T., no cuenta con sitios adecuados para operar un relleno sanitario, por lo que una de las alternativas viables es la construcción de uno regional que dé servicio a los municipios que integran esta región.

4.2.2. Congruencia con las Normas y Criterios Establecidos en los Instrumentos de Planeación.

4.2.2.1. Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000.

Establece que para alcanzar el crecimiento sustentable en México, es necesario:

- Integrar el marco normativo ambiental y garantizar su cumplimiento.
- Frenar las actuales tendencias del deterioro.
- Inducir el ordenamiento del territorio nacional, tomando en cuenta que el desarrollo sea compatible con las aptitudes y capacidades ambientales de cada región.
- Aprovechar de manera plena y sustentable los recursos naturales, como condición básica para la superación de la pobreza, y
- Conservar el ambiente y los recursos naturales a partir de la reorientación de los patrones de consumo.

En el apartado de política social, el plan impulsa el desarrollo armónico de las ciudades para mejorar la calidad de vida de los habitantes en las zonas metropolitanas; además, promueve el aprovechamiento de las potencialidades propias de los diferentes centros urbanos.

4.2.2.2. Plan de Desarrollo del Estado de México 1995-2000.

Incorpora en su estrategia de crecimiento la atención del deterioro ambiental como un elemento que exige prioridad, como resultado del cuidado ambiental estatal y consecuentemente, a la calidad de vida de la población. En el plan, y para el caso que nos ocupa, se establecen como objetivos:

- Lograr que los municipios dispongan en un sitio adecuado, donde se haga la disposición final de los RSM o su aprovechamiento, evitando contaminar los mantos acuíferos;
- Establecer el ordenamiento del uso de suelo conforme a criterios técnicos, ecológicos y sociales;
- Impulsar la recuperación de suelos forestales.

4.2.2.3. Demanda Ley de Protección al Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de México. 26 de Noviembre de 1997.

Artículo 2º. Se considera de orden público e interés social:

- a) La recolección y preservación de las áreas naturales, así como la restauración y reconstrucción de su entorno ecológico, mediante el establecimiento de las áreas naturales protegidas a las que se refiere el Título Tercero de esta Ley.
- b) A través de clausura y saneamiento del SDF se logrará una restauración del sitio, recuperando 6.5 hectáreas para el Parque Sierra de Guadalupe.

Artículo 39.

Toda zona del territorio del Estado de México será considerada objeto de preservación, restauración y protección, particularmente aquéllas áreas en las que los ambientes originales no hayan sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o aquéllas que, a pesar de haber sido ya afectadas, requieran, por su especial relevancia para la entidad o su población, ser sometidas a programa de preservación o restauración.

Para tal efecto, las autoridades emitirán las declaratorias de protección correspondientes para el área de que se trate, en las que no podrá permitirse la realización de actividades, usos o aprovechamientos distintos de aquellos que se encuentren expresamente contemplados en el programa de manejo que para el efecto se emita, de conformidad con el decreto correspondiente, y de acuerdo con lo establecido en la presente Ley.

En el caso de la Sierra de Guadalupe, existe una declaratoria de protección, por lo que resulta prioritario el saneamiento y la clausura del SDF.

Artículo 46. En las áreas naturales protegidas del Estado, quedará expresamente prohibido:

Verter o descargar contaminantes en el suelo, subsuelo y cualquier clase de cauce, vaso o acuífero, así como desarrollar cualquier actividad contaminante.

Con base en este artículo, el objetivo del presente estudio se justifica plenamente, ya que la actividad que se desarrolla en el predio, relativa a la disposición final de residuos sólidos, es una actividad que ha contaminado el suelo y subsuelo.

4.2.2.4. Demanda Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México, publicado en la Gaceta del Gobierno el día 4 de junio de 1999.

En el ordenamiento ecológico del territorio del Estado de México, se establecen las clases de áreas naturales protegidas en el estado. Dentro de los parques estatales se clasifica a la Sierra de Guadalupe, decretada como tal el día 6 de agosto de 1976, con una superficie de 5,306.75 hectáreas y administrada por la SEGEM.

Desde la perspectiva ambiental que tiene que ver con el uso razonado y cuidadoso de los recursos naturales y con la protección del medio ambiente, se considera las áreas naturales protegidas como zonas de atención prioritaria, por lo que la Sierra de Guadalupe es una de ellas.

Una estrategia de las áreas naturales establecida en el Ordenamiento Ecológico del Territorio es: Fomentar el aprovechamiento integral y la promoción en la elaboración de planos de manejo para las áreas protegidas, con la participación activa de la población lugareña.

La unidad ecológica para la zona en estudio es:

➤	13.	Sierra Templada
➤	13.4.	Sistema Neovolcánico Transversal
➤	13.4.1.	Planicies interiores y piemontes con pastizal y matorral xerófilo
➤	13.4.1.25	Área natural

La asociación de unidades ecológicas con criterios de regulación ambiental para la zona en estudio es:

<u>MUNICIPIO</u>	<u>UNIDAD ECOLÓGICA</u>	<u>USO PREDOMINANTE</u>	<u>FRAGILIDAD AMBIENTAL</u>	<u>POLÍTICA</u>	<u>CRITERIOS**</u>
Tultitlán	13.4.1.025.163	Área natural	Alta	Conservación	82-108

Uno de los criterios de regulación ecológica para las áreas naturales protegidas es el número 108, el cual establece: Se prohíbe la ubicación de confinamientos de residuos sólidos

(municipales, industriales y peligrosos). Por lo tanto, el proyecto se vincula plenamente con el ordenamiento ecológico del territorio.

4.2.2.5. Programa Estatal de Protección al Ambiente.

En este programa se establecen como objetivos del mismo:

- Integrar un instrumento marco para la protección ambiental del Estado de México.
- Controlar y revertir en un contexto de racionalidad los graves y severos impactos al ambiente.
- Establecer un espacio para que la sociedad realice su vocación ecológica.

En sus lineamientos estratégicos plantea promover el desarrollo de programas integrales en los que se compatibilicen de manera equilibrada el desarrollo económico y la protección al ambiente. También se plantea alentar el desarrollo sustentable a través de proyectos de Ecología Productiva.

En este programa se establecen las siguientes estrategias, programas, subprogramas y acciones que se vinculan con el proyecto de clausura y saneamiento del SDF del municipio de Tultitlán.

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

ELEMENTO	ESTRATEGIA GENERAL	PROGRAMA	SUBPROGRAMA	ACCIONES
Recursos Naturales	Aprovechamiento sustentable de los recursos naturales	Áreas naturales y biodiversidad	Protección de áreas naturales	Recuperación Ecológica de la Sierra de Guadalupe
Suelo	Prevención y control de la contaminación del suelo	Control y manejo del suelo	Recuperación de suelos erosionados, contaminados o inestables	Control de Sitios de Disposición Final a cielo abierto de RSM e industriales peligrosos y no peligrosos. Desarrollo de sistemas locales y regionales para el manejo integral de residuos industriales peligrosos, no peligrosos y municipales

4.2.2.6. Plan del Centro de Población Estratégico de Tultitlán, publicado en la Gaceta de Gobierno el 13 de enero de 1999.

Los objetivos de este Plan y que se vinculan con el proyecto son:

• Artículo Único, inciso VI:

Conservar el Parque Sierra de Guadalupe, como zona de área protegida no urbanizable, para la recarga hidrológica y la protección de los recursos naturales que existen en el municipio, y el inciso VII;

Crear una franja de amortiguamiento arriba de la cota 2,350 para protección del Parque Sierra de Guadalupe.

Dentro del Plan del Centro de Población Estratégico se establece que en el territorio municipal de Tultitlán, se identifican ocho zonas considerando la imagen urbana, una de ellas es la zona ocho: Parque Estatal Sierra de Guadalupe.

De acuerdo a disposiciones oficiales, el Parque Estatal Sierra de Guadalupe está integrado por todos los predios localizados por arriba de la cota 2,350. Dicho parque abarca en territorio de Tultitlán una superficie de 987.64 hectáreas cubiertas en su mayor parte por vegetación compuesta por matorrales, xerófilos, huizaches, nopales, magueyes mezclados con pastos y bosques de encinos complementados con áreas reforestadas con eucaliptos, pinos, pirules, cedros, casuarinas y acacias.

La topografía del parque es variada, existen zonas con pendientes menores al 5% en parajes cercanos al SDF y al predio conocido como La Mariscal. La comunicación entre los diferentes parajes del parque estatal se lleva a cabo a través de brechas, terracerías y caminos vecinales.

El proyecto denominado Microcircuito atraviesa el parque estatal y tiene entre sus funciones atenuar los déficits en la oferta de agua potable a las zonas limítrofes al parque estatal pertenecientes a los municipios de Tultitlán, Coacalco y Ecatepec.

En el capítulo de problemática y perspectivas se establece que en el M. de T. cada día se producen casi 800 toneladas de RSM, que en su totalidad se acumulan a cielo abierto en un tiradero, el cual ya se encuentra saturado y está localizado al Sur del municipio.

Asimismo, se menciona que de no controlarse el crecimiento de las áreas urbanas, se prevé que en el periodo 1997-2015 nuevas colonias irregulares invadirán la totalidad de los predios colindantes al Parque Estatal Sierra de Guadalupe, localizados por debajo de la cota 2,350 y, en algunos parajes al Oriente de la colonia Lomas Verdes Solidaridad y al Sur de los poblados de San Mateo y Santa María Cuauhtepic los asentamientos humanos sobrepasarán dicha cota.

La estrategia para lograr el desarrollo urbano armónico del M. de T., en concordancia con las políticas y lineamientos federales y estatales y que se vincula directamente con el proyecto es la siguiente:

El área no urbanizable o de preservación en el municipio de Tultitlán estará constituida por la totalidad del territorio del Parque Estatal Sierra de Guadalupe, localizado dentro del

municipio (987.64 hectáreas.), y por la totalidad de los terrenos ejidales al Norte de la Vía José López Portillo, localizados fuera del nuevo límite del crecimiento urbano.

Tal área no urbanizable hará posible la conservación de áreas de recarga hidrológica, restringirá el desarrollo urbano, contribuirá al mejoramiento de la calidad del aire, protegerá los recursos naturales que aún existen en el municipio y hará posible el desarrollo de actividades recreativas-turísticas rentables para la población.

La estrategia para alcanzar los objetivos relacionados con el medio ambiente, establecida en el Plan y que se relacionan con el proyecto es:

Debido a que el SDF llegó a su punto de saturación en 1994 y a la fecha se ha convertido en un riesgo ambiental, y que es evidente que por el momento, el municipio no tiene capacidad para solucionar de manera eficiente el problema que significa la operación actual del servicio de recolección, disposición y manejo de los RSM, por lo que la idea de concesionar el servicio es factible.

La estrategia a seguir sugiere el diseño de un marco económico-jurídico por parte de las autoridades municipales que otorgue ventajas financieras por etapas y transforman el manejo de desechos sólidos en un negocio altamente rentable. Hecho lo anterior, se procederá a establecer las bases de concurso para llevar a cabo la licitación pública correspondiente y asignar la concesión al grupo ganador.

4.2.2.7. Reglamento de la Ley de Protección al Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de México en Materia de Prevención y Control de la Contaminación del Suelo.

En el artículo 15 del citado ordenamiento se establece que para la protección del suelo se considerarán los siguientes criterios:

- III. El uso del suelo debe ser compatible con su vocación natural y no debe alterar el equilibrio de los ecosistemas.

- VII. La realización de las obras públicas o privadas que por sí mismas puedan provocar deterioro severo de los suelos, deben incluir acciones equivalentes de regeneración.

De acuerdo a lo establecido en el artículo 39 del Reglamento, quedan prohibidos:

Los sitios de disposición a cielo abierto.

Por lo tanto, la clausura y saneamiento del SDF del M. de T. resulta prioritaria, ya que por un lado, este sitio llegó al final de su vida útil, está catalogado como tiradero cielo abierto y está contaminando el medio ambiente de la zona.

4.2.2.8. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

En el artículo 134, dentro del capítulo de prevención y control de la contaminación del suelo, se establece:

- II. Deben ser controlados los residuos en tanto que constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos.
- V. En los suelos contaminados por la presencia de materiales o residuos peligrosos, deberán llevarse a cabo las acciones necesarias para recuperar o restablecer sus condiciones, de tal manera que puedan ser utilizados en cualquier tipo de actividad prevista por el programa de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que resulte aplicable.

En el SDF del M. de T. han ingresado residuos peligrosos, de tal manera que se deberán realizar las acciones necesarias para la clausura y saneamiento; para que se recuperen las 6.5 hectáreas que actualmente ocupa los RSM de el SDF para que formen parte del Parque Sierra de Guadalupe, de acuerdo a lo establecido en el Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México.

4.2.2.9. Ley de Parques del Estado de México.

En esta ley se declara de utilidad e interés público la creación, fomento, conservación, protección, mantenimiento y ampliación de áreas jardinadas y boscosas para establecer Parques Estatales y Municipales de Recreación Popular en el Territorio del Estado, que aseguren a la comunidad un lugar de esparcimiento y preserven el equilibrio ecológico.

Asimismo, se establece que los parques que se establezcan en las diversas regiones del Estado, de ninguna manera podrán desafectarse al servicio público a que están destinados, declarándolos inembargables, inalienables, imprescriptibles e intransmisibles.

En el artículo 17 se señala que: Las autoridades aplicarán los métodos físicos, químicos o biológicos que estimen adecuados para controlar dentro del parque el equilibrio ecológico de la flora y fauna silvestre.

En el artículo 18 se indica que: Se promoverán trabajos para mejorar el ambiente y regenerar los suelos con reforestación y terraplenes, para su cabal aprovechamiento.

4.2.2.10. Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México.

El propósito general de este programa es proteger la salud de la población que habita el Valle de México, abatiendo de manera gradual y permanente los niveles de contaminación atmosférica, aplicando tecnologías relevantes de experiencias propias e internacionales. El programa enuncia cuatro metas: Industria Limpia, Vehículos Limpios, Nuevo Orden Urbano y Transporte Limpio y Recuperación Ecológica; esta última meta es la que se pretende alcanzar con la clausura y saneamiento del SDF del M. de T.

4.2.2.11. Proyecto Sierra de Guadalupe.

Una de las metas de ese proyecto es la “Recuperación Ecológica del Parque Estatal Sierra de Guadalupe”, a través de acciones para el control del crecimiento urbano,

reforestación y revegetación de las 10 subcuencas hidrológicas, protección y vigilancia, control de actividades compatibles, educación, difusión ambiental y participación social, así como la consolidación de la administración y manejo del parque estatal.

Con base en lo señalado, para la recuperación ecológica del parque es necesario clausurar y sanear el SDF del M. de T.

4.3. Planes de Modificación o Ampliación del Proyecto.

No se tienen contemplados planes de modificación o ampliación del proyecto. Resulta prioritario la clausura y saneamiento del SDF del M. de T.

4.4. Estudios que Fundamentan la Clausura y Saneamiento del SDF.

4.4.1. Geología Regional y Local.

La historia geológica de la Cuenca de México contempla la generación de diversos procesos tectónicos que permitieron la formación de grandes océanos y etapas de vulcanismo de varios millones de años. En estudios geológicos se han realizado perforaciones de hasta 3,000 metros de profundidad, detectándose a través de éstas la secuencia estratigráfica de la zona, en donde las rocas calcáreas han sido encontradas a profundidades variables, de entre 1,300 y más de 2,000 metros; los materiales restantes corresponden a conglomerados, calizas lacustres y materiales volcánicos de diferentes composiciones.

Considerando la secuencia litológica definida en estudios preexistentes, se considera que el vulcanismo comenzó desde el Mioceno hasta el Holoceno. Durante dicha actividad se generaron una gran diversidad de productos volcánicos de composición ácida, variando hasta básica, siendo los primeros de constitución dacítica y andesítica, y los últimos de composición basáltica. Así, las formaciones volcánicas más antiguas son representadas por las rocas extrusivas del Mioceno Medio y las más recientes, por la Fm. Chichinautzin.

El perfil litológico del M. de T. presenta gran variedad de rocas de origen volcánico de tipo ígneo o sedimentario como andesitas, areniscas y tobas.

Las andesitas son rocas de origen ígneo, muy resistentes al intemperismo y la erosión. Este tipo de roca normalmente se emplea para mampostería, sub-bases de carreteras y revestimientos como material cementable, una vez que es triturada. Las principales concentraciones de este tipo de roca se localizan en el Sur y Sureste del territorio municipal.

Las areniscas son rocas constituidas por arena de naturaleza cuarzosa de ángulos vivos, empastados por un cemento que les proporciona diversos niveles de dureza, normalmente son resistentes a los agentes atmosféricos, permiten el paso del agua y es frecuente encontrarlas asociadas a tobas.

Esta variedad de roca puede ser utilizada para mampostería y se encuentra preferentemente en la región Centro, Sur y Sur-Poniente del municipio.

Las tobas calizas o travertinos se forman al precipitarse las aguas calizas frías sobre plantas, las cuales si son algas diminutas generan un precipitado de calcita arenoso, y si se trata de vegetación de mayores dimensiones, se forma una roca de naturaleza pomosa de fácil labrado y muy ligera, que frecuentemente se utiliza para la fabricación de cal.

Las tobas calizas, en muchos casos, se presentan asociadas a areniscas y forman parte de la zona Centro, Sur y Sur-Poniente del municipio.

La actividad minera en el M. de T. se limita a la explotación de materiales no metálicos, tales como tepetates, riolitas y andesitas extraídos del yacimiento localizado en la comunidad de Santa María Cuauhtepic. Se considera que la producción minera actual asciende a 2,000 toneladas por día, considerando el total extraído de cada uno de los materiales principales enunciados en el párrafo anterior.

No existen en el M. de T. fallas, fracturas o asociaciones geológicas que representen riesgo para el desarrollo de asentamientos humanos.

En la zona de estudio se encuentran flujos de ceniza que contienen bloques de andesita y dacita, cubiertos en las porciones altas de los cerros por lavas y brechas de la misma composición. De acuerdo a Vázquez Sánchez (1989), a esta unidad se le conoce como Formación Otomí; conforme a Mooser, Formación (Fm) Tarango.

De igual manera, la formación que corona a la Sierra de Guadalupe, Mooser la cartografió como depósitos volcánicos del Plioceno Temprano, y a los cerros ubicados al poniente de la sierra, como rocas extrusivas del Mioceno Medio y Tardío.

4.4.1.1. Estratigrafía.

a) Rocas Extrusivas del Mioceno Medio y Tardío (Tmv)

E. Vázquez Sánchez (1989) englobaba dentro de esta unidad las secuencias de productos volcánicos formados durante esta época y Mooser, por contraste, la diferencia de la secuencia litológica generada en la Sierra de Guadalupe. Consiste en una serie de rocas extrusivas interestratificadas por secuencias de tobas, brechas volcánicas y lavas andesíticas y dacíticas que en algunos lugares se encuentran con brechas volcánicas.

Se le encuentra al Poniente de la zona de estudio, formando unas estructuras dómicas al Oeste y Suroeste de La Quebrada. Ninguna de éstas, a propósito, se encuentra afallada por una dislocación de tipo normal.

b) Depósitos Volcánicos del Plioceno Temprano (TpG)

Se le denominó con este nombre a las rocas extrusivas que representan *sensu stricto*, un segundo período magmático de la CVT. Engloba a la Andesita Jalpan, misma que está constituida por coladas de lava de composición andesítica y dacítica interdigitada con depósitos piroclásticos y clásticos del Plioceno.

Las secuencias piroclásticas generalmente no están consolidadas, constituyendo tobas cristalinas, vítreas, líticas y pumíticas, las cuales se encuentran cubiertas por intercalaciones de derrames lávicos, algunos autobrechados con brechas de flujo.

Se le encuentra formando las porciones altas de la Sierra de Guadalupe, misma que consiste de una serie de estructuras dómicas en parte afalladas.

c) Formación Otomí (Tqt)

Esta unidad se encuentra caracterizada por estar formada en su mayor parte por depósitos piroclásticos, que se presentan como flujos lobulados que en comparación con los que se encuentran en otras unidades de la cuenca, son los que más se extienden. De acuerdo a lo observado, existen varias secuencias volcánicas dentro de esta unidad, predominan los flujos piroclásticos, principalmente los de ceniza, entremezclados con fragmentos de lava de composición andesítica y dacítica, en tamaños de hasta un metro de diámetro.

Las lavas de esta unidad se encuentran únicamente aflorando en las regiones altas de la Sierra de Monte Alto, en las que son características la intercalación de brechas volcánicas con las coladas lávicas. El espesor máximo que se le estima a esta unidad es de 1,300 metros en el cerro Las Palomas.

Esta unidad se originó en un estratovolcán que se encuentra bastante erosionado, posiblemente por los periodos glaciáricos del Pleistoceno. A continuación, en las figuras números 4.5 y 4.6, se muestra la geología regional y local.



Figura No. 4.5. Geología Regional.

Qal: Consiste de material arenoso-limoso-arcilloso de origen pluvial, volcánico e incluso lacustre, interdigitados en lentes irregulares. Aluvión.

Tgt: Unidad compuesta de secuencias de proclastos arenolimosos, con fragmentación esporádicos de andesita y dacitas subredondeadas, intercalados con lahares. Fm Tarango.

Tpg: Unidad consistente de material volcánico lávico, de composición andesítica, dacítica y riódacítica, moderadamente fracturada e incluso afallada. Depósitos volcánicos del plioceno temprano.

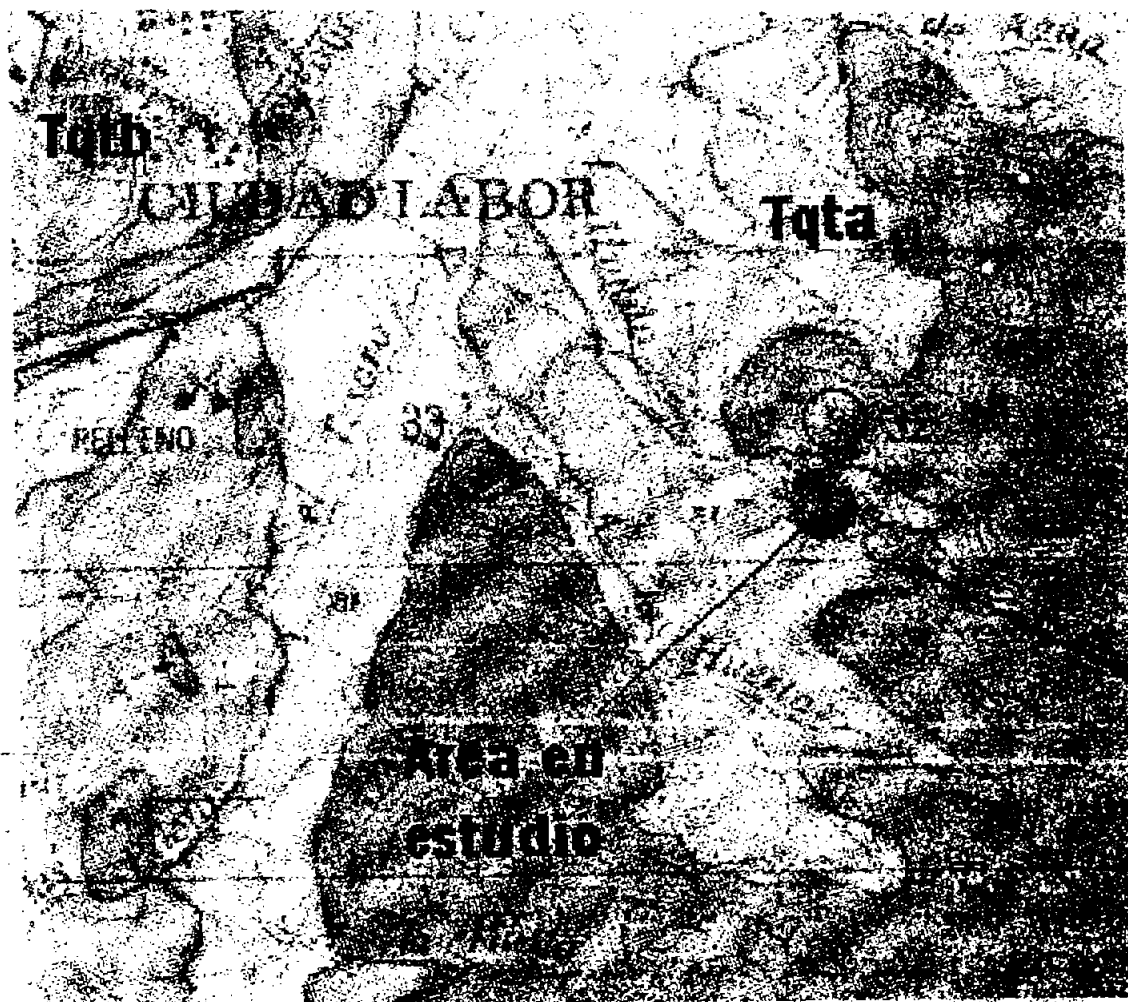


Figura No. 4.6. Geología Local.

Tqt: Unidad compuesta de secuencias de piroclastos areno-limosos, con fragmentos esporádicos de andesitas y dacitas subredondeadas intercaladas con lahares. Se la subdividió en dos dependiendo de la cantidad de fragmentos contenidos.

La **Tqta:** Presenta una gran cantidad de fragmentos y la **Tqtb** pocos, básicamente son piroclastos areno-limoso y arcilloso. Formación Tarango.

4.4.1.2. Sismicidad.

El M. de T. se ubica en el Valle de México, zona sísmica. Sin embargo, en el municipio se han presentado efectos menores durante movimientos telúricos.

El suelo subyacente en el que descansa el SDF del M. de T. presenta características semipermeables, por lo que ante la presencia de un evento sísmico pudieran presentarse los siguientes efectos:

- a) El evento catastrófico más relevante identificado, consiste que ante el reacomodo de las placas continentales, esto podría causar fisuras en la capa semipermeable del suelo soporte del montículo de los RSM, lo que permitiría el paso de los lixiviados a la siguiente capa inferior del suelo catalogada como permeable, lo que acrecentaría la posibilidad de que los lixiviados, conteniendo metales pesados, llegaran al acuífero del Valle de México contaminándolo, limitando su uso.
- b) En cuanto a la estabilidad del montículo ante un evento sísmico de baja intensidad, se estima que los daños serían nulos, sin embargo, en presencia de sismos de mayor intensidad, la gran elasticidad del cuerpo del montículo que le otorgan los residuos plásticos confinados, amortiguarían las fuerzas de tensión y compresión actuantes, presentándose únicamente fisuras en las zonas que contarán con cubierta de recubrimiento compactada, sin consecuencia ambiental subsecuente. No obstante, existe el riesgo potencial a fallar por la inclinación del talud en un evento sísmico.

4.4.2. Hidrogeología.

4.4.2.1. Modelo de Funcionamiento Hidrológico.

El sistema acuífero de la región se comporta como libre, es decir, no existe material impermeable o poco permeable que obstruya al techo del acuífero y lo condicione a presiones

mayores al de la atmosférica. La profundidad del agua encontrada cercana a los 50 metros de profundidad corresponde a la zona de la planicie, de tal manera que en las cercanías de la Sierra de Guadalupe la profundidad se incrementa. De acuerdo a cálculos, se estima que este se aproxime a los 120 metros en la zona de estudio.

Los pozos presentan caudales específicos variables, en razón a que existe problemas de incrustaciones, generando una disminución sostenible del caudal de extracción y por tanto, de los caudales específicos de las mismas. De esta forma, resulta difícil establecer a priori los caudales específicos resultantes de las características granulométricas del sistema acuífero, mismo que se encuentra en materiales areno-limosos en general.

La historia geológica de la región supone la existencia de un gran cúmulo de materiales volcánicos intercalados con lacustres y fluviales, lo que ha de entenderse como una granulometría heterogénea, que si bien pueden predominar las arenas y limos, pueden coexistir gravas y alguna que otra colada de lava y teffra. El flujo del agua subterránea tiende, para el caso específico de la zona que nos ocupa, hacia el Oeste y Noroeste, debido ello a que la Sierra de Guadalupe se comporta como una zona de recarga evidente del sistema acuífero, a partir de la cual se ha de alimentar en pequeña parte.

4.4.2.2. Aprovechamientos.

De información proporcionada por el propio M. de T., se ubican en la zona principalmente siete pozos. Los niveles estáticos se encuentran por los 50 metros de profundidad, incrementándose este nivel hacia las laderas de la Sierra de Guadalupe. Si bien no se tienen obras cercanas al SDF, se estima que, con base en los datos de los pozos existentes en la planicie, la profundidad del acuífero está a no menos de 120 metros de profundidad.

Los pozos existentes en la región han sido perforados en promedio a los 250 metros de profundidad. La información de los pozos se presenta en la tabla 4.1.

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

Tabla No. 4.1. Información sobre los Pozos de la Zona.

NOMBRE DE LA OBRA	PTO (M)	ND (M)	NE (M)	Q (LPS)	DTD
Pozo No. 4 Sto. Domingo 1	± 250	--	± 51	26.2	8"
Pozo No. 5 San Mateo Cuauhtepac	± 250	--	± 47	40	8"
Pozo No. 2 Sto. Domingo 2	± 249	86.42	54.20	65	8"
Pozo No. 3 Viveros	± 240	--	± 48	35.7	8"
Pozo No. 1 Tultitlán	± 230	--	53.40	--	--
Pozo No. 6 Cuauhtepac	250	105.54	47.54	--	--
Pozo No. 7 Cuauhtepac	250	143.96	73.70	--	--

En la figura No.4.7, se presenta la ubicación de los pozos más cercanos al área de estudio.

En la figura No. 4.8, se presentan las curvas de igual elevación del nivel estático; así como la dirección del flujo de agua subterránea.

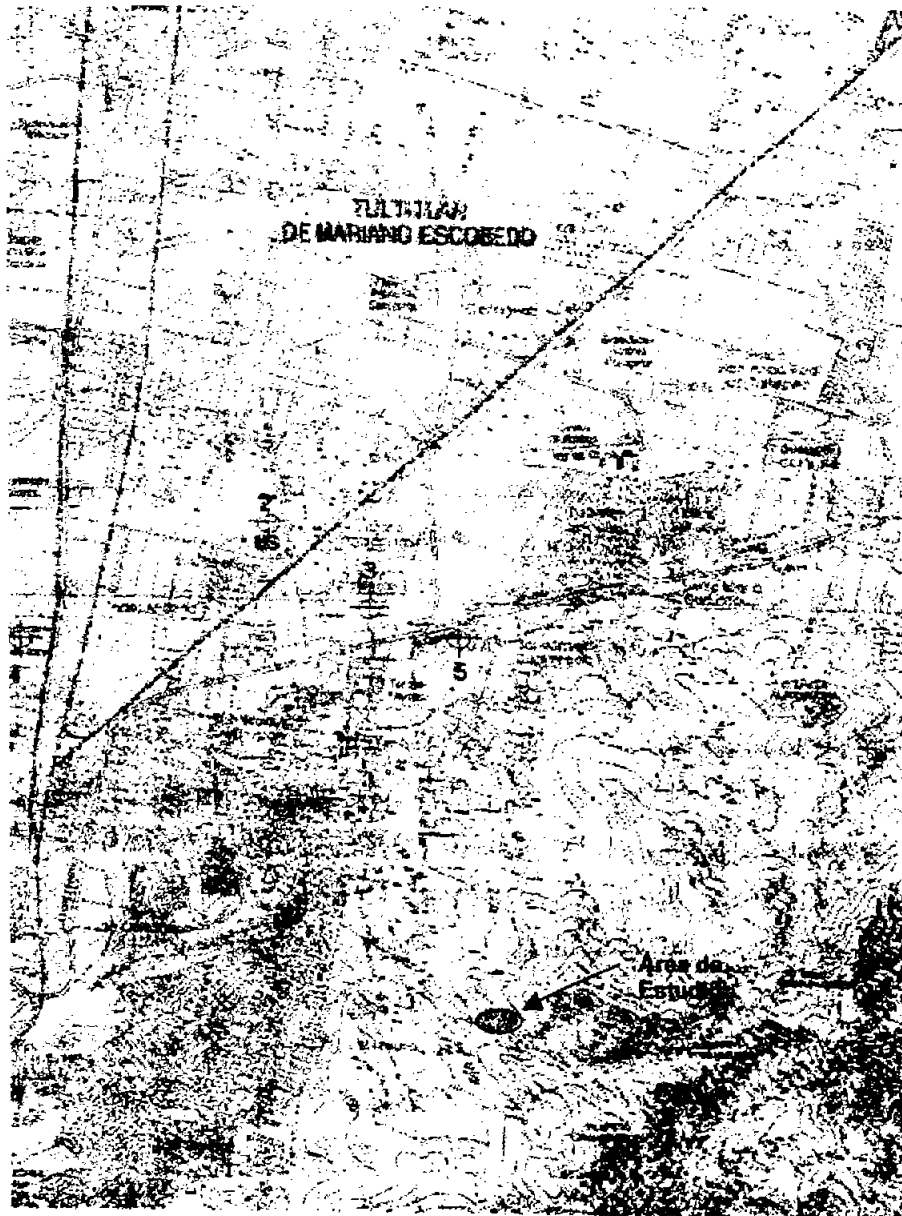


Figura No. 4.7. Localización de aprovechamiento de aguas subterráneas.

- Pozo 4: Pozo Santo Domingo 1; N 19° 38' 36.5" W 99° 09' 35.2 ".
- Pozo 5: Pozo San Mateo Cuatepec; N 19° 37' 26.5" W 99° 09' 04.2 ".
- Pozo 2 Pozo Santo Domingo; N 19° 37' 52.8" W 99° 10' 04.2 ".
- Pozo 3: Pozo Viveros; N 19° 37' 27.9" W 99° 09' 27.7 ".

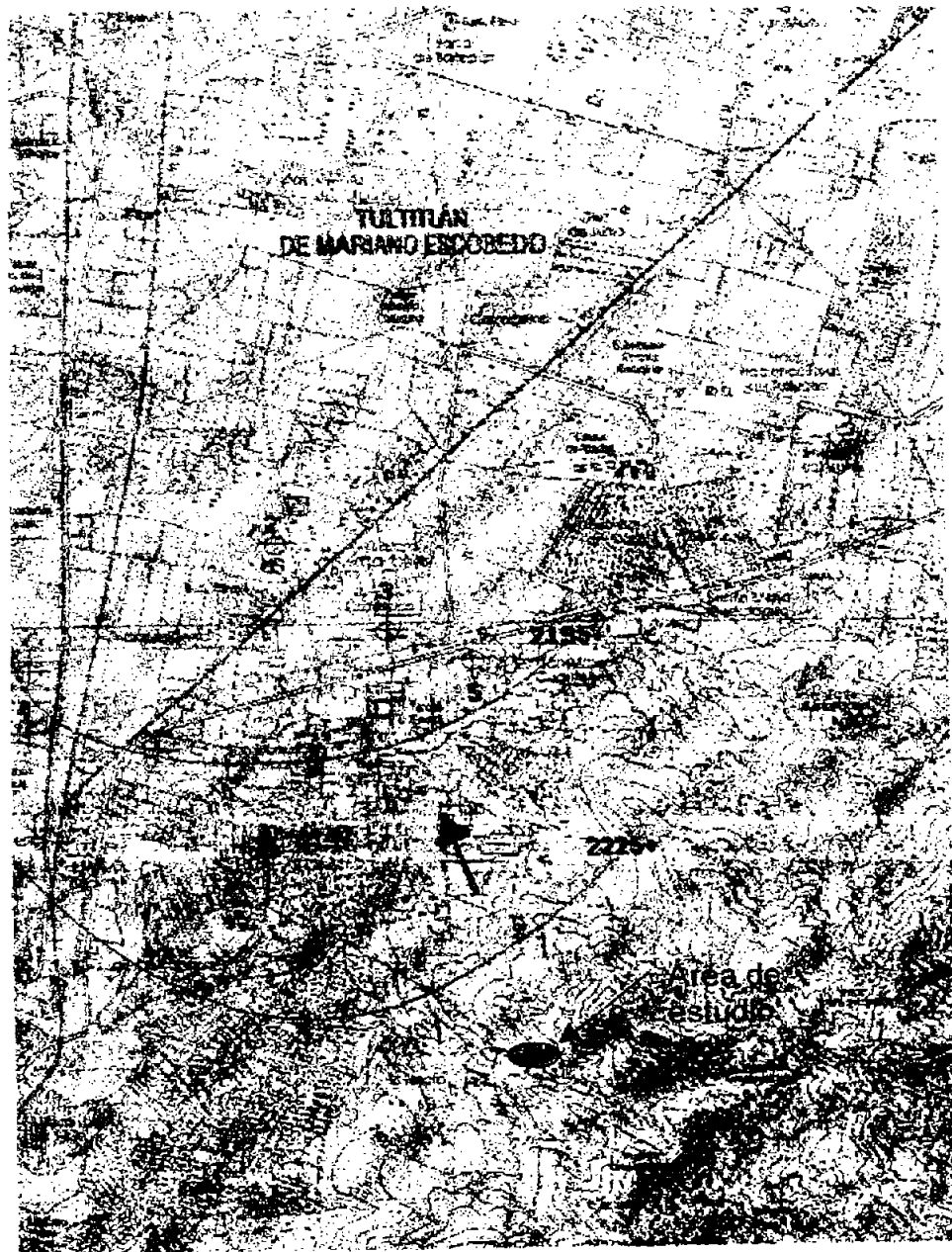




Figura No. 4.8. Curvas de igual elevación del nivel estático de flujo del agua subterránea.

-  **1125 Curvas de igual Elevación del Nivel estático.**
-  **Dirección preferencial del flujo Del agua subterránea.**

4.5. Objetivos del Proyecto.

4.5.1 Objetivo General.

Realizar el proyecto ejecutivo de la obra de clausura y saneamiento del SDF de RSM del M. de T., Estado de México.

4.5.2. Objetivos Particulares del Estudio de Riesgo Ambiental.

- Evaluar las condiciones en que actualmente se encuentra el SDF de RSM que se opera en el M. de T., Estado de México.
- Identificar los impactos que sobre el entorno está causando el SDF a cielo abierto del M. de T., con el fin de proponer las medidas a realizarse para su saneamiento y transformación en área verde.
- Conocer de manera particular, las condiciones ambientales prevalecientes en el SDF en estudio y sus efectos en las zonas cercanas a él.

4.6. Metodología Empleada.

La metodología empleada para describir el medio natural y socioeconómico de la región en estudio, se llevó a cabo realizando primeramente una recopilación de la información de fuentes oficiales, y posteriormente se realizó un análisis de la misma. Así mismo, para complementar dicha información, se llevaron a cabo encuestas en las viviendas cercanas al SDF.

También se llevó a cabo una recopilación de los estudios realizados en el SDF, así como el análisis y evaluación de éstos, los cuales nos ayudaron a conocer la historia del sitio.

4.7. Medio Natural y Socioeconómico.

4.7.1. Área de Influencia del Proyecto.

En lo referente a los aspectos ambientales, se considera una superficie de 6.5 hectáreas que cubren el montículo conformado con los RSM y las inmediaciones de éste.

En cuanto a los aspectos socioeconómicos, el presente estudio considera como zona de interés la extensión del M. de T., ya que el SDF recibe los residuos generados por la totalidad de la población del municipio; asimismo, es importante recalcar el hecho que una vez que sea clausurado dicho SDF, se tendrá que dar una solución a nivel municipal o regional para la disposición final de los RSM, aspecto que beneficia a toda la población.

4.7.2. Climatología.

El clima predominante en el M. de T. es templado, subhúmedo, con lluvias en verano C(w).

La temporada de lluvias se observa durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre; las lluvias en el verano son abundantes, mientras que el resto del año son escasas.

Los meses más calurosos son marzo, abril, mayo y junio, con temperatura media del mes más caliente de 32° C., y la del mes más frío de -5° C., la temperatura media anual es de 16° C.

La precipitación media anual es de 807 mm., registrándose heladas en los meses de noviembre a febrero.

Los vientos dominantes provienen del Poniente y Norponiente, con velocidades que oscilan entre los 15 kph y los 35 kph.

En lo referente a las inversiones térmicas, éstas se presentan por lo general en invierno y se deben al desplazamiento de aire frío del Noroeste del país hacia el Centro, ocasionado por la presencia del sistema de alta presión. Este fenómeno propicia la acumulación de contaminantes en superficie.

4.7.3 Geomorfología.

El M. de T. está ubicado en la provincia fisiográfica del eje Neovolcánico y en su parte montañosa los terrenos están conformados por rocas ígneas de origen extrusivo de la época Terciaria, de tres períodos sucesivos de actividad volcánica. Dichos períodos se reconocen por el aspecto fisicoquímico de las rocas.

El municipio se ubica también en la porción septentrional de la cuenca lacustre de México, cuyo desarrollo ocurrió en el Terciario Tardío y Cuaternario Temprano de la Era Cenozoica, los rellenos lacustres del área son derivados de la erosión de las rocas ígneas mencionadas, que se depositaron como resultado de las erupciones formativas del grupo Chichinautzin.

Las planicies se formaron principalmente por capas sedimentarias, resultado del continuo deslave de los montes circundantes, el material deslavado fue relleno de las depresiones conjuntamente con la gran cantidad de cenizas volcánicas que fueron arrastradas en escurrimientos y corrientes de lodos volcánicos, o como lluvia de ceniza al ser lanzadas por las erupciones.

En el territorio municipal de Tultitlán se identifican cuatro diferentes zonas clasificables por la forma general de su relieve:

- La planicie localizada mayoritariamente en las regiones Noreste y Centro del municipio y cuyas pendientes promedio fluctúan entre el 0 y 2%.
- Los lomeríos suaves ubicados en la zona central del territorio y cuyas pendientes no superan el 6%.

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

- Los lomeríos moderados se localizan en la zona Sur y Surponiente del municipio y sus pendientes oscilan entre 7 y 15%.
- Las zonas de topografía agreste que se ubican en terrenos pertenecientes mayoritariamente al Parque Estatal Sierra de Guadalupe, y cuyas pendientes rebasan el 15%. (zona en donde se ubica el SDF del M. de T.)

El predio en donde se ubica el SDF ha sufrido fuertes erosiones, debido a la disposición de los RSM en este sitio durante aproximadamente 20 años.

4.7.4. Orografía.

El M. de T. presenta pocas alteraciones geográficas. En la parte Sur se encuentra la Sierra de Guadalupe, la cual constituye el único macizo montañoso que separa a los valles de Tlalnepantla y Cuautitlán. Esta formación rocosa es la más importante de toda el área; sus partes elevadas son las que se conocen con el nombre de Picacho El Fraile, Picacho El Jaral y el Cerro del Picacho o Picacho del Águila, punto de unión entre Coacalco, Tultitlán y el Distrito Federal, y cuya altura es de 2,700 m.s.n.m. La Sierra de Guadalupe es la continuación de las montañas de Monte Alto, pues se extiende en más de 20 kilómetros, hasta unirse con los cordones montañosos de Atizapan.

El resto del territorio es una extensa meseta con lomeríos, cañadas y depresiones de poca consideración. En el lado occidental, Tultitlán tiene una altura de 2,240 m.s.n.m.

4.7.5. Hidrología Superficial.

En este aspecto, cabe señalar que no existe ningún río de importancia en el área de influencia del SDF, fuera del área de influencia existen algunos arroyos como el Matzcala, Don Carlos, Hondo, La Huerta y El Tesoro.

En la parte Sur del SDF se identifica un arroyo intermitente (sin nombre, que como se verá más adelante, llega a transportar lixiviados desde el SDF hacia la zona urbana más cercana).

Es importante mencionar que hace algunos años, corría el único río de importancia en la región, denominado río Cuautitlán, el que fue cortado por la construcción de la presa de Guadalupe. Anteriormente y debido a la inclinación del terreno, eran muy frecuentes las inundaciones, lo que contribuía a que esta zona contuviera parte del antiguo Lago de Xaltocan, formado por los escurrimientos que descendían de la Sierra de Guadalupe, de las montañas de Monte Alto y de la Sierra de Villa del Carbón, a través del antiguo cruce del río Cuautitlán.

Dicho lago se desecó por la construcción del Gran Canal del Desagüe que desaloja las aguas residuales de la Ciudad de México, y que cruza el municipio en su parte Oriental; otra causa que determinó el agotamiento del lago fue la construcción del Canal de Castera, que desemboca en las cortinas de lo que fue la presa de Angulo y la laguna El Tesoro, desecada actualmente y que ocupaba terrenos de la Hacienda de Lechería. Tanto la presa como la laguna servían como vasos reguladores y de almacenamiento para riego.

4.7.6. Recursos Bióticos.

4.7.6.1. Vegetación.

Dentro de las 9.6 hectáreas que conforman el SDF no se encuentran especies vegetales, éstas fueron eliminadas en su totalidad por la actividad que ahí se desarrolla.

Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, el SDF se encuentra dentro del Parque Estatal Sierra de Guadalupe, donde se encuentra la mayor parte de la flor existente en el territorio de Tultitlán. Entre las especies vegetales se pueden apreciar pirules, eucaliptos, cedros blancos y algunos tipos de pinos naturales e inducidos, fresnos, casuarinas, olmos y truenos.

Por otra parte, no existe registro oficial sobre unidades de producción rurales con actividad forestal de productos maderables y de recolección, que reconozcan aprovechamiento forestal en el M. de T.

4.7.6.2. Fauna.

Dentro del predio del SDF no se identifica fauna silvestre, ésta se localiza en las inmediaciones del terreno ocupado por el SDF.

La fauna está asociada con la vegetación existente en la Sierra de Guadalupe y está integrada por ardillas, conejos, ratas de campo, tuzas, liebres, codornices, correcaminos, cuervos, lechuzas, lagartijas, culebras, sincuates y víboras de cascabel, cuyas poblaciones gradualmente decrecen.

El aprovechamiento que se tiene de los recursos faunísticos silvestres se limita al autoconsumo para algunos residentes de las zonas rurales, en las que aún pueden ser capturadas las especies comestibles enunciadas en el párrafo anterior.

4.7.7. Medio Socioeconómico.

4.7.7.1. Población Económicamente Activa.

En el M. de T., la población económicamente activa (PEA) representa el 29.30% de la población total. En el cuadro No. 4.1., se presenta la población total del municipio y la población económicamente activa, así como el porcentaje de la misma.

Cuadro No. 4.1. Población Total y Población Económicamente Activa en el Municipio.

CONCEPTO	1970	1980	1990	1998*
Población total	52,317	136,829	246,464	408,211
PEA	12,557	40,318	72,214	119,606
%	24.00	29.46	29.30	29.50

Fuente: INEGI, XI Censo General de Población y Vivienda 1990

Valores extrapolados a una población total de 408,211 habitantes. (Población estimada 1998).

Estimaciones para PEA 1998 (Oficina Desarrollo Económico de Tultitlán) Datos preliminares.

4.7.7.2. Población Estimada que se Beneficiará con el Establecimiento del Proyecto.

La población que se verá directamente beneficiada por la clausura y saneamiento del SDF es la que habita en las colonias Sierra de Guadalupe y Ampliación Sierra de Guadalupe (aproximadamente 2,500 habitantes), ya que estas colonias son las que se encuentran más próximas al SDF.

Sin embargo, la totalidad de la población del Municipio de Tultitlán (432,411 habitantes) también se beneficiará con la clausura y saneamiento del SDF, ya que se recuperarán 6.5 hectáreas que se encuentran totalmente degradadas por la disposición inadecuada de residuos, al convertirse en áreas verdes dentro de la Sierra de Guadalupe.

4.7.7.3. Estimación del Volumen de RSM en el Área de Influencia del Proyecto (Kg/día).

- a) Residuos sólidos que ingresan al SDF.
 - a.1) Registro diario de vehículos recolectores que ingresan al SDF.

Del registro de vehículos que ingresan al SDF, se definen cuatro grupos de usuarios, identificados como:

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

- Vehículos de la sección sindical número 49 de la CTM. Esta sección sindical cuenta con 85 vehículos de recolección.
- Vehículos del Grupo de San Pablo de las Salinas. Este grupo cuenta con 32 vehículos recolectores.
- Vehículos del Ayuntamiento. El ayuntamiento sólo cuenta con 12 vehículos.
- Vehículos particulares. Se incluye 18 vehículos particulares que prestan el servicio de recolección de residuos en el municipio.

Es importante mencionar que durante las visitas que se efectuaron al SDF, se observó que además de las unidades particulares que tienen registradas, ingresan al SDF vehículos de recolección de las empresas GEN y de King Kong, los cuales no se encontraron en el registro de vehículos del ayuntamiento.

Regularmente ingresan al SDF un total de 111 vehículos de recolección. En el cuadro No.4.2., se presenta la capacidad de carga por tipo de vehículo en m³.

Cuadro No. 4.2. Tipo de Vehículos Usuarios del SDF.

<u>TIPO DE VEHÍCULO</u>	<u>SOBRENOMBRE</u>	<u>NOMENCLATURA</u>	<u>M³/VEHÍCULO</u>
Camión de redilas	Rabón	R	14.00
Camión de volteo	Volteo	V	8.00
Camión de 3.5 ton.	Camioneta	C	9.00
Camión recolector equipado	Tubular	T	12.00

En el cuadro No. 4.3., se detalla el volumen de residuos sólidos dispuesto por tipo de vehículo recolector y el total generado mensualmente:

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

Cuadro No. 4.3. Volumen de RSM Dispuestos en el SDF.

GRUPO	M ³ DE RSM DISPUESTO POR TIPO DE VEHÍCULO RECOLECTOR				SUMA
	R	V	C	T	
Sección Sindical No. 49 de la CTM	12,390.00	2,216.00	3,231.00		17,837.00
Grupo San Pablo de las Salinas	826.00	80.00	126.00		1,032.00
Particulares	770.00	1,168.00	720.00	684.00	3,342.00
Ayuntamiento	3,220.00	2,296.00	1,656.00		7,172.00
				TOTAL	29,383.00

En el cuadro No. 4.4., se presenta el cálculo del ingreso por tipo de vehículo. El peso volumétrico promedio que presentan los RSM en los camiones de redilas y en las camionetas es del orden de 260 Kg/ m³ y el de los tubulares de 350 Kg/m³.

Cuadro No. 4.4. Cálculo del ingreso por tipo de vehículo

TIPO DE VEHÍCULO	CÁLCULO PESO MENSUAL	TOTAL (TON/MES)
Redilas	16,345.70 X 0.260	4,249.88
Camiones de volteo	5,472.00 X 0.260	1,422.72
Camionetas	5,446.35 X 0.260	1,416.05
Tubulares	649.80 X 0.350	227.43
	TOTAL	7,316.08

El peso de RSM que se depositan en el SDF es del orden de 7,316.08 Ton/mes. Si el SDF trabaja de lunes a viernes; ingresan diariamente 365.80 toneladas, si consideramos que el M. de T. tiene una población de 432,411 habitantes, la generación de RSM per cápita es de 0.845Kg/día.

4.7.7.4. Actividades Económicas.

La población en Tultitlán se ha distribuido por sector económico de la forma que se presenta en el cuadro No. 4.5.

Cuadro No. 4.5. Población Económicamente Activa por Sector

CONCEPTO	1970	1980	1990	1998*
Población Total	52,317	136,829	246,464	408,211
Sector Primario	1,461	1,416	648	717
% Actividades Agropecuarias	(11.63%)	(3.51%)	(0.89%)	(0.60%)
Sector Secundario	6,801	17,166	33,984	52,029
% Actividades Industriales	(54.16%)	(42.58%)	(47.07%)	(43.50%)
Sector Terciario	3,587	11,528	35,296	62,076
% Actividades Comerciales y Servicios	(28.57%)	(28.60%)	(48.88%)	(51.90%)
No especificado	708	10,208	2,286	4,784
%	(5.64%)	(25.31%)	(3.16%)	(4.00%)

Fuente: INEGI, XI Censo General de Población y Vivienda 1990
 Valores extrapolados a una población total de 408,211 habitantes. (Población estimada a 1998).
 Estimaciones para 1998 (Oficina de Desarrollo Económico de Tultitlán) Datos Preliminares.

Como se puede observar, la PEA se emplea preferentemente en los sectores secundarios (industria y manufactura) y terciarios (comercio y servicios) de la economía, convirtiendo a las actividades agropecuarias cada vez en trabajos menos rentables.

Las industrias instaladas en el municipio van desde la industria de transformación, de manufacturas, alimentos, textiles, metálicas, metal-mecánica, plásticos, bebidas, químicos, máquinas y herramientas, utensilios agrícolas, de transporte, hasta artesanal.

Es importante mencionar que dentro del municipio existen las siguientes zonas industriales: Parque Industrial Cartagena, Parque Industrial El Cristo, Parque Industrial San Luis, Parque Industrial San Miguel, Parque Industrial Tultitlán, Zona Industrial Independencia, Zona Industrial Lechería, Centro Industrial Estado de México y Corredor Industrial José López Portillo.

Estas industrias generan empleos a personas, tanto del municipio como de los municipios vecinos y del mismo Distrito Federal.

En la zona de estudio, se observa que gran parte de la población se dedica a la compra-venta de materiales recuperados de los RSM, por lo que entra en la categoría de no especificado de la tabla anterior.

4.7.7.5. Nivel de Ingresos.

El nivel de ingreso obtenido por los diferentes grupos de población se indica en la tabla No.4.2.

Tabla No. 4.2. Nivel de Ingresos por Grupo de Población.

NIVEL DE INGRESOS EN #	POBLACIÓN	%
No reciben ingresos	1,148	0.96
-1.00 salario mínimo	23,825	19.92
De 1.01 a 2.00 salarios mínimos	49,373	41.28
De 2.01 a 3.00 salarios mínimos	20,764	17.36
Más de 3.01 a 4.00 salarios mínimos	12,571	10.51
Más de 4.00 salarios mínimos	8,432	7.05
No especificado	3,493	2.92
Total	119,606	
% respecto a la población total		29.30

Fuente: Plan del Centro de Población Estratégico de Tultitlán, México. 13 enero 1999.
Gaceta del Gobierno.

A partir de enero del 2001, el salario mínimo para el M. de T., es de \$40.35 (cuarenta pesos 35/100).

4.7.7.6. Grupos Étnicos.

El M. de T. es una región en la cual existen pequeños grupos indígenas, los cuales se encuentran integrados por Tecpanecas y Mexicas.

4.7.7.7. Zonas Arqueológicas Circundantes.

No existen zonas arqueológicas en la zona de influencia del proyecto. En documentos oficiales se menciona que en Tultitlán existe una zona arqueológica aún sin explotar.

4.7.7.8. Sitios de Interés Histórico.

No hay sitios de interés histórico en la zona de influencia del proyecto.

En el M. de T., se encuentran los siguientes monumentos arquitectónicos: Iglesia de Santa María Cuauhtepac, del Siglo XVI; la Iglesia de San Antonio de Padua, y el Convento Franciscano del Siglo XVI.

En la primera existen libros parroquiales en tres idiomas: Español, Náhuatl y Otomí, de los siglos XVI.

4.7.7.9. Folklore y Tradición.

En el M. de T., se celebran las siguientes fiestas populares: La más importante del municipio se celebra el 13 de junio, dedicada a San Antonio de Papua; posteriormente se celebra la fiesta de San Pedro de las Salinas, el 29 de junio; el 1º de enero; el 4 de octubre, el 14 de julio y la Semana Santa.

En el municipio se realizan trabajos artesanales con papel picado, utilizado en las fiestas populares, flores de papel y manteles.

4.7.7.10. Características de la Vivienda.

En la zona cercana al predio en estudio, se localizan viviendas que no cuentan con servicios públicos, el material de las viviendas es de concreto, algunas con techo de lámina.

4.7.7.11. Disponibilidad y Calidad de Infraestructura y Servicios Públicos.

Las casas próximas al SDF no cuentan con servicios públicos. En las colonias más cercanas, Sierra de Guadalupe y Ampliación Sierra de Guadalupe cuentan con drenaje,

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

tomas domiciliarias de agua potable y energía eléctrica, pero la cobertura de estos servicios presenta déficit en las zonas rurales.

4.7.7.12. Demanda de Mano de Obra.

En las colonias vecinas al SDF se presenta una escasez de demanda de mano de obra, provocando con ello, que gran parte de la población entre al comercio informal o que se tenga que desplazar a otros municipios cercanos y al propio Distrito Federal, en busca de empleo.

Durante la clausura y saneamiento del SDF se requerirá de mano de obra para la realización de la infraestructura requerida, por lo que se sugiere que este personal sea contratado en la zona.

4.7.7.13. Dinámica y Composición Demográfica.

Durante el período 1970-1990, la población en el municipio de Tultitlán, casi se quintuplicó alcanzado en 1990, una población de 246,464 habitantes, y para el período 1990-2000, se duplicó, como se aprecia en la tabla No. 4.3.

Tabla No. 4.3. Crecimiento Poblacional del Municipio.

CONCEPTO/AÑO	1970	1980	1990	1995	2000
Población	52,317	136,829	246,464	361,434	432,411
Tasa de crecimiento	13.46	9.73	6.20	7.01	3.52

Fuente: La población indicada para los años 1970, 1980, 1990 han sido extraídas de las versiones definitivas de las Versiones definitivas de los Censos Nacionales de Población correspondientes.
La población de 1995, es la correspondiente al conteo de población elaborado por el INEGI.
La población del 2000, fue extraída del Anuario Estadístico del Estado de México, 2000, INEGI.

La densidad es de 5,085 habitantes por kilómetro cuadrado. La población rural ocupa el 0.64% y la urbana el 99.36%.

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

En la tabla No. 4.4., se puede observar la población total y el índice de masculinidad para los años 1995 y 2000.

Tabla No. 4.4. Población e Índice de Masculinidad.

<u>POBLACIÓN TOTAL</u>	<u>HOMBRES</u>	<u>MUJERES</u>	<u>ÍNDICE DE MASCULINIDAD (A)</u>	<u>AÑO</u>
361,434	178,263	183,171	97.32	1995
432,411	211,691	220,720	95.91	2000

a) Expresa el número de varones por cada 100 mujeres.
1995; Censo de población, INEGI 1995.
2000; Anuario Estadístico del Estado de México; INEGI 2000.

Es importante mencionar que en el año de 1997, el H. Ayuntamiento de Tultitlán llevó a cabo un conteo de vivienda en el cual se generaron resultados individualizados por colonia, pueblo, conjuntos habitacionales y fraccionamientos que de forma acumulada indicaron la existencia de 113,652 viviendas ocupadas, cada una por un promedio de 5.5 habitantes, lo que implicó una población de 625,086 habitantes.

El procedimiento que aplicaron las autoridades municipales de su conteo poblacional de 1997, incluyó la actualización de los planos manzaneros del municipio, el conteo de viviendas calle por calle, la verificación del número de licencias de construcción expedidas y la comparación de las cifras generadas del trabajo de campo con los datos utilizados por la oficina predial, el departamento de catastro y el organismo operador de las instalaciones de agua potable y alcantarillado municipal.

El Censo Municipal de 1997, corroboró a las autoridades locales la existencia de una población mayor a la que reconocen cifras oficiales y puso de manifiesto que existen diferencias estadísticas con las cifras proporcionadas por el INEGI, el IGCEM y el IFE.

4.7.7.14. Interacción de Grupos Poblacionales.

No es posible establecer tipologías de los asentamientos humanos basadas solamente en sus condiciones materiales de organización, uso del suelo, funciones urbanas, etc. Ocurre más bien que los asentamientos son definidos por procesos históricos de organización social y apropiación territorial muchas veces de larga duración y efectos a largo plazo. Un ejemplo de esta condición inherente de los efectos a largo plazo es la ocupación territorial dentro de la Sierra de Guadalupe, la cual es la periferia de Tultitlán.

En la región se ha presentado un proceso de migración de ciertos grupos sociales hacia lugares que poseen fragilidad ecosistémica, donde las relaciones sociales y soportes naturales provocan transformaciones, en su mayoría afectando irreversiblemente un área natural protegida como es la Sierra de Guadalupe. Como se comentó anteriormente, la zona presenta servicios precarios, por lo que la calidad de vida de sus pobladores se puede considerar como mala. Los habitantes que viven cerca del SDF han explotado los pocos recursos naturales en los cuales vive y se observa una nula participación efectiva de la comunidad.

4.7.7.15. Patrones Culturales de la Zona.

Se constató que en la mayoría de las viviendas, las personas poseen un aparato de televisión y de radio en sus casas, lo que les permite entretenerse. Sin embargo, no existe una cultura por la lectura, al carecer de recursos no tienen acceso a la compra del periódico, por lo que no están informados sobre las noticias de México, tampoco se informan sobre lo que sucede en el municipio donde habitan.

De las 60 viviendas visitadas, en todas ellas nos comunicaron que pertenecen a la religión católica, y que asisten a la celebración del 13 de junio dedicada a San Antonio de Padua.

El 60% de las personas encuestadas saben leer y escribir, y tienen una instrucción escolar que oscila entre la primaria con 75%, secundaria 20%, y 5% bachillerato, el 40% no

sabe leer y escribir, y no han tenido ningún contacto con la escuela. En ese sentido podemos suponer que las personas truncan sus estudios por la necesidad a muy temprana edad a cooperar económicamente en sus casas.

4.7.7.16. Oferta y Demanda de Servicios.

En el municipio existen 99,366 viviendas con un promedio de 4.35 ocupantes por vivienda. Las tomas domiciliaria registrada con servicio de agua potable es de 89,467; apreciándose un déficit con respecto al número de viviendas existentes en el municipio; este déficit se presenta principalmente en las zonas rurales de la zona habitacional cercana al predio en estudio; por lo que el suministro de agua potable se realiza por medio de pipas de agua.

En lo referente a las tomas eléctricas domiciliarias, para el año 2000 se tenía un número de 90,449; también en este rubro se observa un déficit de este servicio para las zonas rurales.

Asimismo, por las pendientes que se presentan en la Sierra de Guadalupe, las viviendas que se ubican cerca del SDF no cuentan con drenaje para sus descargas de aguas domiciliarias.

Las colonias cercanas al SDF presentan un déficit en lo que respecta a calles pavimentadas, ejemplo de ello es la Avenida de las Torres, principal acceso al SDF.

4.7.7.17. Actividades Económicas Dominantes.

La actividad económica de los habitantes que viven cerca del SDF se dedican principalmente a la compra-venta de material recuperado de los RSM.

También en la zona los habitantes se emplean en el sector comercio y muchos de ellos son obreros, tapiceros, albañiles y herreros con ingresos de uno o dos salarios mínimos.

4.7.7.18. Canales de Comercialización.

En los recorridos de campo se entrevistaron a varios habitantes de la zona cercana al SDF, los cuales informaron que almacenan en el patio de sus casas al aire libre el material recuperado de los RSM, para su posterior comercialización, quincenalmente los venden a intermediarios que recolectan el material, generalmente cartón, papel, vidrio, metales y plástico rígido.

4.8. Evaluación del Riesgo Ambiental del SDF del Municipio de Tultitlán.

4.8.1. Metodología Empleada.

La metodología empleada para realizar la evaluación del riesgo ambiental fue la siguiente:

En principio se desarrollaron visitas a la zona para describir el estado en que se encuentra el sitio y sus alrededores, con esto se verificó la contaminación del aire y agua, la dispersión de residuos, la afectación al paisaje, la afectación a los asentamientos humanos cercanos al SDF, así como el impacto a la flora y a la fauna que se presenta por la operación.

Aspecto importante a considerar es el cambio de uso del suelo del predio en estudio, al modificarse de uso forestal a uso para la disposición final de residuos sólidos.

También se llevó a cabo una recopilación de los estudios realizados en el SDF, así como el análisis y evaluación de éstos, los cuales nos ayudaron a conocer la historia del sitio.

Se realizó una revisión de la siguiente información:

- Historia de la superficie del sitio, a través de fotografías aéreas e información de las actividades desarrolladas por el propio Ayuntamiento, por el Gobierno del Distrito Federal y la propia SEGEM.
- Planos de la zona donde se ubica el SDF.
- Geología regional y local.

- Morfología de la zona.
- Aspectos hidrogeológicos de la zona.
- Análisis de los resultados de laboratorio de las muestras de lixiviados (para los años 1991 y 2000).
- Tipos de residuos que han sido dispuestos en el SDF (municipales, peligrosos y biológico-infecciosos).
- Información de la forma de operación del sitio.
- Equipo existente en el sitio.

A continuación se presenta la historia de la operación del SDF del M. de T., y la evaluación del riesgo ambiental, describiendo las afectaciones principales:

4.9. Historia de la Operación del SDF del Municipio de Tultitlán.

En el año de 1991, el SDF de los RSM del M. de T., ocupaba un área de cinco hectáreas, era administrada por el municipio, no contaba con ningún control sanitario o ambiental, por lo que se consideraba como SDF a cielo abierto.

Se disponían 200 toneladas diarias de RSM. Eventualmente los residuos eran esparcidos, acomodados y cubiertos con tepetate, con apoyo de dos tractores sobre orugas; un D-8 y un D-165 y dos retroexcavadoras Caterpillar, todos ellos propiedad del municipio.

La operación que se llevaba a cabo era la siguiente: Los vehículos con los RSM recolectados, llegaban al sitio y pasaban al área de descarga, donde depositaban en el suelo para que los grupos de pepenadores iniciaran su labor, una vez que terminaba la recuperación de subproductos, los residuos eran esparcidos y compactados con los tractores.

En el sitio laboraban cerca de 40 pepenadores, los cuales vivían en el lugar. Los principales subproductos que se comercializaban eran el vidrio, el cartón, los metales y el plástico rígido.

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

En el SDF eran dispuestos indiscriminadamente RSM e industrial (peligrosos y no peligrosos), lodos provenientes de plantas de tratamiento, material producto del desazolve y residuos hospitalarios.

Otro grave problema que se presentaba era la gran generación de líquidos percolados contaminantes, que fluían de manera importante por los taludes y escurrían por el cauce de un arroyo, provocando una grave degradación del medio ambiente.

La situación se vio agravada, ya que el sitio se encuentra ubicado en una zona considerada como de recarga del acuífero, sobre una formación de rocas ígneas fracturadas.

Por otro lado, la generación descontrolada de biogás representaba un peligro potencial para los pepenadores que vivían en el lugar, además de que incrementaba el potencial de que se produjeran incendios. Durante la época de secas era común que el SDF del M. de T. se incendiara, deteriorando gravemente la calidad del aire de la zona.

Además era práctica común que los pepenadores quemaran los RSM, con el objeto de reducir su volumen, situación que llevó también a incendios en el SDF. En las zonas en donde se habían cubierto los residuos sólidos, se podía observar el agrietamiento del material y el flujo del biogás.

En ese año, se llevaron a cabo mediciones de explosividad para detectar la presencia de biogás, producto de la descomposición del componente orgánico de los residuos sólidos.

La detección de los malos olores se llevó a cabo por percepción directa y entrevistando a los vecinos de la zona. También se tomaron muestras del líquido percolado para su posterior caracterización en laboratorio.

Durante el período comprendido de 1992 a 1995, el M. de T. recibió el apoyo de la SEGEM para operar el SDF de RSM ubicado en la Sierra de Guadalupe.

Este apoyo se brindó dentro del marco del Programa Metropolitano de Manejo de Residuos Sólidos, aplicando recursos federales y estatales.

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

La SEGEM apoyaba con maquinaria para el movimiento y conformación de los RSM, y para cubrir los residuos con tepetate; traxcavos para la carga y depósito de materiales sobre vehículos de transporte; camiones de volteo para el acarreo y transporte de material; una motoconformadora para el nivelado y alzado de la superficie del terreno y para realizar empujes; y equipo para la compactación de material. También se encargaba de suministrar el material de cobertura (tepetate).

La operación del sitio la llevaba a cabo un residente de obra contratado por la propia SEGEM.

La única responsabilidad del personal del municipio consistía en controlar la entrada de los vehículos de recolección de RSM al SDF.

Durante esa época, el sitio operó como sitio de disposición controlado; es decir, se aplicaban métodos de operación comparables a un relleno sanitario. Sin embargo, no se realizaron obras para el manejo de lixiviados y para el control de biogás.

Este sitio no cumplía con la NOM-ECOL-083-1996, la cual establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los RSM, ya que se ubica dentro de la Sierra de Guadalupe.

A partir de la entrega por parte de la SEGEM al Ayuntamiento de Tultitlán de la operación del SDF, a finales del año 1995, el sitio es operado irregularmente; el municipio adquiere maquinaria para manejar los residuos, pero no los cubre con material (tepetate), ya que no se tiene control sobre el tipo de residuos que ingresa al SDF, y el sitio pasa a la categoría de tiradero a cielo abierto. Esta situación ha provocado que el SDF se incendie regularmente,

Actualmente la situación que guarda el SDF del M. de T., es la siguiente:

El SDF no se encuentra delimitado con cerca, sólo se cuenta con una cadena que es colocada en el camino interno de acceso, fuera del horario de operación. El SDF está abierto de lunes a sábado de las 7:00 a 18:00 horas, el domingo permanece cerrado. En la caseta

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

de control de acceso se encuentra el responsable del SDF, quien nos informó que lleva a cabo el registro de los vehículos que acceden al SDF para disponer los RSM e industriales recolectados.

El costo correspondiente al derecho de acceso y de tiro por viaje es de \$10.00 (diez pesos 00/100 M.N.).

El camino de acceso interno es de siete metros de ancho en promedio y tiene una longitud de 120 metros desde la caseta al montículo de residuos, punto en el que inicia la rampa de semiperimetral y de 12 metros de ancho en promedio, que conduce a la parte alta del SDF en el extremo Oriente del montículo conformado con los residuos. Posteriormente continúa un camino mal definido para acceder al frente de tiro.

El SDF presenta en planta una forma irregular y alargada en orientación Este-Oeste, los residuos no se han compactado, lo que propicia considerable inestabilidad de los taludes y la disminución del tiempo de vida útil por el abundamiento mayor en el volumen.

Hacia el Suroeste del montículo de residuos, existe una laguna de aproximadamente 250 metros cuadrados y una profundidad de un metro, la cual contiene lixiviados provenientes de los residuos. La excavación de esta laguna fue realizada hace varios años por el propietario del predio contiguo al SDF, con el propósito de almacenar agua pluvial, para su posterior aprovechamiento en el riego de 4 cultivos. Sin embargo, al pasar el tiempo e irse incrementando la superficie ocupada por el montículo, la laguna se llenó de lixiviados.

Actualmente, la laguna de lixiviados está conectada con el cauce de un arroyo intermitente, a través de una alcantarilla que atraviesa el camino de acceso interno, particularmente en el punto en el que éste converge con el montículo de los residuos y de una zanja que vierte los lixiviados al cauce del arroyo mencionado, el cual corre de Este a Oeste y colinda con el lindero Norte del SDF de Tultitlán.

En dirección hacia el Suroeste de la citada laguna, se encuentra una segunda laguna de lixiviados de aproximadamente 80 metros cuadrados de superficie y 30 centímetros de

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

tirante, a la cual escurren superficialmente los lixiviados que drenan a lo largo del talud sur del montículo de residuos.

En dirección hacia el Suroeste de la citada laguna, se encuentra una segunda laguna de lixiviados de aproximadamente 80 metros cuadrados de superficie y 30 centímetros de tirante, a la cual escurren superficialmente los lixiviados que drenan a lo largo del talud Sur del montículo de residuos.

Durante las visitas realizadas al SDF, se observó en el sitio el siguiente equipo:

- Bulldozer sobre orugas marca Komatsu.
- Cargadora-retroexcavadora sobre neumáticos marca Ford.
- Bulldozer sobre orugas marca Caterpillar.
- Bulldozer marca Caterpillar.

Estos equipos se encontraban sin funcionar debido a la falta de mantenimiento.

A la fecha, por las dimensiones y condiciones del camino de acceso al frente de tiro, los vehículos recolectores deben acceder al frente de tiro en reversa. Por el tamaño de este frente, sólo se permite la descarga simultánea de tres vehículos, lo que provoca que el tiempo de espera de los vehículos recolectores sea de hasta dos horas o más.

La mayoría de los vehículos que ingresan al SDF son camiones de carga con caja fija, lo que entorpece la descarga de los residuos al tenerse que llevar a cabo de manera casi manual, auxiliándose con herramienta consistente en ganchos metálicos. Se observó que el tiempo de descarga de un camión de redilas de 9 toneladas se realizó en un período de 60 minutos.

Además, se observa que los pepenadores se colocan al pie del vehículo de recolección, lo que impide que la descarga se lleve a cabo en menos tiempo.

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

Se puede afirmar que el SDF es un tiradero a cielo abierto, sin control ni registro de la cantidad de residuos que ingresan. No hay interés por parte de los responsables para brindarle mantenimiento a la maquinaria, así como para la compra de material de cobertura.

Dentro del SDF existen alrededor de 25 viviendas construidas con diversos materiales, las cuales son habitadas por los pepenadores que realizan la selección y colecta de materiales reciclables para su comercialización. Hacia el Sureste del SDF se localiza otro conjunto menor de viviendas, éstas se encuentran por arriba del nivel de desplante del talud del montículo de residuos sólidos y a una distancia que varía de 50 a 100 metros.

En la zona del extremo Oeste del montículo de residuos y prácticamente sobre el caudal del arroyo que conduce los lixiviados provenientes de la primera laguna, se localiza otro conjunto de viviendas de construcción precaria.

4.10. Sensibilidad del Ambiente.

4.10.1. Afectación del Área Natural Protegida.

El SDF del M. de T., se ha ido extendiendo dentro de terrenos del Parque Estatal Sierra de Guadalupe.

De acuerdo con información proporcionada en el Ayuntamiento y por habitantes de las colonias vecinas al SDF, éste funciona como tal desde hace aproximadamente 20 años.

Del análisis de fotografías aéreas de los vuelos de los años 1982, 1991 y 1999, se concluye lo siguiente:

Para el año de 1982, el SDF ocupaba una superficie de 1.5 hectáreas; para 1991, ocupaba ya cuatro hectáreas y para 1999, seis hectáreas.

A la fecha, el SDF ocupa una superficie dentro del Parque Estatal Sierra de Guadalupe, de 9.6 hectáreas.

4.10.2. Área de Recarga del Acuífero.

La Sierra de Guadalupe se comporta como una zona de recarga evidente del sistema acuífero.

4.10.3. Cercanía de Áreas Desarrolladas y Habitadas.

La estratégica ubicación del municipio respecto a la Ciudad de México, ha generado un importante auge económico a su interior, adquiriendo con esto grandes responsabilidades respecto al desarrollo nacional; sin embargo, el acelerado crecimiento urbano ha originado escenarios contradictorios que engloban una planta productiva generadora de riqueza en contradicción con una cotidiana convivencia de una lacerante panorama de rezago social y pobreza extrema.

El constante crecimiento del área urbana ha comenzado a invadir terrenos más cercanos al SDF con asentamientos irregulares, que de consolidarse significaran una alta probabilidad de ocupación de predios situados por arriba de la cota 2,350 m.s.n.m.

La estrategia del municipio ha sido la de considerar estos terrenos como amortiguadores del crecimiento del área urbana en el Sur del municipio, por lo que se estima que su vocación principal es el de uso habitacional de baja densidad, mezclado con comercio y servicios de cobertura local y usos que impliquen alta ocupación de terreno y baja intensidad de construcción en predios sin acceso a su parte posterior, edificando así un "muro de contención urbano", con propietarios individuales para quienes la ocupación de predios en la parte posterior de los predios implique disminución en la plusvalía de sus propiedades.

Sin embargo, esta estrategia no ha sido efectiva, ya que se observa que para el año de 1982, la mancha urbana se localizaba a 1,040 metros de los límites con el SDF; en esa época, ya existían algunos asentamientos irregulares sin servicios en la zona noroeste y suroeste del SDF.

Para 1991, el límite de la mancha urbana se localizaba a sólo 500 metros del SDF, ya para esa fecha se observa un mayor número de asentamientos irregulares alrededor del SDF. En ese año los asentamientos empezaron a invadir la zona escarpada de la Sierra de Guadalupe.

Actualmente, la mancha urbana se localiza a 200 metros de los límites del SDF.

De continuar con estas tendencias de crecimiento de los asentamientos durante este año o el próximo, la mancha urbana colindará con el SDF de RSM.

4.10.4. Actividades Agrícolas en Inmediata Cercanía.

El SDF del M. de T., colinda al Sur con una pequeña área agrícola y ganadera inmersa en la Sierra de Guadalupe. La explotación de la agricultura y la ganadería es una práctica que cae cada vez más en desuso en el M. de T., debido a la gran demanda de espacios habitacionales, industriales y de servicios. Por lo anterior la agricultura...

4.10.5. Permeabilidad del Subsuelo.

Una de las principales afectaciones que la infiltración de los lixiviados pueden generar la contaminación de los mantos acuíferos. Los lixiviados como producto del paso del agua de lluvia por el estrato de residuos y de la degradación de la materia orgánica, no sólo poseen una elevada carga orgánica, sino que también presentan altas concentraciones de metales pesados y bacterias coniformes. Se identifica esto como un impacto potencial adverso significativo.

En el SDF del M. de T. se estima que de acuerdo a la permeabilidad del suelo, el lixiviado ha alcanzado una profundidad máxima de 10.5 metros en la capa estratigráfica del material predominante piroclástico (ceniza volcánica), de textura arcillosa limosa. Sin embargo, una vez que rebase el lixiviado dicha capa y alcance la segunda, conformada por material piroclástico de textura variable, desde arcilla hasta arena, con fragmentos

esporádicos de roca andesítica y en consecuencia de permeabilidad mayor, se acelera el proceso de precolación de lixiviados.

Se concluye que los lixiviados que se han infiltrado al suelo no se han incorporado al acuífero, el cual de acuerdo a la Geohidrología de la zona en que se ubica el SDF, se localiza a una profundidad de 120 metros.

4.10.6. Efectos por Polvo y Partículas Suspendidas.

La atmósfera contiene una gran cantidad de partículas viables, dichas partículas pueden ser sólidas y de diversa composición; en ocasiones pueden llevar asociadas una amplia diversidad de microorganismos capaces de producir alergias o enfermedades en las plantas, animales o en el hombre. Una de las grandes problemáticas que conlleva el manejo de los RSM es la cantidad de microorganismos que contienen y que se pueden dispersar por un inadecuado manejo. En el SDF se produce la descomposición de los RSM, representando un foco de proliferación de partículas suspendidas y viables, impactando negativamente la calidad del aire de la zona.

Existen hongos microscópicos, tales como deuteromicetos, zigomicetos, ficomicetos. Dentro de las especies reportadas como patógenas para el hombre se hallan: *Penicillium canadiense*, *Asperillus fumigatus*, *A. flavus*, *A. candidus* y *Haplographium chlorocephalum*. Asimismo, se considera que hay altos niveles de bacterias y que son característicos de lugares donde se manejan residuos domésticos, debido principalmente al estado en descomposición de los mismos.

Por último, otra manera en la que se verá afectada la calidad del aire será debido a la generación de biogás (principalmente metano y bióxido de carbono), producto de la descomposición de la materia orgánica. Es un impacto adverso significativo, durante toda la fase de descomposición de los residuos, por su importancia, en el inciso siguiente se describen estas emisiones gaseosas.

4.11. Contaminación Visible.

4.11.1. Lixiviados.

Con el objeto de conocer las características de los líquidos percolados contaminantes que se generaban en el SDF del M. de T., en el año de 1991 se desarrolló un programa de monitoreo, el cual consistió en toma de muestras y análisis de los lixiviados, los resultados obtenidos se muestran a continuación.

Muestra No. 1

<u>PARÁMETROS</u>	<u>UNIDADES</u>	<u>VALOR</u>
Conductividad eléctrica	Mmhos/cm	2.56 X 10 ⁴
pH	Unidades	8.30
D.Q.O. total	Mg/l	6,480.00
D.Q.O. soluble	Mg/l	6,054.00
Coliformes totales	Col/100 ml	2.00 X 10 ⁴

Muestra No. 2

<u>PARÁMETROS</u>	<u>UNIDADES</u>	<u>VALOR</u>
Conductividad eléctrica	Mmhos/cm	3,451.80
pH	Unidades	7.40
D.Q.O. total	Mg/l	463.54
D.Q.O. soluble	Mg/l	373.40
Coliformes totales	Col/100 ml	1,700.00

De los resultados obtenidos de la composición de los líquidos percolados contaminantes generados en el SDF del M. de T., se concluyó que por su alto potencial contaminante ponen en riesgo al medio ambiente y la salud humana.

Cuando los RSM son dispuestos con residuos industriales, como es el caso del SDF, la composición de los líquidos percolados contendrá una gran variedad de químicos.

Durante la ejecución del estudio desarrollado a fines del año 2000 en el SDF del municipio de Tultitlán, se observó que sobre el perímetro exterior inferior al talud paralelo a la

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

rampa de acceso, existían escurrimientos intermitentes de lixiviados a través de los residuos que formaban un pequeño arroyo de lixivios, el cual después de recorrer el perímetro Norte-Oeste del montículo de residuos, vertía un caudal considerable a la laguna de mayor captación de lixivios.

El mismo efecto sucedía en el perímetro sur del SDF, solamente que el escurrimiento es mucho mayor en esta parte, ya que los lixivios escurren permanentemente con un caudal a menos seis veces superior al que escurre por el extremo opuesto. Los lixivios formaban un arroyo a través del cual escurrían hasta descargar en la segunda laguna existente, con menores dimensiones que la anteriormente citada.

La laguna de mayor capacidad que se ubica en el extremo Suroeste del SDF tiene una alcantarilla que cruza el camino de acceso, la cual funciona como un vertedor de demasías, a través de la cual se conducen los lixivios hacia el arroyo aledaño al SDF, contaminando las aguas que por él escurren.

La segunda laguna no dispone de salida alguna, por lo que funciona como una pequeña laguna de evaporación.

Con el fin de conocer los contaminantes presentes en los lixivios, durante la ejecución de este estudio, se seleccionaron dos sitios para la toma de muestras de lixivios.

Sitio 1. Localizado en la descarga de la alcantarilla que cruza el camino de acceso interior al SDF, a través de la cual descarga la laguna principal.

Sitio 2. Al centro de la segunda laguna de lixivios.

En el cuadro No.4.6 se presenta un resumen de los parámetros por ser analizados en las muestras de los lixivios que se generan en el SDF.

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

Cuadro No. 4.6. Relación de Parámetros por Analizar en Muestras de Lixiviados.

PARÁMETRO	PARÁMETROS POR ANALIZAR EN MUESTRAS DE LIXIVIADOS			
	APLICABLES A RESIDUOS SÓLIDOS	NOM-001-ECOL-1996	NOM-052-ECOL-1993	EPA
Fluoruro				X
Demanda química de oxígeno	X			
Hierro	X			
Magnesio	X			
Potasio	X			
Sodio	X			
Estroncio	X			
Calcio	X			
Sólidos disueltos totales	X			
Sólidos sedimentables	X			
Grasas y aceites		X		
Sólidos suspendidos totales		X		
Demanda bioquímica de oxígeno		X		
Nitrógeno		X		
Fósforo		X		
Arsénico		X	X	X
Cadmio		X	X	X
Cianuros		X	X	
Cobre		X		
Cromo		X		
Mercurio		X	X	X
Níquel		X	X	X
Plomo		X	X	X
Zinc		X		
Coliformes fecales		X	X	
Coliformes totales		X	X	
pH		X	X	
Hongos			X	
Levaduras			X	
Salmonellas SP			X	
Corrosividad			X	
Cromo Hexavalente			X	X
Explosividad			X	
Flash point (punto de inflamación)			X	
Plata			X	X
Bario			X	X
Selenio			X	X
Sulfuros			X	

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

Acrilonitrilo			X	
Benceno			X	X
Clorobenceno			X	
Cloroformo			X	
Cloruro de Metileno			X	
Cloruro de Vinilo			X	X
1,2- Dicloroetano			X	X
1,1- Dicloroetileno			X	X
Disulfuro de carbono			X	
Isobutanol			X	
Etil-metil-cetona			X	
1,1,2,2- Tetracloroetano			X	
1,1,1,2- Tetracloroetano			X	X
Tetracloruro de carbono			X	X
Tetracloroetileno			X	
Tolueno			X	
1,1,1- Tricloroetano			X	
1,1,2- Tricloroetano			X	
Tricloroetileno			X	X
2,4,5- TP (Silbes)			X	X
2,4-D			X	
Piridina			X	
Bis (2-cloroetil) éter			X	
Fenol			X	
1,4- Diclorobenceno			X	X
1,2-Diclorobenceno			X	
o-cresol			X	X
Hexacloroetano			X	
m-p-cresol			X	
Nitrobenceno			X	
Hexaclorobutadieno			X	X
2,4,6-Triclorofenol			X	
2,4,5- Triclorofenol			X	
2,4- Dinitrotolueno			X	
2,3,4,6- Tetraclorofenol			X	
Hexaclorobenceno			X	
Pentaclorofenol			X	
Heptacloro y su epóxico			X	
Gama-BHC (lindano)			X	X
Metoxicloro			X	X
Ciordano			X	
Toxafeno			X	X
Endrín			X	X

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

Resultados Analíticos de la Muestra de Lixiviados (laguna principal)

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
Coliformes fecales	NMP/g	<3
Coliformes totales	NMP/g	<3
Hongos	UPC/g	<10
Levaduras	UPC/g	<10
Salmonellas SP	Un.	Ausente
Cianuros	Mg/l	<0.05
Demanda bioquímica de oxígeno total	Mg/l	3670.8476
Demanda química de oxígeno total	Mg/l	7340.8
Fluoruros	Mg/l	2.2692
Fósforo	Mg/l	<0.1496
Grasas y aceites	Mg/l	5
Cromo	Mg/l	4.7
Cobre	Mg/l	0.88
Hierro	Mg/l	63
Magnesio	Mg/l	350
Potasio	Mg/l	1900
Sodio	Mg/l	2500
Estroncio	Mg/l	3.6
Zinc	Mg/l	9.6
Calcio	Mg/l	1000
Nitrógeno total Kjeldhal	Mg/l	<0.1
Sólidos disueltos totales	Mg/l	20847
Sólidos sedimentables	Mg/l	0.5
Sólidos suspendidos totales	Mg/l	2300
Corrosividad	mm/año	<0.01
Cromo Hexavalente	Mg/l	4.593334
Explosividad		NE
Flash Point (punto de inflamación)	°C	>60
Mercurio	Mg/l	<0.002
Plata	Mg/l	<0.01
Arsénico	Mg/l	0.03057
Bario	Mg/l	0.972
Cadmio	Mg/l	0.06066
Níquel	Mg/l	0.951
Plomo	Mg/l	1.35332
Selenio	Mg/l	<0.06
pH	Unidades	8.50
Cianuros	mg/Kg	<0.003
Sulfuros	mg/Kg	25.1112
Acronitrilo	Mg/l	<5
Benceno	Mg/l	<0.07
Cromo Benceno	Mg/l	<1.4
Cloroformo	Mg/l	<0.07

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

Cloruro de Metileno	Mg/l	<8.6
Cloruro de Vinilo	Mg/l	<0.05
1,2- Dicloroetano	Mg/l	NA
1,1- Dicloroetileno	Mg/l	NA
Disulfuro de Carbono	Mg/l	<14.4
Isobutanol	Mg/l	<36
Etil-metil-cetona	Mg/l	<7.2
1,1,1,2- Tetracloroetano	Mg/l	<1.3
Demanda química de oxígeno total	Mg/l	7420.1
Fluoruros	Mg/l	2.2363
Fósforo	Mg/l	<0.1469
Grasas y aceites	Mg/l	8
Cromo	Mg/l	5.5
Cobre	Mg/l	1.6
Hierro	Mg/l	210
Magnesio	Mg/l	440
Potasio	Mg/l	2300
Sodio	Mg/l	3100
Estroncio	Mg/l	5.5
Zinc	Mg/l	12
Calcio	Mg/l	290
Nitrógeno total Kjeldhal	Mg/l	<0.1
Sólidos disueltos totales	Mg/l	27629
Sólidos sedimentables	ml/l	0.5
Sólidos suspendidos totales	Mg/l	1905
Corrosividad	mm/año	<0.01
Cromo Hexavalente	Mg/l	5.066
Explosividad		NE
Flash Point (Punto de inflamación)	°C	>60
Mercurio	Mg/l	<0.002
Plata	Mg/l	<0.01
Arsénico	Mg/l	0.03051
Bario	Mg/l	2.408
Cadmio	Mg/l	0.05466
Níquel	Mg/l	1.065
Plomo	Mg/l	1.195
Selenio	Mg/l	<0.6
pH	Unidades pH	8.40
Cianuros	mg/Kg	<0.003
Sulfuros	mg/Kg	20.3018
Acrilonitrilo	Mg/l	<5
Benceno	Mg/l	<0.07
Cromo Benceno	Mg/l	<1.4
Cloroformo	Mg/l	<0.07
Cloruro de Metileno	Mg/l	<8.6
Cloruro de Vinilo	Mg/l	<0.05
1,2- Dicloroetano	Mg/l	NA

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

1,1- Dicloroetileno	Mg/l	NA
Disulfuro de Carbono	Mg/l	<14.4
Isobutanol	Mg/l	<36
Etil-metil-cetona	Mg/l	<7.2
1,1,2,2- Tetracloroetano	Mg/l	<1.3
1,1,1,2- Tetracloroetano	Mg/l	<10
Tetracloruro de Carbono	Mg/l	<0.07
Tetracloroetileno	Mg/l	NA
Tolueno	Mg/l	<14.4
1,1,1- Tricloroetano	Mg/l	<30
1,1,2- Tricloroetano	Mg/l	<12
Tricloroetileno	Mg/l	<0.07
2,4,5- TP (Silvex)	Mg/l	<0.0005
2,4-D	Mg/l	<0.0005
Pindina	Mg/l	<0.0005
Bis (2-cloroetil) éter	Mg/l	<0.00002
Fenol	Mg/l	<0.0001
1,4- Diclorobenceno	Mg/l	<0.0001
1,2- Diclorobenceno	Mg/l	<0.0001
o-cresol	Mg/l	10.28
Hexacloroetano	Mg/l	<0.0001
m-p-cresol	Mg/l	6.39
Nitrobenceno	Mg/l	<0.0001
Hexaclorobutadieno	Mg/l	<0.0001
2,4,6- Triclorofenol	Mg/l	0.0005
2,4,5- Triclorofenol	Mg/l	0.0005
2,4- Dinitrotolueno	Mg/l	0.0005
2,3,4,6- Tetraclorofeno	Mg/l	0.0005
Hexaclorobenceno	Mg/l	0.023
Pentaclorofenol	Mg/l	<0.002
Heptacloro y su epóxico	Mg/l	<0.00001
Gama-BHC (Lindano)	Mg/l	<0.0005
Metoxicloro	Mg/l	<0.0005
Clordano	Mg/l	<0.00002
Toxafeno	Mg/l	<0.0001
Endrin	Mg/l	<0.0001

Con base en la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993 y los resultados obtenidos del análisis de las muestras de lixiviados, éstos presentan características de peligrosidad por su toxicidad al ambiente a consecuencia del alto contenido de cromo hexavalente; la procedencia del cromo hexavalente se desconoce.

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

Estos resultados que fueron obtenidos en diciembre del 2000, son preocupantes, ya que la laguna de lixiviados principal, vierte a través de una alcantarilla los lixiviados al cauce de un arroyo intermitente, el cual recibe también durante su recorrido descargas domiciliarias.

Los lixiviados y las aguas residuales captadas por el arroyo fluyen hacia el Norte, aproximadamente 2.8 kilómetros, en donde confluye el arroyo con otra corriente que conduce un gasto considerablemente mayor de aguas residuales desalojadas de las zonas habitacionales localizadas al Sureste del municipio.

Este arroyo atraviesa por algunas terracerías por derrama, es decir, el agua se anega sobre la terracería hasta que alcanza el tirante suficiente para verter nuevamente al cauce del arroyo, por lo que los habitantes corren riesgos a su salud por contacto de los lixiviados.

Con base en los límites máximos permisibles promedio diarios establecidos por la NOM-001-ECOL-1996, se observa que los siguientes parámetros determinados de la laguna principal de lixiviados, se encuentra fuera de norma:

<u>PARÁMETRO</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>CONCENTRACIÓN</u>	<u>LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE</u>
Sólidos suspendidos totales	mg/l	2,300	200
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	3,670.85	200
Cromo	mg/l	4.70	1.5
Plomo	mg/l	1.35	1.0

Considerando la legislación estadounidense, se puede observar los parámetros que rebasan los límites máximo permisibles.

<u>PARÁMETRO</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>CONCENTRACIÓN</u>		<u>LÍMITE</u>
		<u>LAGUNA PRINCIPAL</u>	<u>LAGUNA SECUNDARIA</u>	
Bario	mg/l	0.972	2.408	1.0
Cadmio	mg/l	0.06066	0.05466	0.01
Cromo Hexavalente	mg/l	4.593334	5.066	0.05
Plomo	mg/l	1.35332	1.195	0.05

Para describir de manera precisa el proceso de lixiviación que se ha llevado a cabo en el SDF del M. de T., sería necesario conocer con precisión aspectos de operación del sitio, así como variables específicas de las características de los residuos sólidos depositados en el sitio. Sin embargo, estos factores se desconocen.

Con base en lo anterior, se considera como única fuente de agua para la conformación de lixiviados la lámina de agua pluvial precipitada al año, la cual, según información de la estación climatológica más cercana (estación Guadalupe Tultitlán), asciende a 696.47 milímetros por año.

Actualmente, la situación no ha cambiado en el SDF del M. de T., continúan las lagunas de lixiviado y parte de éste sigue escurriendo por el arroyo, creando condiciones insalubres y potencialmente de riesgo a la salud de los habitantes de las colonias Ampliación Sierra de Guadalupe, Sierra de Guadalupe, Ampliación Lomas Verdes, Solidaridad y Ampliación Las Torres.

La contaminación del suelo y acuífero por estos lixiviados peligrosos es uno de los aspectos, desde el punto de vista ambiental, más importante para justificar la clausura y saneamiento del SDF del M. de T.

De seguir el SDF en las mismas condiciones, se seguirían generando lixiviados, los que saturarán la capa semipermeable que hasta ahora ha contenido su migración hacia las capas de mayor permeabilidad, y en el corto plazo, los lixiviados contaminarán al acuífero de la zona, afectando de esta manera, la salud de la población.

4.11.2. Daños a la Vegetación.

Las alteraciones que ocasionó el establecimiento del SDF sobre las condiciones naturales, consistió en la eliminación de la cubierta vegetal para dar paso a la infraestructura propia del SDF y cambio de la composición de especies de flora. También la flora se vio afectada por el tráfico constante de vehículos pesados y por la generación de polvos y partículas suspendidas.

Con base en la NOM-059-ECOL.1994, se establece que dentro del predio y su zona cercana no presenta poblaciones bióticas silvestres catalogadas dentro de dicha norma oficial.

4.11.3. Afectación a la Fauna.

Con respecto a la fauna silvestre, se considera que el SDF impactó negativamente a la fauna del sitio, las cuales tuvieron que emigrar hacia las partes altas de la Sierra de Guadalupe. A pesar de ello, las numerosas especies observadas en el área aledaña, principalmente pequeños vertebrados, son un indicador de que esas especies toleran actividades humanas sin alterar sus hábitos. Los impactos que se han ocasionado por el ruido de la maquinaria, la presencia de trabajadores y el tránsito de vehículos provocaron el desplazamiento temporal y la posible expulsión de especies no tolerantes a la presencia del ruido hacia áreas aledañas, donde se encuentren condiciones más propicias.

Los diferentes grupos de vertebrados terrestres se han visto afectados de distintas formas por las actividades del SDF. El impacto en orden creciente de importancia, ha sido menor en las aves por su gran facilidad de desplazamiento, luego sobre los reptiles y anfibios de más lento y corto desplazamiento aunado a sus hábitos secretivos (ocultamiento).

4.11.4. Decoloración del Suelo.

El suelo ha sufrido decoloración de la actividad que ahí se desarrolla. Además se observa que desde el camino exterior que conduce al SDF hasta el frente de trabajo del mismo, se ha empleado escoria de fundición como material para el mejoramiento de los caminos.

4.11.5. Generación de Malos Olores.

El mal olor se debe a los compuestos de bajo peso molecular, muy volátiles, tales como: metilmercaptanos, metilsulfurosos. Durante todo el tiempo que ha funcionado como SDF a cielo abierto, se han generado malos olores por el constante movimiento de los residuos, acumulación y degradación de la materia orgánica y la generación de lixiviados dentro del SDF. Además, la intensidad del olor se incrementa en la época de secas.

-/

La generación de malos olores ocasionado por el ingreso y la descarga de los residuos, son impactos adversos significativos y sus afectaciones se limitan a la zona del proyecto, especialmente para el personal que labora dentro de las instalaciones.

4.12. Riesgos Palpables.

4.12.1. Lixiviados Peligrosos.

Con base en la NOM-052-ECOL-1993, los lixiviados que se generan en el SDF del Municipio de Tultitlán, presentan características de peligrosidad por su toxicidad al ambiente, como se puede observar en las tablas que se enlistaron.

4.12.2. Emisiones Gaseosas.

a) Biogás

Aspecto importante del estudio elaborado por el Departamento del Distrito Federal en el año de 1991, fue lo siguiente:

A fin de detectar las zonas del SDF de los RSM en donde se presentaban emanaciones de biogás, se procedió a efectuar una serie de mediciones de explosividad, toxicidad y deficiencia del oxígeno.

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

De las observaciones en campo, se concluyó que las migraciones más importantes de biogás en el sitio se presentaron en los taludes, en donde se detectó que existían los flujos más importantes. Esto se debió a que en los taludes se alcanzan los menores grados de compactación de los RSM.

Por otro lado, es posible establecer que la generación del biogás no había alcanzado su flujo normal debido a que los RSM habían permanecido descubiertos por tiempo indefinido, por lo que seguramente se habían establecido gradientes y líneas migratorias de tipo irregular. Al encontrarse sin cubierta los residuos sólidos, la digestión anaerobia se presentaba únicamente en los estratos más profundos de la masa del SDF, lo que hacía poco probable la detección del biogás a nivel superficial.

Además, se hizo evidente la existencia de grietas en el material con el que se cubrieron parte de los residuos anteriormente. Estas fallas se debieron a la inadecuada compactación de los RSM dispuestos, lo que provocó asentamientos diferenciales anormales e inestabilidad de los taludes; también a través de estas grietas el biogás salió hacia la atmósfera.

Los resultados de los parámetros más importantes en la composición de los gases producto de la descomposición de los RSM, se muestran a continuación:

<u>NO. DE MUESTREO</u>	<u>Parámetros (% en volumen)</u>			
	<u>OXIGENO</u>	<u>NITRÓGENO</u>	<u>METANO</u>	<u>BIÓXIDO DE CARBONO</u>
Muestreo No. 1	17.28	64.12	10.44	8.16
Muestreo No. 2	20.40	74.72	3.23	2.01
Muestreo No. 3	21.33	78.67	N.D.	N.D.
Muestreo No. 4	21.33	78.67	N.D.	N.D.

N.D. = No detectado

Analizando los resultados anteriores, se hace evidente que el contenido de metano en las emisiones es muy variable; lo cual se debió a que existía un cierto retraso en la estabilización de los RSM, por la falta de cobertura de los mismos: además se presentó una dilución del biogás por la intrusión y circulación del aire a través de las fisuras y agrietamientos en el material de cubierta, por lo que a medida que el sitio fuera cubierto de

una manera adecuada, daría inicio la degradación anaerobia y la generación de biogás en gran escala.

Es de resaltarse el contenido de metano en las muestras Nos. 1 y 2, que fueron tomadas en las zonas centrales del SDF, la cual mostró una etapa incipiente de producción de biogás. Las otras muestras fueron tomadas en una zona que había estado descubierta por un tiempo prolongado, por lo que no se detectó biogás en ellas.

El contenido de metano encontrado corrobora que el proceso de generación de biogás se normaliza al establecerse condiciones anaerobias y que la migración de dicho biogás se presentaba en dirección a los taludes.

b) Niveles de explosividad y concentraciones de compuestos orgánicos volátiles

A finales del año 2000 se llevó a cabo un monitoreo de los gases que se desprenden del montículo de residuos sólidos en el SDF del M. de T., primeramente se trazó una retícula en cuyos vértices se realizaron posteriormente las mediciones de niveles de explosividad y concentraciones de compuestos orgánicos volátiles.

Durante el monitoreo de los gases que se generan en el SDF, en ninguno de los puntos se detectaron niveles de explosividad, sin embargo en 36 de los 104 puntos de muestreo, se detectaron diferentes valores de concentración de compuestos orgánicos volátiles, en los 68 puntos restantes no se detectó concentración alguna de emisión.

También, debido al constante ingreso de los vehículos recolectores al SDF, las filas de espera para iniciar la descarga de los residuos, son actividades que impactan negativamente la calidad del aire en la zona de proyecto, debido a la emisión de humos y gases de combustión y de partículas de origen terrígeno; dentro de los que se encuentran monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOX_x), hidrocarburos (HC) y óxidos de azufre SO₂.

4.12.3. Contaminación del Suelo.

Las características físicas, químicas y biológicas del suelo en la zona del proyecto se han visto alteradas por las actividades de disposición de residuos sólidos durante 22 años, así como por la construcción de caminos de acceso. Este impacto se considera adverso significativo debido a que se eliminó la capa de suelo existente y se modificaron las condiciones originales del sitio.

Por lo que respecta a la topografía de la zona, ésta se ha alterado por la acumulación misma de los RSM.

Durante la etapa de operación del SDF, el uso de suelo se ha afectado no sólo por la presencia misma del SDF, sino por los problemas de generación de contaminantes que pueden migrar hacia sueldos aledaños (lixiviados), ya que no se ha tenido un control estricto sobre estos.

4.13. Riesgos de Contaminación Elevada.

4.13.1. Áreas externas.

El SDF ocupa una superficie de 9.6 hectáreas, de las cuales 6.5 se encuentran totalmente contaminadas:-

4.13.2. Puntos de Contaminación muy Intensa.

Toda la superficie que ocupa el SDF.

4.13.3. Indicaciones de Contaminación de Investigaciones Anteriores.

En el apartado de historia de operación del SDF se hace mención de los estudios que se han llevado a cabo en el sitio, los cuales nos demuestran que en el SDF se genera una

gran cantidad de lixiviados peligrosos, y la alteración que ha sufrido el ambiente por la actividad que ahí se desarrolla.

4.14. Otros Riesgos.

4.14.1. Residuos Peligrosos Dispuestos en el SDF.

En octubre de 1998, la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), realizó el estudio denominado “Inventario de sitios abandonados con residuos peligrosos en el Estado de México, 1ª Etapa, con el fin de identificar predios en los que han sido dispuestos en forma incontrolada residuos peligrosos. Como resultado de la ejecución de ese estudio, se determinó que en el SDF del M. de T., han ingreso residuos peligrosos de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993, en la que se establecen las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

Con base en lo anterior, la Subprocuraduría de Auditoría Ambiental, dependiente de la PROFEPA, encomendó a la empresa ISOLAB, S.A. de C.V., la ejecución del estudio denominado “Caracterización del sitio contaminado con residuos peligrosos Relleno Sanitario de Tutitlán, en el Estado de México”.

A continuación se presentan resultados del citado estudio: -

En marzo de 1999, habitantes de la zona aledaña se manifestaron mediante denuncias ante el H. Ayuntamiento de Tutitlán, por un olor intenso a amoníaco procedente del camino al SDF.

El producto se encontraba con material que se utilizó para conformar el camino de acceso al SDF, en un tramo de 250 metros y un espesor de 40 centímetros, resultando intoxicada una persona de 22 años de edad. Como medida de prevención, el día 26 de marzo de 1999, se evacuaron 200 personas de 40 domicilios próximos al lugar. El área afectada fue cubierta con cal y arena.

El 15 de abril de 1999, el material fue desenterrado y colocado en 114 tambos de 200 litros; la empresa que los había depositado fue Estaños y sus Derivados, S.A. de C.V. El residuo depositado eran escorias de fundición de chatarra de aluminio.

Desde hace tres años aproximadamente, la escoria de fundición de plomo es utilizada como material para mejorar las condiciones de los caminos interiores del SDF. Dichos residuos provienen de la empresa Siderúrgica Tultitlán, S.A. de C.V.

En el SDF del municipio de Tultitlán son dispuestos residuos de origen industrial. Con base en el análisis CRETIB de los residuos industriales identificados como probablemente peligrosos, se concluye que la mezcla de escoria de fundición de aluminio con tepetate que se encuentra al Sur del montículo de residuos, envasada en parte en tambos de 200 litros, cubiertos con tierra, es un residuo peligroso por presentar características tóxicas por el contenido de plomo.

Además de la escoria de fundición de aluminio, en el SDF son dispuestos otros residuos peligrosos, consistentes en natas y pintura; recipientes que contuvieron pinturas, estopas, trapos saturados de tintas y solventes.

Como resultado del estudio geoelectrico realizado en el SDF, se identificó la presencia de materiales con resistividades diferentes a las identificadas como típicas de los RSM. Por los valores registrados de resistividad en los espacios ocupados por los cuerpos identificados, se cree que éstos puedan ser tambos metálicos que se emplearon para el almacenamiento de residuos industriales, sin embargo, se desconoce qué tipo de residuos se encuentran enterrados dentro del montículo de residuos.

4.15. Afectación a la Población.

4.15.1. Cambio de Uso del Suelo.

El SDF se ubica dentro del Parque Ecológico Sierra de Guadalupe. De acuerdo a lo establecido en el Programa de Manejo del Parque Estatal "Sierra de Guadalupe", publicado

en la Gaceta del Gobierno el día 9 de febrero de 1999, esta Sierra ocupa una superficie de 5,307.75 hectáreas. Las cuales están totalmente restringidas al desarrollo urbano, así como también a la disposición final de residuos sólidos.

4.15.2. Calidad de Vida.

Es importante recalcar el hecho de que una gran mayoría de los pobladores de la zona circundante al SDF se dedican a la comercialización de residuos sólidos o a la recolección de éstos, motivo por el cual ven con beneplácito la ubicación del SDF de RSM.

Con respecto a la afluencia en la zona de vehículos de recolección de residuos, no presentaron ninguna queja al respecto, argumentando que no les afecta en sus actividades diarias.

Tal vez debido a que no están bien informados sobre los riesgos a la salud y al ambiente por la inadecuada disposición de residuos en este sitio, y a que están acostumbrados a la presencia de polvos, debido a que las calles que conducen hacia el SDF no están pavimentadas, durante las entrevistas se pudo constatar que no se percatan de la problemática de contaminación al que están expuestos.

Las colonias están marginadas, los servicios públicos no son los más adecuados. Las personas que habitan en estas colonias son de escasos recursos, y se puede apreciar una calidad de vida baja.

Por la ubicación del SDF, genera tráfico de vehículos recolectores constante en las principales vías de acceso al SDF, afectando a los habitantes de las colonias Libertad, Buenavista, Benito Juárez, Ampliación las Torres, Sierra de Guadalupe, Ampliación Lomas Verdes Solidaridad y Ampliación Sierra de Guadalupe.

4.15.3. Generación de Ruido.

En los SDF, las principales fuentes de generación de ruido son los tractores y demás maquinaria que trabajan con RSM, así como los mecanismos de descarga que tienen algunos vehículos recolectores.

Durante la operación del SDF, se identifica un impacto adverso en el nivel de fondo sonoro, debido principalmente al ingreso de los vehículos de transporte de residuos dentro del sitio, sin embargo, esta afectación se identifica como poco significativa, debido a que el incremento en la intensidad de los decibeles es muy puntual y de corta duración; es decir no se considera una fuente fija y un incremento constante en el nivel de ruido.

En el SDF del M. de T., se realizó una evaluación de los niveles de ruido en distintos puntos del SDF y áreas aledañas. En cada sitio se tomaron tres lecturas a fin de establecer una media, para que fuera un valor representativo de la intensidad del ruido en los sitios seleccionados. Los valores obtenidos fueron los siguientes:

<u>PUNTO DE MUESTREO</u>	<u>INTENSIDAD DEL RUIDO (DB)</u>
Acceso al sitio	80-85
Camino de acceso	93-105
Frente de trabajo (descarga)	95-105

Como puede observarse, los valores de intensidad del ruido en casi todos los puntos de medición, excepto en el acceso al sitio, rebasan el valor establecido en la norma oficial mexicana NOM-AA-47-1977, de 90 decibeles para las emisiones de ruido en lugares abiertos.

4.15.4. Afectación del Paisaje.

Por las actividades propias del SDF, se afectó la fisonomía del predio; debido al montículo de residuos sólidos, a la presencia de maquinaria, equipos y camiones pesados, a los materiales que esparce el viento y a los residuos que quedan en el suelo durante el recorrido de los vehículos de recolección hacia el SDF.

También se ha alterado negativamente el paisaje por la degradación del suelo en los alrededores del SDF, así como por las lagunas de lixiviado que se han formado y por el arroyo de transporte de los lixiviados hacia las partes bajas de la sierra. Asimismo, la zona ha alterado su paisaje por la presencia del material recuperado de los residuos sólidos y que es almacenado en los patios de las casas aledañas al SDF.

4.15.5. Vialidad.

Durante la operación del SDF, la vialidad de la zona se ha visto afectada por el tránsito de los vehículos de recolección, tanto del municipio como particulares.

Con la información plasmada anteriormente y con base en lo establecido en el Manual para la Rehabilitación, Clausura y Saneamiento de Sitios de Disposición Final a Cielo Abierto en el Estado de México, en la tabla 4.5 se realiza la evaluación del riesgo ambiental.

4.15.6. Generación de Fauna Nociva.

Durante su operación, el SDF del M. de T., se ha convertido en un foco de generación y proliferación de fauna nociva, afectando con ello las áreas circundantes. Dicho impacto se considera potencial.

Con la información anterior y con base en lo establecido en el Manual para la Rehabilitación, Clausura y Saneamiento de SDF a Cielo Abierto en el Estado de México, en la tabla No. 4.5 se presenta la evaluación del riesgo ambiental del SDF del M. de T.

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

Tabla No. 4.5. Evaluación del Riesgo Ambiental del SDF.

DESCRIPCIÓN	SI	NO	OBSERVACIONES
Sensibilidad del ambiente:			
a) Afectación área natural protegida	X		El SDF se ha ido extendiendo dentro de los terrenos del Parque Estatal Sierra de Guadalupe, afectando con ello un área natural protegida.
b) Área de recarga del acuífero	X		El Parque Estatal Sierra de Guadalupe es área de recarga del acuífero.
c) Áreas desarrolladas y habitadas en inmediata cercanía (distancia en metros)	X		La mancha urbana se encuentra localizada a escasos 200 metros del SDF.
d) Actividades agrícolas y hortícolas en inmediata cercanía	X		En la colonia Sierra de Guadalupe se llevan a cabo actividades agrícolas a aproximadamente 150 metros de distancia del SDF.
e) Elevada permeabilidad del subsuelo (indicar tipo de suelo)			Permeabilidad promedio = 1.333×10^5 Se considera como permeabilidad media, por ese motivo no se marcó con X en ninguno de los cuadros anteriores. 1ª capa estratigráfica de material predominantemente piroclástico (ceniza volcánica), de textura arcillo-limosa. 2ª capa conformada por material piroclástico de textura variable, desde arcilla hasta arena, con fragmentos esporádicos de roca andesítica en consecuencia de permeabilidad mayor.
f) Efectos por polvo y partículas suspendidas	X		Debido a que el SDF de RSM está sin control, se genera una gran cantidad de polvo y partículas suspendidas, afectando la salud de los habitantes de las colonias cercanas al SDF.
Contaminación visible:			
a) Lixiviados	X		Al suroeste del montículo de RSM, existe una laguna de aproximadamente 250 metros cuadrados y una profundidad de un metro, la cual contiene lixiviados provenientes de los residuos. Esta laguna está conectada con el cauce de un arroyo intermitente a través de una alcantarilla que atraviesa el camino de acceso interno, particularmente en el punto en el que éste converge con el montículo de los

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

			<p>residuos y de una zanja que vierte los lixiviados al cauce del arroyo mencionado, el cual corre de este a oeste y colinda con el lindero norte del SDF del M. de T.</p> <p>A escasa distancia de la laguna de lixiviados descrita y en dirección hacia el suroeste de la misma, se encuentra una segunda laguna de lixiviados de aproximadamente 80 metros cuadrados de superficie y 30 centímetros de tirante, a la cual escurren superficialmente los lixiviados que drenan a lo largo del talud sur del montículo de residuos. Esta laguna no presenta afluentes superficiales, por lo que su variación de niveles puede estar condicionada a la infiltración y evaporación del líquido contenido en ella.</p>
b) Daños a la vegetación	X		La vegetación del sitio en donde se ubica el SDF ha sido alterada en su totalidad.
c) Afectación a la fauna	X		La fauna se ha tenido que desplazar hacia partes altas de la sierra por el SDF.
d) Decoloración del suelo	X		El suelo ha sufrido decoloración. Además se observa que desde el camino exterior que conduce al SDF hasta el frente de trabajo del mismo, se ha empleado escoria de fundición como material para el mejoramiento de los caminos.
e) Emisión de olores inusuales	X		La falta de una operación del sitio y cobertura con material impermeable, provoca que en el sitio se generen olores desagradables.
Riesgo de contenidos peligrosos que causan:			
a) Lixiviados peligrosos	X		<p>Con base en la NOM-052-ECOL-1993, los lixiviados presentan características de peligrosidad por su toxicidad al ambiente, a consecuencia del alto contenido de cromo hexavalente.</p> <p>También es importante señalar algunos otros parámetros que se encuentran fuera de norma: Demanda bioquímica de oxígeno, plomo, bario, cadmio y plomo.</p>

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

b) Emisiones gaseosas	X	Generación de biogás. También en algunos puntos se detectaron diferentes valores de concentración de compuestos orgánicos volátiles.
c) Contaminación del suelo	X	Las características físicas, químicas y biológicas del suelo se han visto alteradas por la disposición de RSM durante 20 años. Asimismo, como se han dispuesto todo tipo de residuos (inclusive peligrosos) en el SDF, los lixiviados han contaminado principalmente la primera capa estratigráfica del material predominantemente piroclástico (ceniza volcánica) de textura arcillo-limosa.
Riesgo de contaminación elevada:		
a) Área extensa (<1 Ha contaminada)	X	El SDF ocupa actualmente una superficie de siete hectáreas, las cuales están contaminadas en su totalidad.
b) Puntos de contaminación muy intensa	X	Toda la superficie que ocupa el SDF.
c) Indicaciones de contaminación de investigaciones anteriores	X	En el apartado de historia de operación del SDF del M. de T., se mencionan los estudios efectuados en el SDF, en donde se señala la contaminación detectada en el SDF de residuos.
Otros riesgos:		
a) Peligros potenciales	X	Principalmente por la disposición clandestina de residuos peligrosos, generando lixiviados peligrosos.
b) Cantidad y calidad desconocida de materiales peligrosos	X	Durante la vida útil del SDF de Tultitlán han ingresado residuos peligrosos.
Afectación a la población por la operación del SDF:		
a) Cambio de uso del suelo	X	De acuerdo con el decreto de creación del Parque Estatal Sierra de Guadalupe y al Proyecto Sierra de Guadalupe, está restringido dentro del parque estatal el desarrollo urbano, así como el que se lleven actividades que deterioren el ambiente. En este caso, el SDF ha afectado la zona.
b) Calidad de vida	X	La calidad de vida de la población que habita en las colonias vecinas al SDF es baja, debido a las condiciones de marginación de la zona y por la actividad que se lleva a cabo en el

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

			SDF.
c) Generación de ruido	X		Dentro del terreno que ocupa el SDF se rebasan los niveles de ruido establecidos en la normatividad ambiental.
d) Afectación del paisaje	X		La operación del SDF ha afectado el paisaje en la zona.
e) Afectación de la vialidad	X		Por la presencia de los vehículos de recolección de residuos que circula por la zona.
f) Generación de fauna nociva	X		La mala operación del SDF ha provocado la generación de fauna nociva, misma que se va hacia las colonias vecinas.

4.16. Medidas de Prevención y Mitigación.

A continuación se describen las medidas que se considera deben observarse durante el saneamiento, clausura y mantenimiento del SDF, a fin de minimizar o prevenir los efectos que podrían presentarse, como consecuencia de las actividades que se pretende desarrollar con el proyecto.

Algunas de las medidas incluidas en este apartado, corresponden a acciones o actividades consideradas para su desarrollo dentro del diseño del proyecto de clausura, otras son de carácter general y específicas.

La primera de las medidas y la más importante de ellas es la de:

- **Clausurar definitivamente el SDF de RSM, procediendo a la realización de un saneamiento y rehabilitando el área como una zona verde, para que se reintegren las hectáreas que han sido afectadas con la operación del tiradero al parque estatal “Sierra de Guadalupe”.**

Otra de las medidas prioritarias y que para su realización deberán colaborar estrechamente autoridades estatales y municipales para lograrla es la siguiente:

- **Realizar los estudios y gestiones necesarias para la implantación de un relleno sanitario regional que bien pudiera dar servicio a varios municipios conturbados, perfectamente equipado, con una correcta operación y con sistemas de monitoreo ambiental.**

Esta medida se establece como prioritaria, ya que de no cumplirse, se corre el riesgo de que surjan en el municipio de Tultitlán tiraderos clandestinos o la creación de un tiradero municipal cerca del actual tiradero, afectando al ambiente y a la población, o que una vez saneado el actual tiradero depositen residuos en él, por no contar con otro SDF.

4.16.1. Medidas Preventivas y Correctivas.

4.16.1.1 Clausura y Saneamiento.

a) Levantamiento topográfico.

Se habrán de conocer los perfiles del terreno natural y de los residuos sólidos ahí dispuestos, para calcular los volúmenes a mover durante los trabajos de nivelación. A través de este estudio se definirán los criterios de diseño de la superficie final.

b) Estudios Geofísicos y Geohidrológicos.

Estos estudios proveerán las características del subsuelo y la profundidad de las aguas subterráneas, con el objeto de que posteriormente se puedan aplicar modelos de simulación del movimiento de los contaminantes líquidos que se percolen al subsuelo.

c) Mecánica de Suelos.

Este estudio proporcionará las características físicas del suelo donde está desplantado el SDF.

d) Localización y Caracterización del Material de Cubierta.

Es necesario ubicar los posibles bancos de extracción del material que será utilizado como cubierta final en los trabajos de clausura, además de caracterizarlo a fin de evaluar su eficacia como cobertura.

e) Ingeniería de Detalle.

En este rubro se considera el diseño en detalle de las obras de clausura y saneamiento del SDF, como los desvíos de aguas de escurrimiento, taludes, cercado perimetral, instalaciones de vigilancia y el movimiento de tierras y residuos sólidos, entre otras.

f) Programa de Obra.

Se programarán las actividades a realizarse para la clausura y el saneamiento del SDF.

4.16.1.2. Medidas Durante la Clausura.

a) Campañas de información a la población.

A fin de lograr la comprensión y el apoyo de la población hacia las actividades de clausura y saneamiento, se deberá implementar una campaña de sensibilización e información dirigida a los habitantes de la zona y del municipio.

b) Colocación de cerca perimetral e instalaciones de protección y vigilancia.

Para evitar la interferencia en las actividades de clausura y saneamiento y la posible invasión del predio, se colocará una cerca en el perímetro, así como también una caseta de vigilancia, para evitar el acceso de vehículos de recolección de RSM.

c) Acomodo, compactación y nivelación de RSM.

De acuerdo con lo establecido en el proyecto de clausura y saneamiento, se realizará el movimiento de tierras y RSM necesarios para lograr la nivelación del terreno en su conformación final.

d) Implementación de campañas de control de fauna nociva.

Se deberá llevar a cabo la fumigación y desratización del sitio y sus alrededores, además de una campaña de control de caninos en la zona.

Desafortunadamente, cualquier que sea el método de manejar residuos, siempre lleva implícito el riesgo de convertirse en un foco de infección y proliferación de fauna nociva.

En términos generales a través de la cobertura diaria de los RSM, se previenen eficazmente los problemas asociados con vectores, sin embargo es necesario tomar en cuenta que el sitio ha operado como tiradero a cielo abierto. Dentro de los principales problemas que ocasiona la fauna nociva se encuentran:

- Transportan organismos patógenos.
- Causan pérdidas económicas por la afectación de materiales y construcciones.
- Afectan la estética y funcionamiento del sitio.

Entre los principales animales que atrae un tiradero, se encuentran los roedores, moscas, cucarachas, hormigas y perros.

Una vez que se tiene establecida la magnitud de la presencia de roedores en el sitio, se procede a llevar a cabo su control. Los métodos generales de control son: envenenamiento, trampas, reducir las superficies con residuos descubiertas, uso de enemigos naturales, etc.

La limpieza es esencial para eliminar sitios de desarrollo de moscas. Los materiales en donde las moscas se pueden criar deben ser eliminados. Las medidas de control

mecánico como trampas eléctricas o mallas, ayudan a eliminar o previenen que las moscas y mosquitos se introduzcan a locales, oficinas y bodegas.

d.1) Roedores

Los roedores en ocasiones son transportados entre los RSM por los vehículos. Cuando los residuos son descargados, los roedores buscan escondite dentro de los materiales depositados y la mayoría de las veces, quedan sepultados cuando se realiza la cobertura.

Es poco frecuente que las ratas escapen buscando protección en algún otro lado, pero si se presenta la proliferación de aquéllas, deberá implementarse un programa de exterminio.

El programa de desratización terminará cuando se observe que las camadas ya no ha sido comidas por los roedores. Se han desarrollado diferentes venenos y métodos para su aplicación en el SDF, pero de cualquier manera la acción más eficiente para evitar este tipo de plaga es la cobertura diaria de los residuos sólidos.

d.2) Insectos

La proliferación de moscas es especialmente problemática en el verano, por lo que es necesaria la aplicación de insecticidas diariamente:

La colocación constante del material de cubierta durante la clausura y saneamiento, contribuye notablemente al control de las moscas.

Para el empleo de cualquier tipo de insecticida es recomendable contar con la asesoría de los especialistas de la Secretaría de Salud para su aprobación, de acuerdo a las normas existentes en este rubro.

4.16.1.3. Protección de la Fauna Identificada en la Zona de Estudio.

Se deberá dar instrucciones al personal que labore en las actividades de saneamiento y clausura del SDF, para evitar que molesten, maltraten, maten o perturben a la fauna silvestre que se encuentre en el predio durante los trabajos.

Durante el control químico de fauna nociva en el SDF, éste se debe llevar bajo un estricto control, no debe efectuarse de manera indiscriminada, para evitar la muerte incidental de especies de fauna silvestre.

4.16.1.4. Construcción de Pozos de Extracción de Biogás.

En función de la ubicación y del diseño, determinados en el proyecto, se deberán construir e instrumentar pozos para la extracción de los gases producto de la descomposición de los RSM, incluyendo su protección y válvulas.

4.16.1.5. Construcción del Sistema de Captación y Conducción de Lixiviados.

A partir del diseño del proyecto, se deberá construir el sistema para captar y conducir los líquidos percolados contaminantes y minimizar los efectos sobre el entorno.

4.16.2. Control de Lixiviados.

4.16.2.1. Cubierta final e Intermedia.

El objetivo de la cubierta final de un SDF es la minimización de la entrada de agua a los estratos de RSM. Para lograr esto, la cubierta deberá configurarse con base en los siguientes puntos:

Espesor: La cubierta final debe tener un espesor ya compactada, de al menos 0.50 metros.

Compactación: El grado de compactación define, en parte la permeabilidad de la cubierta. Se recomienda alcanzar un 90% de compactación con referencia a la prueba PROCTOR.

Permeabilidad y capacidad de almacenamiento de agua: La permeabilidad del material de cubierta está definida por el tamaño de partícula. En general, es recomendable emplear arcillas coloidales, las cuales tienen valores de permeabilidad tan bajos, como 10^{-7} cm/seg.

La capacidad de almacenamiento de agua por el material de cubierta tiene un efecto determinado sobre la cantidad de agua que se infiltra hacia los residuos. En primer término, retiene al agua de lluvia durante el tiempo suficiente para que los procesos de evaporación disminuyan la entrada de agua al relleno. El almacenamiento de agua se reduce con un efectivo escurrimiento por la pendiente de la cubierta final.

En segundo término, una gran capacidad de almacenamiento del material de cubierta provoca una infiltración más uniforme del agua pluvial, reduciéndose de forma significativa los picos de infiltración y en consecuencia, de generación de lixiviado.

Pendiente: Una adecuada pendiente asegura una mínima infiltración y un máximo escurrimiento de agua pluvial hacia los taludes del SDF. Los valores comunes de pendiente varían entre dos y cuatro.

Evaporación – Evapotranspiración: Este parámetro es muy importante, ya que significa la transferencia de agua (en este caso, del suelo) a la atmósfera, disminuyendo en consecuencia la cantidad de agua que pueda percolarse a través de la capa de residuos.

Debido a que la evaporación depende de muchos factores, entre ellos: temperatura, ubicación geográfica del sitio, temporada del año, humedad y velocidad del viento. El factor de evaporación (esto es, la evaporación de agua pluvial retenida por la cubierta intermedia o

por los residuos sólidos), se deberá aplicar durante todo el tiempo que transcurra después del cierre del SDF hasta antes de la aparición de una cubierta vegetal significativa.

Tratamiento de los lixiviados: La recirculación de los lixiviados a través de las capas de residuos, es una actividad que deberá continuarse aún después del cierre del SDF, dicha actividad podría ser complementada con la colocación de un tanque de evaporación.

4.16.2.2. Colocación y Compactación de la Cubierta Primaria.

Con el material de cubierta seleccionado se procederá a instalar una cubierta adecuadamente compactada en toda el área del sitio a clausurar. Esta capa de material granular debe tener un espesor de 50 centímetros y con la máxima compactación posible.

4.16.2.3. Construcción de Drenaje Perimetral.

Se deberá construir un canal perimetral para drenaje, desviando cualquier escurrimiento de agua en dirección opuesta a las instalaciones.

4.16.2.4. Control de Incendios y Polvaredas.

Durante la clausura del SDF deberá suministrarse un camión cisterna con agua en el sitio. Esta unidad deberá tener barras de rociado para el control de polvaredas.

Muchos materiales que se encuentran presentes en los RSM pueden entrar rápidamente en combustión. Cuando imprudentemente algún trabajador enciende un cigarrillo, existen riesgos de que ciertos materiales se quemen, poniendo en peligro los trabajos durante la clausura.

Como medida para prevenir lo anterior, se recomienda tener siempre en reserva un banco de material, el cual puede ser del mismo tipo que el empleado para la cobertura de

residuos o bien de otro de calidad inferior. En el caso anormal de que se suscite un incendio, los vehículos de carga deberán ser llenados con dicho material (el cual se localizará en un sitio bien definido) y lo irán depositando alrededor del área de conflagración, lo más cerca que la seguridad lo permita.

En ese momento, la maquinaria empleada en el esparcido y compactación de los residuos y el material de cubierta, se encargará de ir empujando el material hacia el centro de incendio, siempre cuidando de maniobrar dentro de los límites de seguridad que resulten convenientes.

La cantidad de vehículos de carga y de ataque al incendio, así como la del material a emplear, será función de la magnitud del incendio. La cantidad de material en reserva dependerá básicamente del tamaño máximo del área de incendio.

Debe tenerse presente que la capacitación del personal para el control de incendios es un aspecto prioritario durante la etapa de clausura. Igualmente, el personal deberá estar capacitado para tomar medidas pertinentes si el incendio es de mayores proporciones (solicitud de auxilio, evacuación de áreas, etc.).

4.16.2.5. Control de Material Arrastrado por el Viento.

Los RSM que se han depositado en el SDF del M. de T., están constituidos por una gama heterogénea de materiales. Algunos de ellos son muy livianos, por lo que son susceptibles de ser arrastrados por el viento; esto es imposible de evitar, sin embargo, se presentan algunas acciones que se pueden llevar a cabo para su control.

Una opción es la de contar con brigadas de limpieza en los turnos matutinos y vespertino, con la finalidad de recolectar todo el material que ha sido llevado por el viento en los alrededores del frente de operación de la clausura.

4.16.2.6. Construcción del Sistema de Monitoreo de Biogás.

De acuerdo a lo obtenido en los estudios de geofísica, se deberán construir pozos de monitoreo de biogás, ubicados en la periferia del sitio para observar las posibles migraciones de gases y, en su caso, tomar las medidas de control apropiadas.

4.16.2.7. Construcción del Sistema de Monitoreo de Lixiviados.

En función de los estudios de geohidrología y geofísica, se implementará un sistema de pozos de monitoreo de líquidos percolados contaminantes que detecte las posibles fugas y alteraciones ambientales, para la realización de medidas de control y mitigación convenientes.

4.16.2.8. Construcción del Sistema de Evaluación de Asentamientos.

Con el fin de conocer las variaciones volumétricas que se presentarán durante el período de degradación biológica de los RSM, se deberá construir un sistema de nivelación adecuado.

4.16.2.9. Sistema de Señalamientos.

Dentro del sitio será indispensable contar con un sistema de señalamientos, básicamente para vialidad y para seguridad e higiene, que faciliten la operación y prevengan accidentes. El sistema debe basarse, ante todo, en la simbología aceptada nacional o internacionalmente, la que incluye figuras y colores estándar.

Los señalamientos deben colocarse en lugares estratégicos perfectamente visibles, desde distancias convenientes y que no permitan lugar a dudas. Deben estar hechos de materiales resistentes al intemperismo del lugar.

Además, deben colocarse en sitios donde no obstruyan los trabajos de saneamiento y clausura. De acuerdo con su servicio, algunos tendrán soporte y serán de tipo móvil y otros fijos.

4.16.2.10. Mantenimiento Periódico de Maquinaria, Equipo y Vehículos.

El mantenimiento periódico de la maquinaria y equipo, así como de los vehículos automotores, permitirá reducir los impactos sobre la atmósfera por la producción de gases contaminantes. Por lo tanto, durante la clausura se debe llevar a cabo este programa de mantenimiento.

4.16.2.11. Mantenimiento del Camino de Acceso.

A partir del establecimiento de la cubierta de revestimiento de camino de acceso al sitio, deberán realizarse acciones de mantenimiento que permitan mantener al mismo en condiciones adecuadas para el tránsito constante de los vehículos y maquinaria que ingresen al sitio durante la clausura del mismo.

4.16.2.12. Utilización de Equipo de Seguridad.

Con el fin de disminuir el riesgo de accidentes durante las labores que se realizarán dentro del SDF, deberá asegurarse que diariamente el personal que labore en el sitio, utilice el equipo de protección que les sea proporcionado, el cual consiste en:

- Botas de casquillo.
- Botas de hule.
- Mascarillas apropiadas para cada labor que se realice.
- Guantes de carnaza.
- Chalecos de seguridad (color naranja).

4.16.2.13. Primeros Auxilios y Directorio.

El personal que labore en el SDF deberá estar capacitado en lo relativo a las normas de seguridad en el trabajo que rigen en el SDF y cuando menos, dos empleados deben estar adiestrados en la prestación de primeros auxilios.

Las instalaciones deben contar con un botiquín que contenga el material indispensable para proporcionar primeros auxilios en caso de sofocación, envenenamiento, pequeñas fracturas, cortaduras, insolación, malestar estomacal, cefaleas, dolores musculares, picaduras de insectos y otras afectaciones comunes.

El SDF deberá contar con un directorio con los teléfonos de emergencia y los principales deberán ser colocados en letreros fácilmente visibles; cuando menos se deberán incluir los teléfonos de la policía, bomberos, cruz roja, rescate, protección civil, emergencia por derrames de sustancias o residuos peligrosos y dirección de los dos hospitales o clínicas más cercanas al sitio.

4.16.2.14. Empleo de Mano de Obra.

Deberá procurarse que la mano de obra que será requerida durante el saneamiento y clausura del SDF, esté constituida por trabajadores de la localidad, a fin de que sean éstos los que se beneficien de algún modo con los empleos que creará esta actividad.

4.17. Medidas Durante la Estabilización Primaria del Sitio.

4.17.1. Programa de Monitoreo Ambiental.

Durante el período determinado para la estabilización primaria del sitio clausurado, se deberá llevar a cabo un programa de monitoreo ambiental, encaminado a conocer las características de las emisiones contaminantes al aire, agua y suelo.

En el diseño de la clausura del SDF se deberán seleccionar los lugares donde se ubicará el sistema de monitoreo, los parámetros a medir y la frecuencia de toma de muestras.

4.17.1.1. Monitoreo de Parámetros Dentro del Sitio.

a) Lixiviado

Aún cuando el balance de agua muestre que no se vaya a generar lixiviado, siempre será importante confirmar lo anterior y, en todo caso, determinar la composición del líquido percolado que eventualmente llegue a presentarse.

Asimismo, se deberán realizar los análisis de las muestras: aforo y muestreo de lixiviado (los parámetros a determinar son los especificados en las normas oficiales mexicanas).

b) Biogás

El monitoreo deberá realizarse en un número representativo de pozos de biogás y se llevará un historial completo y continuo de registros de cada pozo, para saber su comportamiento a través del tiempo y para determinar los factores que inciden en la mayor o menor generación del biogás.

Se recomienda la colocación de al menos dos puertos de muestreo de gas a diferentes profundidades en cada pozo, con el fin de conocer con mayor precisión las etapas de descomposición de los residuos en los distintos estratos de residuos existentes.

Los parámetros a determinar serán: metano, bióxido de carbono, ácido sulfhídrico, oxígeno, nitrógeno, hidrógeno y mercaptanos.

c) Residuos sólidos

Para el monitoreo de la descomposición de los RSM, se recomienda realizar las perforaciones del estrato de RSM, preferentemente en zonas intermedias de la celda y un poco retirado de algún pozo de venteo de biogás.

4.17.1.2. Monitoreo de Parámetros Fuera del SDF.

a) Biogás

Para controlar posibles migraciones del biogás a zonas aledañas al SDF y evitar que ello pueda ocasionar un problema mayor, es necesario, la instrumentación de pozos de monitoreo de biogás, de tal forma que se cuente con información oportuna del comportamiento que está teniendo el biogás generado en el SDF.

Se tomarán muestras de biogás en el radio de influencia del SDF, sobre todo hacia la zona en donde se encuentra el asentamiento humano más cercano; distancias de 250 metros se consideran adecuadas para la medición de la variación en el contenido de metano en el aire, ya que serían suficientes para la dilución del biogás en la atmósfera. La altura del muestreo deberá ser a tres metros como máximo.

En caso de que la concentración de metano resultase elevada, será conveniente complementar los análisis con la medición de ácido sulfhídrico y un mercaptano, a fin de conocer con certeza la peligrosidad del ambiente.

El proyecto de clausura establecerá la ubicación y número de pozos requeridos, de acuerdo al comportamiento del biogás, pero será indispensable su correcta construcción, ubicación y operación para que ellos cumplan con el objetivo de indicar, preventivamente, el comportamiento del biogás en la periferia del SDF.

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

4.17.2. Evaluación de Asentamientos.

De igual manera, se deberá desarrollar un programa de mediciones periódicas para conocer el comportamiento de los asentamientos en toda el área del sitio clausurado.

De acuerdo con los asentamientos diferenciales esperados, se colocarán testigos de nivel en la zona intermedia de las celdas seleccionadas y se colocarán testigos de nivel por macrocelda.

4.17.3. Mantenimiento de la Cubierta Primaria.

Debido a que, seguramente se presentarán agrietamientos en la capa de cubierta primaria, se deberá establecer la inspección periódica de la superficie y la reparación de las grietas que se detecten en ella.

4.17.4. Mantenimiento de Sistemas de Monitoreo Ambiental.

Se deberán inspeccionar las instalaciones de monitoreo, para llevar a cabo un mantenimiento periódico de ellas, a fin de que funcionen adecuadamente.

4.18. Medidas Durante la Transformación del Sitio en Áreas Verdes.

4.18.1. Limpieza de la Cubierta Primaria.

Se deberá realizar la limpieza detallada de la cubierta primaria, a fin de eliminar de ella los RSM y la vegetación silvestre que prolifere sobre ella.

4.18.2. Sellado de Grietas.

Se deberá realizar el sellado de las grietas que se presenten en la cubierta primaria, para que la superficie se encuentre en condiciones de recibir la cubierta secundaria.

4.18.3. Colocación de la Cubierta Secundaria.

Con el material apropiado, se procederá a instalar la capa de cubierta secundaria, adecuadamente compactada en toda el área del SDF.

4.18.4. Colocación de la Cubierta Impermeable.

Con el material de cubierta apropiado, se procederá a instalar una capa de cubierta impermeable, adecuadamente compactada, en toda el área del sitio. Se recomienda una capa de arcilla de permeabilidad muy baja (10^{-7}), con un espesor de 50 centímetros y una máxima compactación.

4.18.5. Colocación de la Capa Vegetal.

Se deberá realizar la colocación de la capa de tierra vegetal y la plantación de las especies vegetales propuestas. Dicha capa deberá tener un espesor de 10 a 15 centímetros para la siembra de pasto.

4.18.6. Estudio de Especies Vegetales Aptas.

Considerando la adaptabilidad de las especies vegetales a las características climatológicas de la zona, y en función de los proyectos que lleva la CGCE que administra la Sierra de Guadalupe por parte de la **Secretaría de Ecología del Estado de México**, se deberá proponer la vegetación que será plantada sobre el sitio.

4.19. Medidas Durante la Estabilización Secundaria del Sitio.

4.19.1. Programa de Monitoreo Ambiental.

Se deberá continuar con el programa de evaluación de emisiones contaminantes hacia el entorno del sitio.

Estudios referentes al biogás, indican que la composición de éste depende de la etapa de degradación de los RSM; por lo general, la tasa de generación alcanza un valor pico en los primeros dos a tres años de descomposición de la materia en un SDF clausurado, continuando en muchos casos por períodos tan prolongados como 25 años. No obstante, si la humedad es muy escasa, la degradación de los residuos sucede de forma sumamente lenta. Es por ello recomendable, que el monitoreo de biogás se continúe por un período largo de tiempo.

4.19.2. Sellado de Grietas.

Se deberá dar seguimiento a la inspección de la cubierta y al sellado de las grietas que se presenten en ella.

4.19.3. Evaluación de Asentamientos.

Periódicamente se deberán realizar mediciones topográficas para conocer los asentamientos diferenciales que se presenten en el sitio.

4.19.4. Mantenimiento de la Cubierta Vegetal.

Se deberá llevar a cabo un mantenimiento permanente de la capa vegetal mediante el riego, la poda y la fumigación de las especies vegetales.

4.20. Medidas Durante el Equipamiento del Sitio.

4.20.1. Programa de Monitoreo Ambiental.

Durante esta etapa y posteriormente a ella, se deberá continuar con el muestreo y medición de las emisiones contaminantes provenientes del sitio rehabilitado.

4.20.2. Construcción de Instalaciones.

De acuerdo al uso final a que sea destinado el sitio rehabilitado, se realizará el equipamiento del sitio.

4.21. Conclusiones.

Se puede concluir que el SDF de los RSM generados en el municipio de Tultitlán opera en condiciones no recomendables y con notorios impactos al entorno urbano y la salud pública.

La operación de este sitio resulta contaminante y con alto costo social.

Hay que prever que al momento del cierre del SDF de Tultitlán, habrá que pensar en una solución concertada para la reubicación de los pepenadores, mejorando sus condiciones actuales de vida y trabajo.

También es importante que al momento de la prohibición del ingreso de vehículos de recolección de residuos al sitio, el municipio tenga resuelto en donde va a disponer sus residuos, ya que de no ser así, se corre el riesgo de que se creen tiraderos clandestinos, o la apertura de un tiradero municipal en un sitio que no cumpla con la normatividad ambiental.

Por otro lado, la suspensión del tiro de residuos de origen industrial no peligroso, se presenta como un asunto de seriedad que habrá de resolver, debido a que se podría generar

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

la proliferación de tiraderos clandestinos de estos residuos. Además, se deberá considerar la realización de una campaña de información dirigida a los industriales de la zona, encaminada a que sean conocidos los reglamentos sobre la materia y los procedimientos para realizar un manejo adecuado de los residuos de origen industrial.

Hay que hacer especial énfasis que el SDF de Tultitlán recibió residuos de origen hospitalario e industrial, esto seguramente incrementará el potencial contaminante de las emisiones, por lo que es importante realizar todas las medidas preventivas y correctivas para evitar algún incidente.

Proyectos como el presente, son considerados altamente benéficos por la trascendencia en pro del mejoramiento del ambiente, considerando principalmente, que el tiradero a cielo abierto está operando sin ningún control ambiental, que es un foco de infección y que afecta a la salud pública.

Por este tipo de proyectos, se eleva la calidad de vida de la población, al incrementar las áreas verdes en la zona.

CAPITULO V

CLAUSURA Y SANEAMIENTO.

CAPITULO V.

5. CLAUSURA Y SANEAMIENTO.

El proyecto ejecutivo de la clausura y saneamiento del sitio de disposición final (SDF) de los residuos sólidos (RSM) del municipio de Tultitlán (M. de T.), Estado de México, es la parte fundamental del proyecto, en este capítulo se divide en tres partes, la primera en la que se presentan las acciones a realizar antes de la clausura, la segunda parte es el diseño de todas las acciones necesarias para el saneamiento del sitio y la tercera parte, donde se incluye las acciones a realizarse una vez que se ha saneado el sitio a corto y largo plazo.

5.1. Acciones Previas a la Clausura y Saneamiento.

La clausura y saneamiento del SDF de RSM se entiende como la suspensión definitiva del depósito de RSM, debido a que ha llegado al final de su vida útil o a la necesidad derivada de los riesgos ambientales que el sitio implica.

El plan de clausura y saneamiento debe ser consistente con el uso del suelo de la zona, de tal forma que el área recuperada se integre adecuadamente a los terrenos del parque de la Sierra de Guadalupe.

5.1.1. Procedimientos de Operación hasta la Clausura.

Tomando en consideración la información proporcionada por el municipio y avalada por la CGCE, el sitio siguió en operación hasta el 30 de noviembre del año 2001. Todos los cálculos realizados para este proyecto fueron basados en el ingreso de RSM hasta esa fecha. Las variaciones en el ingreso podrán variar directamente proporcional a esas variaciones y con ello, las diferencias en los niveles finales del sitio al momento de los trabajos para la clausura y saneamiento presentados en este documento.

De acuerdo a la información recopilada, el promedio diario de ingreso de RSM al sitio es de 350 toneladas, a partir de la fecha del levantamiento topográfico realizado por el (M. de

T), el SDF va a recibir 51,142 toneladas durante el período hasta el 30 de noviembre del 2001.

Es de suma importancia durante la etapa de operación hasta el 30 de noviembre que se utilice el plano topográfico, donde se muestra los niveles de la conformación final del SDF, de manera tal que los residuos que entren en el período sean depositados en forma y en los lugares principalmente de la parte Sur y Suroeste, para que en la clausura y saneamiento el movimiento de RSM se logre la conformación final estable, y sea el menor posible, con la finalidad de minimizar los costos del saneamiento.

Es altamente recomendable, que estos últimos meses de vida útil del SDF la operación sea llevada a cabo como un relleno sanitario, de esa manera, se tendrán beneficios tales como una mayor compactación de los residuos sólidos, la construcción estable del talud Oriente del sitio y la disminución de los volúmenes de material a mover en el sitio, con las acciones de saneamiento.

Por lo anterior, se debe determinar con base a los vehículos que ingresan al sitio, el frente de trabajo mínimo necesario para la operación; este frente está determinado por los histogramas de vehículos-horario y la cantidad de residuos-horario, con estos dos parámetros se establece el tiempo máximo de espera para descarga máximo permisible para cada vehículo, una vez que se cuenta con estos parámetros, se determina el frente de trabajo y el tamaño de la celda diaria.

Así, se disminuye el área de descarga y se reduce al mínimo viable y con ello, quedan otras áreas libres donde se pueden llevar acciones paralelas tendientes a optimizar los tiempos para el cierre definitivo del lugar. Quizá las dos principales acciones son los cortes y movimientos de RSM en el talud Oeste, Noroeste y Noreste, para lograr una inclinación máxima del talud 2.5:1, y la otra es llevar a cabo las acciones de cobertura final en los lugares donde ya no se colocan RSM.

Otra acción importante a realizar en este período, es sin duda, la recirculación del lixiviado que está almacenado en las lagunas naturales que se formaron. El procedimiento es simple, se determina un área en la plataforma superior del sitio, en esa área se prepara con

una retroexcavadora o mano de chango, dos zanjas de 20 metros de largo por una profundidad de 50 centímetros y un ancho del tamaño del cucharón de la mano de chango, se protegen para evitar accidentes o se hace en un lugar inaccesible para las personas que trabajan en el área.

Una vez construidas y por medio de un camión cisterna de 10 metros cúbicos de capacidad, se transporta el lixiviado de la laguna y se deposita alternativamente en las zanjas construidas, las zanjas deben estar separadas 100 metros una de la otra; esta operación se repite una vez por la mañana en cada zanja y otra en la tarde, si es que el lixiviado ya se infiltró en los RSM ahí depositados. Las zanjas deberán estar ubicadas en la parte más al Norte del SDF.

Se recomienda una mayor supervisión sobre los residuos sólidos que ingresan al sitio, para minimizar el ingreso de residuos potencialmente peligrosos al sitio, debido a que en las visitas de campo realizadas en este proyecto, se detectaron residuos que pueden ser considerados como potencialmente peligrosos, además de que en la recopilación de información sobre estudios en el sitio, la **PROFEPA** determinó que se depositaban residuos peligrosos en el lugar.

5.1.2. Sistemas de Señalización.

El sistema de señalización del sitio es fundamental, porque es donde se especifica la información que debe ser conocida por los usuarios y por los trabajadores responsables de la operación y del mantenimiento del sitio. La señalización se divide en tres grandes tipos: las informativas, las preventivas y las restrictivas.

La señalizaciones informativas están encaminadas a informar sobre el sitio, lugar de acceso, horarios de funcionamiento, lugares de estacionamiento, zona de oficinas, identificación de la infraestructura del sitio clausurado, tal como pozos de biogás, laguna de lixiviado, pozo de monitoreo.

Las señales preventivas están orientadas, como su nombre lo indica, a prevenir a los usuarios o trabajadores del sitio un punto que debe ser observado para evitar situaciones de riesgo, en este tipo de señalamientos tenemos los orientados al tráfico de vehículos, cruce de peatones, velocidades permitidas.

Finalmente, la señalización restrictiva, que prohíbe o restringe a personal autorizado la circulación en ciertas áreas, de este tipo de señalamientos destacan los siguientes: prohibición del paso a peatones o vehículos, encender fuego o fumar, no ingreso a ciertas áreas, no excavar, entre otras.

El sistema de señalamientos será colocado estratégicamente dentro y en el perímetro del sitio clausurado, para alertar a las personas a tomar precauciones si se presenta una situación riesgosa.

La señalización con letreros restrictivos es un sistema en el cual se indican acciones limitativas, que previenen accidentes al interior del sitio. Otros letreros serán de carácter informativo hacia las personas, con el objeto de inducirlas a tirar los RSM en otros lugares.

a) Señalización Exterior.

La señalización estará dirigida principalmente para servir de aviso e información sobre las actividades que se irán desarrollando. Los carteles serán los siguientes:

CARTEL No. 1. Este cartel avisará a los usuarios que el SDF será clausurado el 30 de noviembre de 2001, y que por lo tanto los RSM serán depositados en los nuevos lugares destinados para tal fin. En este cartel se hará mención a esos lugares. Las dimensiones de este cartel es de 2.44 m. X 1.22 m., y colocados a una altura de 2.5 m. como mínimo.

CARTEL No. 2. Este cartel informará sobre las labores a realizarse en el interior del sitio. Las dimensiones serán de 2.44 m. X 1.22 m. Estos carteles se ubicarán en un costado de la puerta de acceso. En las figuras Nos. 5.1 y 5.2, se presentan las dimensiones y las características de los mismos.

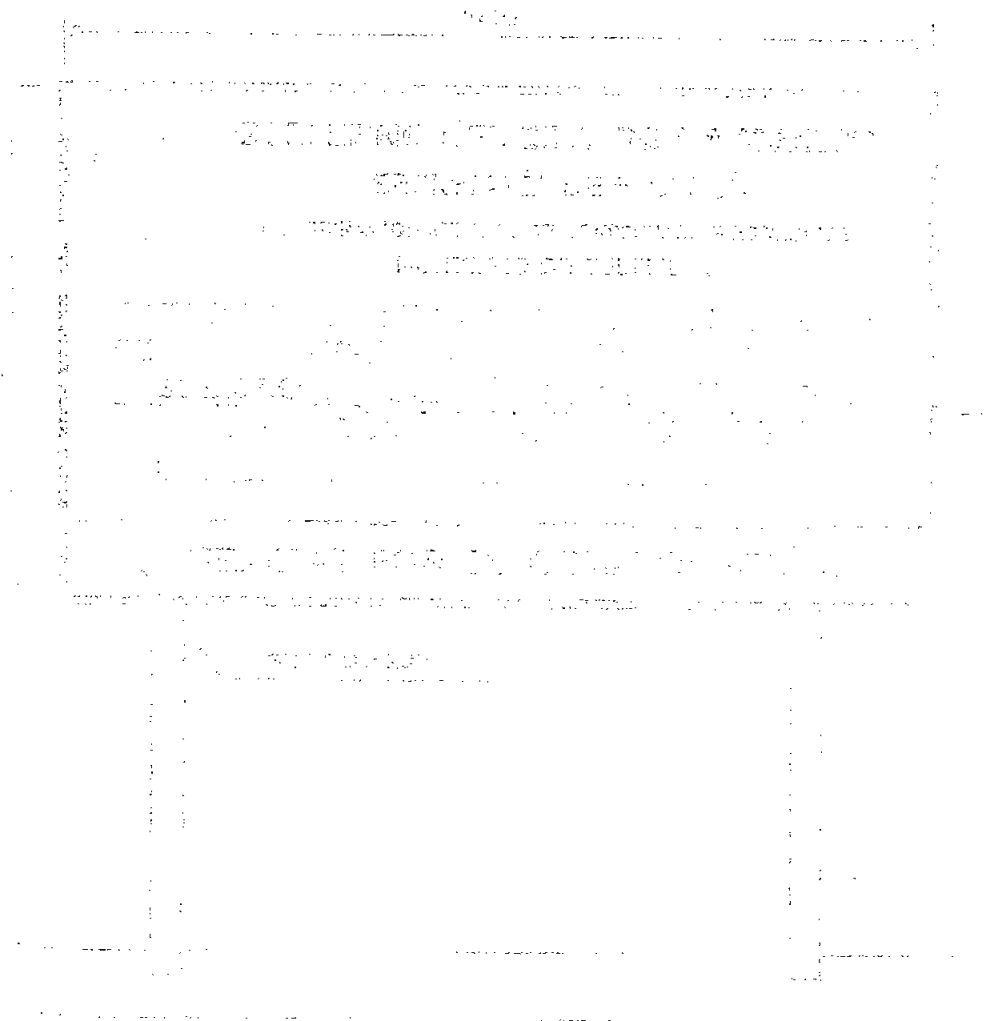


Fig. 5.1. Señalización Exterior.

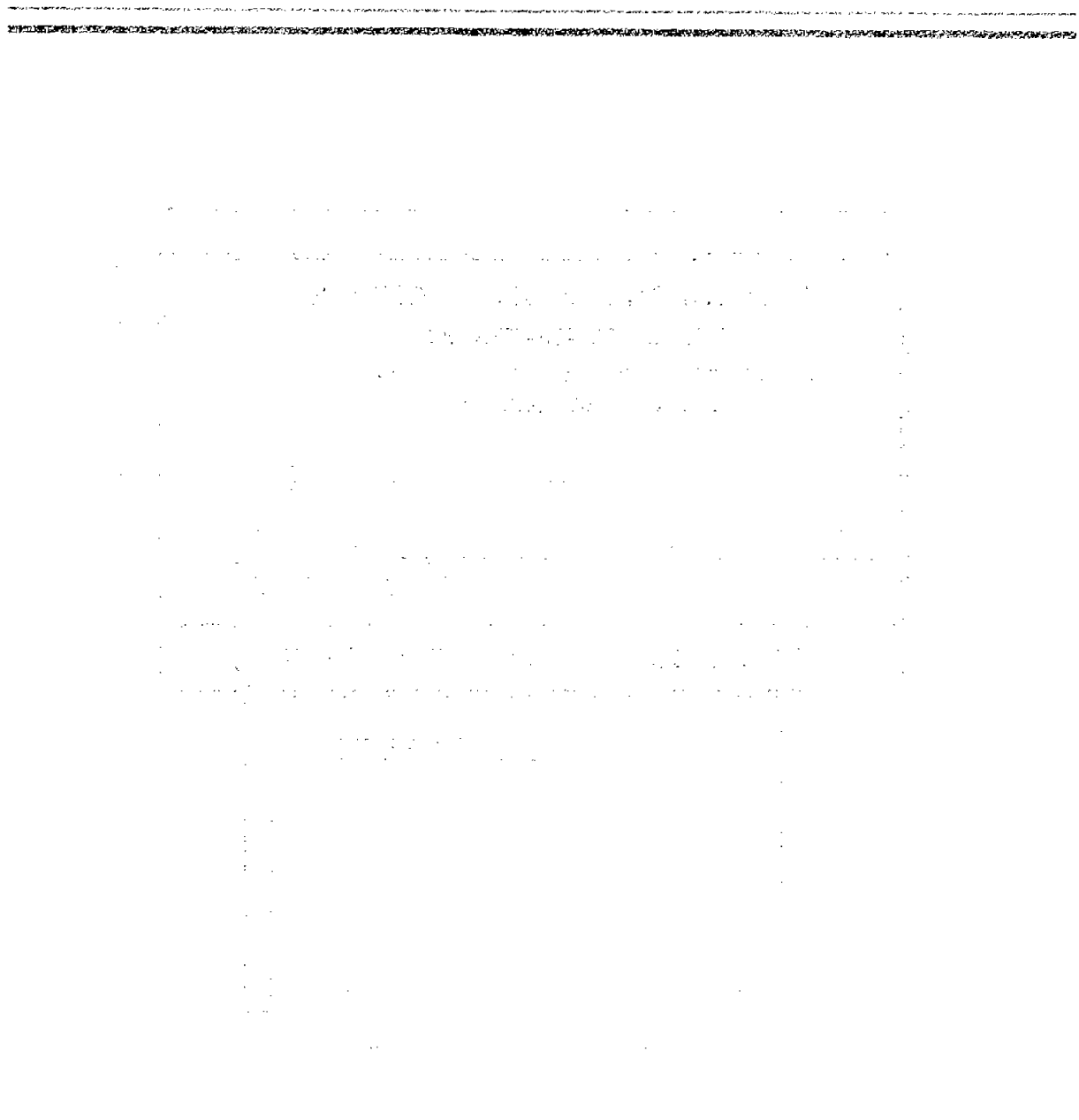


Fig. 5.2. Señalización Exterior.

b) Señalización Interior.

La señalización está dirigida principalmente a informar sobre la localización de los caminos, zona de pozos para la extracción de biogás y pozos para el monitoreo de lixiviados, puertas de entrada y salida. Las dimensiones de estos carteles son de 2.44 m. X 1.22 m. Estos carteles se ubicarán en los caminos interiores. Así como también en las zonas donde se ubiquen los pozos de biogás y lixiviados.

5.1.3. Programa y Control de Fauna Nociva.

Un SDF que presenta fallas de operación y que se ha convertido en un tiradero a cielo abierto es un buen lugar para el desarrollo y madriguera de la fauna nociva, dado que las acciones de clausura y saneamiento que se llevarán a cabo eliminan las fuentes de alimento y cobijo para la fauna nociva, se hace necesario la elaboración de un plan de control que evite o minimice la fuga de esta fauna hacia la población circunvecina y cree situaciones de riesgo para la población en general.

Para el control de fauna nociva tradicionalmente existen tres métodos que se presentan y detallan a continuación. El primero está encaminado al control de la fauna nociva mediante campañas de desratización, operativo canino, aplicación de insecticida y control de malos olores. Con estas medidas se pretende eliminar los focos de riesgo del sitio clausurado y de las zonas aledañas.

Las técnicas usadas son variadas y van desde el manejo de las condiciones físicas, lo que implica realizar cambios ambientales y modificación del hábitat, tratando de eliminar los residuos alimenticios expuestos o de fácil acceso dentro de las instalaciones, destruyendo madrigueras y sitios de refugio.

Otro método es el de control biológico, en donde participan los depredadores naturales de cada una de las especies implicadas, este método requiere una gran inversión monetaria; no es aplicable para este sitio.

El tercer método y el más utilizado son mediante el control químico, en el que se obtienen resultados rápidos y requiere menos inversión monetaria. Para este caso en particular, se recomienda el método de control físico y el método de control químico.

a) Programa de Desratización.

Mediante una previa inspección del área, se localizan las madrigueras de los roedores que presenten rasgos de actividad. En cada una de ellas se coloca uno o más cebos con el rodenticida previamente seleccionado para dicha actividad. Después de dos o tres días se hace una nueva inspección colectando los animales muertos, indicando en cada uno de ellos la talla, el sexo y el estado de desarrollo en que se encontraba cada organismo colectado.

b) Programa de Control de Insectos.

Por lo regular, se lleva a cabo un programa de aspersion de exteriores, esta técnica es utilizada para el control de artrópodos (arañas, alacranes e insectos), tanto rastrosos como voladores. Se aplica el producto químico a través de un aspersor a los sitios expuestos en la intemperie.

La aspersion de interiores es utilizada y tiene las mismas funciones que la aspersion de exteriores, con la variante que se aplica a casas-habitación.

Otra técnica es el espolvoreo y se utiliza para el control de insectos voladores dentro de una habitación. La forma de aplicación se hace a través de un círculo de cartón de 10 cm. de diámetro, humedecido con agua o leche donde se espolvorea el producto y se coloca en un sitio estratégico de la habitación.

El control de larvas se realiza mediante una inspección para detectar cuerpos de agua estancada o de materias orgánicas en proceso de descomposición. La aplicación del producto se hace de la misma manera que en la aspersion exterior.

La nebulización se utiliza para el control de insectos voladores. El mecanismo de nebulización está basado en la producción de una nube tóxica para los insectos y su aplicación puede realizarse tanto a interiores como a exteriores.

Para la inhibición de olores, es mediante la aplicación de productos químicos que ayudan a disminuir los malos olores provocados por la putrefacción de los RSM. La aplicación del producto químico se hace por medio de mochila motorizada o por hidrolavadora.

Las técnicas mencionadas se pueden agrupar de acuerdo a las necesidades o al grado de población de fauna nociva que se persiga, teniéndose la siguiente manera: desratización, inhibición de olores y desinsectación. La aspersión exterior, interior, espolvoreo, control de larvas, son formas de aplicación de los productos químicos.

La elección del producto depende del grado de poder residual, número o frecuencia de aplicación predeterminadas, daño al ambiente y concentración máxima aplicable. Esto permite conocer la frecuencia de rotación del producto, verificar la resistividad de los insectos al producto químico. En el caso de roedores es muy difícil que desarrollen resistencia, ya que la forma de acción es directamente al sistema circulatorio del animal y la única forma de evitar la muerte por envenenamiento es a partir del aprendizaje.

Los productos químicos usados son:

<u>ACTIVIDAD</u>	<u>PRODUCTOS USADOS</u>
Desratización	LANIRAT, TALLON
Aspersión exteriores	ALFADEZ, BAYGON C, BIOTHRINE
Aspersión interiores	DIACAP, BAYGON C, FICAM, BIOTHRINE
Espolvoreo	SNIP
Pintado	ALFACRON
Control de larvas	NEPOREX
Nebulización	BAYGON N, NEOCIDOL
Inhibición de olores	EXEL

Con este fin, el área de control de fauna nociva diseña pronósticos operativos, tomando en cuenta dos parámetros importantes. El primero es detectar la dimensión del daño a tratar, que en este caso es la determinación de las especies animales consideradas como foco de infección, así como el tamaño de las poblaciones. Los organismos a tratar son mosco, mosca, cucaracha y rata, principalmente, a los cuales nos referimos en la introducción.

Cuando el servicio es realizado, es común que existan algunas modificaciones en su aplicación debido a diversos factores que están lejos del control humano y de los cuales, definitivamente dependemos. Generalmente, cada vez que un pronóstico es propuesto, éste se diagnostica bajo condiciones espacio-ambiente predeterminadas, que en ocasiones difieren a las que enfrentarán las empresas que aplicarán los productos químicos. Los cuales a su vez, dependen para su buen funcionamiento de un cierto porcentaje de humedad relativa, temperatura, exposición a los rayos solares o bien a la etiología de los organismos a tratar.

Para los roedores la falta de alimento es la causa de la migración de los animales a nuevos sitios de proliferación, o bien aquéllos que se mantienen, buscan madrigueras que no son lo suficientemente aptas, por lo que alargan su período reduciendo así su tasa poblacional o bien, enferman y mueren dentro de sus madrigueras.

Para el caso de los artrópodos, al no haber residuos sólidos expuestos no existe fermentación, lo que para ellos se traduce en falta de atrayentes, tanto para alimentarse como para localizar sitios de ovoposición. Estos últimos también pueden verse aumentados por la formación de cuerpos de agua estancada. A pesar de estas características, en el caso de los artrópodos, las especies logran sobrevivir por períodos que van desde un mes hasta varios años, “despertando” justo cuando las condiciones ambientales comienzan a ser favorables para ellos la mayor parte pueden reproducirse sexualmente o bien, hay que tomar muy en cuenta que las hembras pueden presentar el fenómeno de Partenogénesis.

Contrario a lo que pudiera pensarse, cuando los organismos están en crisis, el tratamiento con productos químicos no deberá suspenderse, sino dosificarse en cantidades menores o esparciéndose sólo en lugares considerados como fuertes focos de infección, con la finalidad de que al cambiar las condiciones ambientales no se presente una proliferación masiva de roedores o insectos. No debe aumentarse la dosis porque esto provocaría una selección genotípica de los organismos o bien el aprendizaje de otros y las nuevas poblaciones crecerían “inmunes” al veneno.

5.1.4. Infraestructura para Protección del Sitio.

La seguridad del SDF durante el período de clausura y saneamiento estará dirigido principalmente, a evitar daños y vandalismo provocados por personas ajenas al proceso que ahí se desarrolla, esta seguridad será básicamente cercando el sitio y con la presencia de la vigilancia del lugar. Además se debe tener especial cuidado en los riesgos a incendio y explosión que pueden presentarse durante la perforación de pozos. Las obras necesarias son las siguientes:

Para delimitar el sitio, se requiere de una cerca de malla tipo ciclón, que tendrá una altura total de 2.50 m., se instalará con postes de línea colocados a cada tres metros y los cuales irán anclados a unos bloques de concreto de 0.25 X 0.25 X 0.50 m. Además se tendrá hiladas de alambre de púas galvanizado.

Tenemos conocimiento que la CGCE está llevando a cabo en la actualidad la construcción de una barda que delimita la nueva área del Parque de la Sierra de Guadalupe, por lo que el párrafo anterior puede ser sustituido por lo ya construido al momento de la clausura y saneamiento del SDF.

Asimismo, se recomienda la construcción de una caseta de control que servirá a las autoridades antes, durante y posterior a las acciones de clausura y saneamiento del sitio; antes para iniciar el control de los residuos que ingresarán hasta el 30 de noviembre; durante, para las oficinas de la supervisión y una vez saneado, para las labores de mantenimiento y vigilancia del sitio.

5.2. Diseño de las Acciones de Control.

5.2.1. Material de la Cubierta Final del Sitio.

El sitio, una vez que ha dejado de recibir RSM, deberá ser cubierto con una capa final que quedará en contacto con los residuos sólidos, esta cubierta estará constituida por un material gravo-areno-limoso (CG-GM), areno-limoso (SM), areno-arcilloso (SC), arcillo-limoso (CL) o limo-arenoso (ML), libre de materia orgánica, hierbas, raíces, plásticos, escombros de construcción en general, así como de contaminación por lixiviados.

El espesor total de la capa de la cubierta de operación normal será de 30 centímetros, colocada, compactada al 95% del peso volumétrico seco máximo del material, de la prueba Proctor Estándar. El tamaño de las partículas más grandes no deberá exceder de un tercio del espesor de la capa, es decir, no mayores a diez centímetros. La humedad del material al inicio de la compactación, deberá ser equivalente a la óptima.

En las áreas en que ya se haya colocado dicho material en todo su espesor, se incorporará el agua necesaria para alcanzar la humedad óptima, se revolverá con la hoja de una motoconformadora o con un arado de discos, hasta que la humedad se aprecie homogéneamente distribuida en toda la capa, se tenderá y se compactará al 95%, mínimo del peso volumétrico seco máximo, de la prueba Proctor Estándar.

En las áreas en las que aún no se coloca material de base, se seguirá el siguiente procedimiento: la cara superior donde será colocado el material para alcanzar la cota de proyecto deberá estar libre de protuberancias.

Tender el material de base hasta alcanzar el espesor de proyecto mediante capas compactadas. Incorporar el agua necesaria para alcanzar la humedad óptima. Revolver el material con la hoja de la motoconformadora o con un arado de discos, hasta que la humedad se aprecie homogéneamente distribuida en toda la capa. Tender uniformemente el material con la motoconformadora, en capas de suelo suelto que se requiera hasta alcanzar el espesor compactado de treinta centímetros. Compactar al 95% mínimo, del peso volumétrico

seco máximo, de la prueba Proctor Estándar, determinado de conformidad con la norma ASTM. Verificar el grado de compactación, de conformidad con las normas ASTM.

En caso de que el material contenga boleos y bloques de roca, éstos deberán removerse y retirarse del área de trabajo.

5.2.2. Diseño de la Capa Final de Cobertura del Sitio.

La cobertura final del SDF está íntimamente relacionada con la viabilidad ambiental del sitio, el contar con una capa final impermeable impide el ingreso del agua de lluvia al estrato de residuos sólidos, minimizando con ello, la generación de lixiviado que es uno de los contaminantes más agresivos que emigra del SDF.

Otro aspecto importante derivado de contar con una buena cobertura final de sello, es el control del biogás que se genera por la descomposición microbiológica de los RSM, el evitar que el biogás migre del sitio sin ningún control, pone en riesgo a la población circunvecina, el sello permite minimizar el escape del biogás a la atmósfera y dirigirlo a los pozos de captación para su control.

Finalmente, un buen sello impide por un lado la posibilidad de que la fauna nociva excave para la formación y construcción de madrigueras y por otro, la posible salida de las larvas de los insectos que fueron depositados en la última parte de la operación del sitio. Por otra parte, la capa final da sustento a la capa vegetal que impedirá la erosión de la capa y con ello, perder la impermeabilidad del sitio.

Otros beneficios colaterales son los de minimización del riesgo de incendios, evita el esparcimiento de materiales susceptibles de ser arrastrados por el viento, hace que el sitio se incorpore a los usos de la Sierra de Guadalupe.

Para el proyecto se analizaron dos alternativas para la cobertura final de sello del SDF, la diferencia principal es la capa impermeable de la capa, en una se utiliza una capa de 60 centímetros de tepetate compactado a un 95% de la prueba Proctor y colocado en dos

capas, la otra alternativa es la de sustituir esta capa de tepetate con una membrana de polietileno de alta densidad, de 60 milésimas de pulgadas ó 1.5 milímetros de espesor. En las figuras números 5.3 y 5.4, se presentan las dos alternativas de la capa final de sello del sitio.

Figura No. 5.3. Alternativa No. 1 de Material de Sello para la Cubierta Final.

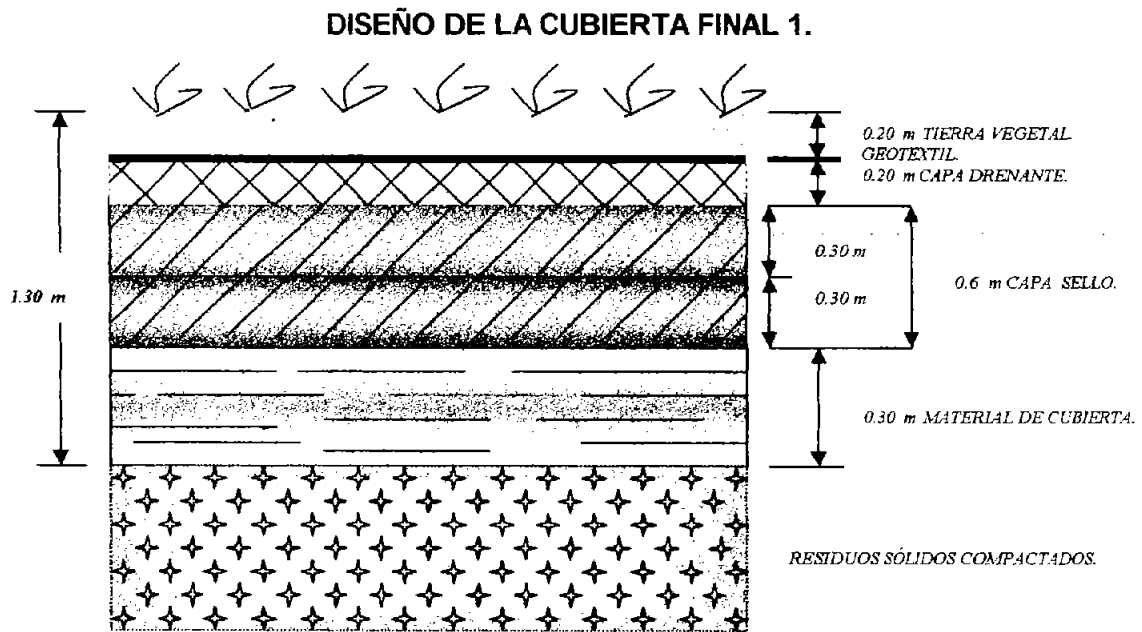


Figura No. 5.4. Alternativa No. 2 de Material de Sello para la Cubierta Final.



“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

El análisis económico realizado para las dos alternativas, se presenta en la tabla No. 5.1, indica que el uso de tepetate como material de sello para la cobertura final es más económico que el que utiliza geomembrana de polietileno de alta densidad de 1.5 milímetros de espesor.

Tabla No. 5.1. Análisis Comparativo de Costos de las Alternativas.

MATERIAL	ALTERNATIVA NO. 1 SELLO DE TEPETATE PESOS/MTO²	ALTERNATIVA NO. 2 SELLO GEOMEMBRANA PESOS/MTO²
Tierra vegetal	24.00	24.00
Geotextil	11.18	11.18
Mat. Drenante	24.00	24.00
Tepetate	27.60	0.00
Geomembrana	0.00	50.00
Agua	0.20	0.00
Maquinaria	4.00	0.00
Totales	90.98	109.18

Cada una de las capas de la cobertura final del SDF tiene una función especial a realizar. El cumplimiento de la función de cada una de ellas, garantiza el mantenimiento de la impermeabilización del sitio; a continuación se presenta una descripción de la función que cumple cada una de las capas de la cobertura final de sello.

CAPA	FUNCIÓN
Capa vegetal	Reduce la infiltración y la erosión eólica, provee el sustento de la vegetación y retiene humedad para su desarrollo.
Capa filtrante (geotextil)	Previene la pérdida de la capa vegetal y para que los finos no se infiltren en la capa de drenaje.
Capa de drenaje	Provee el drenaje lateral del agua de lluvia.
Capa de sello	Minimiza la infiltración del agua de lluvia al estrato de RSM.

5.2.3. Diseño del Espesor de la Capa de Sello Mediante el Uso del Modelo HELP.

El modelo HELP, es un modelo hidrológico cuasibidimensional, para realizar un análisis de balance de agua en sistemas de cobertura, y otros lugares de confinamiento de residuos sólidos, tanto peligrosos como no peligrosos. El propósito del modelo es asistir en la comparación de las alternativas de diseño de los SDF de RSM. Este método considera gran parte de los parámetros que intervienen en el diseño.

En la figura 5.5, se muestran los resultados de la corrida del modelo, en donde se tiene que si se considera una capa de cubierta de material arcilloso compactado, alcanzando una permeabilidad de 6.8×10^{-7} cm/s, con 0.60 m. de espesor y pendiente mínima de 1%, el 66.1% de la precipitación escurre y el 33.8% se evapora, evitando la infiltración de agua de lluvia.

5.2.4. Capa de Sello.

La cubierta de sello estará constituida por un material compuesto por tepetate (ML, CL), de alta calidad, carente de materia orgánica, hierbas, raíces, grava o arena.

El coeficiente de permeabilidad del material compactado al 95%, mínimo del peso volumétrico seco máximo, determinado mediante el ensaye Proctor Estándar, deberá ser menor o igual que 6.8×10^{-7} cm/seg.

El espesor total de la capa de sello será de 60 cm, mínimo, colocado en dos capas de 30 cm. cada una, compactada al 95% del peso volumétrico seco máximo del material, de la prueba Proctor Estándar, determinado de conformidad con la norma ASTM.

El agregado máximo no deberá exceder de un tercio del espesor de la capa, es decir, 15 centímetros. La humedad del material al inicio de la compactación deberá ser equivalente a la óptima.

En el caso de que el material contenga los materiales indeseables indicados anteriormente, éstos deberán removerse manualmente y retirarse del área de trabajo.

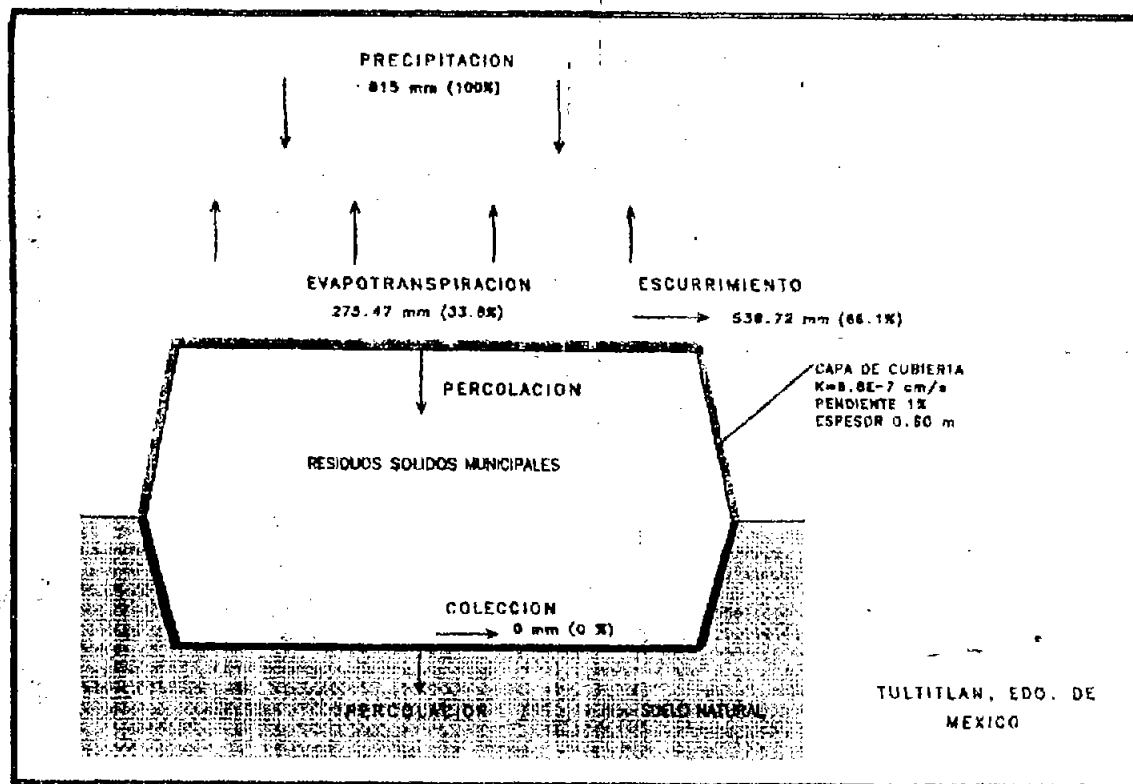


Figura No. 5.5. Resultado del Modelo Help.

Para la colocación del material de sello, se seguirá el siguiente procedimiento:

Previo a la colocación del material para la capa de sello, la cara expuesta del material de la cubierta deberá estar limpia, uniforme y carente de materiales indeseables. Si la superficie se ha dañado por lluvia o por tránsito, deberá restaurarse.

Tender uniformemente el material con la motoconformadora, en capas de suelo suelto que se requiera, hasta alcanzar un espesor máximo compactado de sesenta centímetros. Incorporar el agua necesaria para alcanzar la humedad óptima. Revolver el material, con la hoja de la motoconformadora o con un arado de discos, hasta que la humedad se aprecie homogéneamente distribuida en toda la capa.

Tender uniformemente el material con la motoconformadora, en el espesor suelto que se requiera, hasta alcanzar un espesor compactado de 60 cm. Compactar al 95% del peso volumétrico seco máximo, de la prueba Proctor Estándar, determinado de conformidad con la norma ASTM. Verificar el grado de compactación, de conformidad con las normas ASTM. Realizar ensayos de permeabilidad, de conformidad con la norma ASTM.

5.2.5. Cobertura Final.

La cobertura final estará constituida por dos capas de 20 cm. cada una, la primera servirá para el drenado del área y será colocada sobre la capa de sello, estará compuesta por un material gravo-areno-limoso (CG-GM) o areno-limoso (SM), sobre esta capa se colocará una malla de geotextil que servirá para proteger el sitio del agua de lluvia; la segunda capa tendrá un espesor de 20 cm., estará compuesta por tierra vegetal que servirá para inducir la siembra de pasto.

El tamaño de las partículas más grandes no deberá exceder de un tercio del espesor de la capa, es decir, no mayores a seis centímetros. La humedad del material al inicio de la compactación deberá ser equivalente a la óptima. La cara superior donde será colocada la tierra vegetal, el material deberá estar libre de protuberancias.

Tender uniformemente el material con la motoconformadora, en capas de suelo suelto que se requiera, hasta alcanzar el espesor de proyecto. En el caso de que el material contenga boleos y bloques de roca, éstos deberán removerse y retirarse del área de trabajo.

5.2.6. Terraplén de Prueba.

Previo al inicio de las actividades para colocar y compactar el material de sello, deberá construirse un terraplén de prueba, con objeto de:

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

- Definir la eficiencia del equipo de compactación.
- Calibración de las necesidades de agua para la compactación.
- Número de pasadas que se requieren para obtener el grado de compactación.
- Determinar el coeficiente de permeabilidad del material compactado.

Para la formación del terraplén de prueba para la capa de sello, se seguirá el siguiente procedimiento:

- Tender el material en un área de 100 m. x 40 m., en el espesor necesario para obtener un espesor compactado de 60 centímetros.
- Determinar la humedad natural del material, mediante ensayos de laboratorio.
- Incorporar el agua necesaria para alcanzar la humedad óptima, mediante riegos con una pipa.
- Revolver el material con la hoja de la motoconformadora o con un arado de discos, hasta que la humedad se aprecie homogéneamente distribuida en toda la capa.
- Tender uniformemente el material con la motoconformadora, en el espesor suelto que se requiera para tener un espesor compactado de cincuenta centímetros.
- Compactar al 95% del peso volumétrico seco máximo, de la prueba Proctor Estándar, llevando registro del número de pasadas. Se definirán tres áreas de 30 m. X 40 m., con 8, 10 y 12 pasadas respectivamente.
- Verificar el grado de compactación en cada área, de conformidad con las normas ASTM.
- Verificar, mediante pruebas in situ, de conformidad con la norma ASTM, el coeficiente de permeabilidad del material compactado, el cual deberá ser menor o igual que 6.8×10^{-7} cm/seg.

Una vez satisfechos los requisitos del grado de compactación y del coeficiente de permeabilidad, y definido el número de pasadas para satisfacer ambos requisitos (grado de compactación = 95%, coeficiente de permeabilidad de 6.8×10^{-7} cm/seg.), se podrá dar inicio a la colocación de la capa de sello.

5.2.7. Control de Calidad.

Se llevará a cabo el control de calidad de los materiales que se utilizarán para constituir las capas de base y de sello. Este control se realizará mediante la obtención de muestras en los bancos escogidos y ensayos de las mismas en el laboratorio, para definir la caracterización de los materiales. Una vez procesados los materiales en la obra, se verificará que cumplan con los requisitos de compactación y permeabilidad establecidos y se definirá la correlación entre los resultados de laboratorio y los de campo.

5.2.8. Ensayes.

Los ensayos requeridos para el control de calidad de los materiales en el laboratorio y en la obra, se realizarán de conformidad con las normas ASTM que se enuncian a continuación:

Ensayes de Laboratorio

<u>TITULO</u>	<u>NORMA</u>
Clasificación visual y al tacto	ASTM D 2488-90
Granulometría	ASTM D 422-63
Límites de Atterberg	ASTM D 4318-87
Clasificación SUCS	ASTM D 2487-92
Peso volumétrico seco vs humedad	ASTM D 698-91
Coefficiente de permeabilidad	ASTM D 5084-90

Ensayes in situ

Grado de compactación con densímetro nuclear	ASTM D 2922-91
Grado de compactación con cono y arena	ASTM D 1556-90
Coefficiente de permeabilidad	ASTM D 3385-88 o similar

Frecuencia de Ensayes

Ensaye

<u>ENSAYE</u>	<u>FRECUENCIA</u>
Clasificación visual y al tacto	Uno cada cambio de material
Granulometría	Uno en cada tipo de material. Mínimo, uno por semana
Límites de Atterberg	Uno en cada tipo de material. Mínimo, uno por semana
Clasificación SUCS	En cada tipo de material
Peso volumétrico seco vs humedad	Uno por cada 4,000 m ³ de material colocado, o por cada hectárea, o por cada cambio de material.

Coefficiente de Permeabilidad

En el laboratorio	Dos en cada tipo de material. Mínimo, dos por semana. El ensaye deberá efectuarse en muestras alteradas compactadas al 95%, con la humedad equivalente a la óptima.
En la obra	Una por hectárea.
Grado de compactación	Cuatro por cada 1,000 m ³ de material compactado, o por cada 1,600 m ² /capa (área de 40 x 40 m.)

5.2.9. Volumen.

El volumen de material de cubierta a utilizar de acuerdo a las especificaciones antes mencionadas, será el siguiente:

- Capa 1: Tiene un volumen de 20,666 m³ de material inerte compactado al 95% de la prueba Proctor Estándar.
- Capa 2: Tiene un volumen de 34,445 m³ de material para el sello, con características de 6.8×10^{-7} cm/seg.

- Capa 3: Tiene un volumen de 13,778 m³ de material que permita el drenado de agua pluvial.
- Capa 4: Tiene un volumen de 13,778 m³ de tierra vegetal para sembrar pasto.

5.2.10. Capa Vegetal.

La capa vegetal será la última capa que se colocará sobre las capas de cubierta final se encontrará sobre un área de 51,684 m². Esta capa de cubierta vegetal se colocará sobre el geotextil. Las especies de plantas que se seleccionan deberán tener en cuenta los siguientes criterios.

- La profundidad de las raíces no debe exceder el espesor del material de cubierta.
- Tolerancia de la cubierta vegetal al biogás generado en el SDF.
- Resistencia a fuego, insectos u otras plagas.
- Adaptación al clima.
- Rápida germinación y crecimiento.
- Poco mantenimiento.

En relación a lo anterior, se propone que se cubra el suelo de las plataformas y taludes con vegetación corta tipo césped, para esto existen dos alternativas; la primera, es sembrar el pasto mediante rollos, esto es, un pasto que ya está ligeramente crecido y que se implanta sobre la tierra vegetal, la segunda alternativa es sembrar la semilla de pasto, el periodo de adaptación de ésta es del orden de un mes, el objetivo es:

- Retener el agua de riego y lluvia.
- Proteger al fertilizante, la semilla y al suelo.
- Reduce la velocidad del agua de escurrimiento, porque actúa como cojín para el movimiento superficial del agua, evitando disturbios en las capas inferiores.

La siembra del pasto protege los taludes, esto es que las semillas se adhieran con mayor facilidad que en el caso de los rollos de pasto que no soportan los taludes.

En el caso de utilizar el rollo de pasto, éste sólo debe ser en las plataformas, ya que en los taludes no es conveniente, por lo tanto podría hacerse una siembra mixta, aunque lo más recomendable es usar en todo el terreno la semilla con la malla. La semilla propuesta es la de nombre Kiyuyo, que tiene un rendimiento de 12 m² por kilogramo y su precio es bajo, pero además también se puede usar la semilla de pasto Ray grass que tiene un rendimiento de 18 m² por kilogramo, sin embargo su precio es mayor.

5.2.11. Aspecto Final de la Superficie.

La superficie tendrá el aspecto de una gran área verde con terraplenes de 4% de pendiente y taludes de 2.5:1. En el interior de las plataformas se trazarán caminos para el mantenimiento y se colocarán pozos de monitoreo de lixiviados y pozos de extracción de biogás.

5.2.12. Uso Futuro del Suelo.

El uso futuro del suelo estará dirigido básicamente a ser utilizado como áreas verdes. Tendrá un camino perimetral al terreno de 8 m. de ancho.

5.3. Sistema de Control de Biogás.

Se conoce como biogás a la mezcla de gases que se produce por la descomposición aerobia y anaerobia de la fracción orgánica de los RSM. El control del biogás se hace necesario por dos razones principales, la primera por el riesgo de explosión en el caso que se presenten las condiciones adecuadas hacia la población circunvecina, y la segunda por el factor que representa como gas de invernadero.

5.3.1. Fases de Generación de Biogás.

La formación de biogás y su composición dependen principalmente de las características de la descomposición biológica de los RSM; la fase aeróbica, anaeróbica y metanogénica. Bajo condiciones aeróbicas, sólo dióxido de carbono (CO_2) se genera. El hidrógeno (H_2) y el (CO_2) se generan bajo condiciones anaeróbicas. Los principales productos de la fase metano son: dióxido de carbono (CO_2) y gas metano (CH_4). Se distinguen en esta fase anaeróbica también pequeñas cantidades de materiales orgánicos volátiles, principalmente solventes.

Las siguientes características se distinguen en la fase aeróbica.

- Concentraciones significativas de oxígeno están presentes en el sitio.
- La cantidad de CO_2 producido, es equivalente al consumo de oxígeno.
- Parte del CO_2 se disuelve para formar ácidos, por ejemplo ácido carbónico que normalmente puede generar compuestos químicamente agresivos, como es la formación de ácido clorhídrico (HCl).
- Se genera calor alcanzando temperaturas de aproximadamente 30 grados centígrados y en ocasiones, dependiendo de la fase de degradación hasta 40° C.

El período de duración de esta fase suele ser de unos pocos días y podría incrementarse si las condiciones del subsuelo son secas.

Las siguientes características se distinguen en la fase anaeróbica:

- Niveles altos de demanda bioquímica y química, de oxígeno (DBO Y DQO), y de carbono orgánico total (COT).
- El CO_2 reduce el pH a niveles entre 5.5 y 6.5 que puede generar lixiviados con alta conductividad eléctrica.
- Se puede generar alta acumulación de hidrógeno (H_2) que, con los ácidos orgánicos contribuyen a la formación de agentes metanogénicos.
- Se presenta la máxima concentración de CO_2 (50% a 90%, dependiendo de la disolución). El período de duración de esta fase oscila entre 15 días y un año.

Las siguientes características se distinguen en la fase metanogénica.

- Se caracteriza porque utiliza productos generados durante la etapa anaeróbica (hidrógeno y ácido acético).
- La utilización de ácido acético y la baja producción de CO_2 incrementa el pH a niveles entre 7 y 8.
- Los organismos metanogénicos requieren para su crecimiento un adecuado contenido de agua mayor al 20%, bajo contenidos de oxígeno, un pH neutro, temperaturas entre 35° y 45° C, una alcalinidad no menor de 2,000 mg/l medida como CaCO_3 y la existencia de materiales con bajos o ningún nivel de toxicidad. También se identifica que la producción de metano se incrementa si los valores de oxido-reducción son menores que aproximadamente 330 mv.

Generalmente el biogás se genera en la fase metanogénica, donde la producción de CH_4 es el factor más importante.

5.3.2. Producción de Biogás.

El gas metano se genera principalmente en la fase metanogénica.

Los modelos analíticos utilizados para proyecciones de biogás en un sitio de disposición final (SDF) de RSM, están basados en consideraciones físico-matemáticas de generación y migración con respecto al tiempo y espacio.

La parte que involucra la generación y tiempo considera que la tasa de generación de metano es directamente proporcional a la cantidad residual presente (modelos cinéticos de primer orden). Los modelos cinéticos de segundo orden consideran que las tasas de generación de metano son proporcionales al cuadrado de la cantidad residual presente.

En los modelos de migración de biogás, la concentración de éste con respecto a tiempo y espacio considera que el cambio de concentración en un punto dado es proporcional

a relaciones diferenciales de segundo orden de difusión molecular y advectivas. Numerosas limitaciones pueden ser enumeradas con respecto a la utilización práctica de estos modelos.

Estos modelos han sido utilizados eficientemente en ensayos experimentales, donde todas las variables no consideradas en las relaciones físico-matemáticas son controladas (por ejemplo, heterogeneidad del medio, variabilidad del contenido químico de los residuos, aislamiento parcial, etc.).

La predicción de la producción de biogás es bastante compleja y no se han podido establecer métodos analíticos que hayan sido validados con datos de campo. Se han establecido relaciones generalizadas de producción de metano basadas en la composición de los RSM; estas relaciones generalmente traen buenos resultados, con respecto a la producción total si se consideran ciertos factores de reducción, pero no han proporcionado resultados confiables respecto a la tasa de producción y su variabilidad con el tiempo.

Información disponible en los Estados Unidos de América acerca de la información de metano, revela que los cálculos teóricos de producción generalmente sobreestiman las condiciones de producción reales. Ciertas tasas de producción de biogás, medidas y estimadas para algunos rellenos sanitarios ubicados en E.U.A. Esta información pone en evidencia la alta variabilidad de resultados teóricos, de laboratorio y de campo.

Medidas reales de generación de biogás han sido tomadas en el laboratorio por medio de lisímetros en rellenos sanitarios existentes. Resultados de laboratorio indican que la producción de biogás podría estar entre 0.001 a 30 litros de biogás por cada kilogramo de residuo sólido en un año (l/kg/año).

Rellenos sanitarios existentes indican que la tasa de producción estaría entre 0.85 y 20.1 l/Kg/año. En la literatura generalmente se considera que los valores entre 5.9 y 11.9 l/Kg/año son razonables para la fase estable metanogénica.

A pesar de las grandes variaciones presentadas durante las fases aeróbicas y anaeróbicas, la generación de biogás es más o menos constante durante la etapa metanogénica. Estudios realizados en rellenos sanitarios ubicados en E.U.A., indican que en

climas lluviosos el período de generación de biogás oscila entre 5 y 10 años. En climas secos la producción de biogás puede alcanzar períodos superiores a 20 años. En climas moderados el período de producción podría estar entre 10 y 15 años.

La composición de biogás varía entre 0 y 70% de metano. Valores cercanos a 0% son obtenidos durante las fases anteriores a la metanogénica. Durante la descomposición metanogénica el contenido de metano típicamente está entre el 50 al 60%. Los contenidos de CO₂ están entre el 30 y el 80%. Porcentajes altos son obtenidos durante la etapa aeróbica y anaeróbica. Una vez que la generación de metano se ha estabilizado, la composición de CO₂ varía típicamente entre el 40 y el 50%. El contenido de oxígeno alcanza porcentajes máximos del 20% durante la etapa aeróbica y decrece rápidamente a 0% antes de la fase metanogénica. La presencia del hidrógeno en cantidades medibles es indicativa de la fase anaeróbica y puede alcanzar los valores del 20%.

5.3.3. Generación de Biogás en el Tiempo.

Se conoce como biogás a la mezcla de gases que se produce por la descomposición aerobia y anaerobia de la fracción orgánica de los RSM. El proceso anaerobio es el de más importancia, ya que el aerobio requiere del consumo de oxígeno por parte de las bacterias degradantes, y el suministro de este elemento está limitado a la porción de aire atrapado en los intersticios de los desechos, por lo que la duración de la fase aerobia y su generación típica de agua y bióxido de carbono son más bien breves.

En cambio, una vez consumido el oxígeno disponible, las bacterias anaerobias pueden activar su metabolismo y permanecer activas mientras exista un sustrato del cual puedan extraer la energía necesaria para sus procesos vitales. Las sustancias que libera este proceso son básicamente metano y dióxido de carbono, y se estima que cerca de un 93% de los residuos que se estabilizan lo hacen por esta vía.

La tasa de producción y duración de la misma por cada componente del biogás varían con el tiempo y las condiciones particulares de cada sitio, sin embargo en la siguiente tabla 5.1 se muestra un modelo típico de las tendencias y comportamiento de la composición del biogás a lo largo de un período de tiempo definido.

Tabla No.5.1. Porcentajes Típicos de Distribución de Gases en un Relleno Sanitario Durante los Primeros 48 Meses.

<u>INTERVALO A PARTIR DE QUE LA CELDA ESTÁ LLENA (MESES)</u>	<u>PORCENTAJE MEDIO POR VOLUMEN (%)</u>		
	<u>NITRÓGENO</u>	<u>DIÓXIDO DE CARBONO</u>	<u>METANO</u>
	<u>N₂</u>	<u>CO₂</u>	<u>CH₄</u>
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	49

Fuente: Tchobanoglous G. Solid Wastes, 1987.

Se ha intentado en diversas ocasiones estimar mediante experimentos de laboratorio el potencial de producción de biogás de los RSM; sin embargo, los resultados obtenidos no tienen clara correlación con las mediciones efectuadas a escala natural en los rellenos sanitarios.

Sin embargo, se han identificado algunas importantes variables de las condiciones de generación que influye en forma significativa y predecible para la formación del biogás. Entre ellas se tienen las siguientes:

a) Composición de los RSM.

Es fundamental conocer la composición que guarda el conjunto de RSM dispuestos en un SDF. Esto se puede lograr mediante muestreos de generación o muestreos in situ, siendo los últimos los más adecuados, pues reflejan la ausencia de aquellos materiales que han sido retirados durante el manejo de los residuos por parte de la cuadrilla de recolección y por los pepenadores.

Los residuos orgánicos de alimentos constituyen la fracción que se degrada con mayor facilidad y rapidez. En orden descendente le siguen el papel, hojas y pastos, madera y hule. La mayor producción de estos materiales en la composición de los RSM estará directamente relacionada con la velocidad de generación del biogás.

Así, se tiene que si predominan estos productos (por ejemplo aquéllos en los que se han dispuesto residuos de mercados), se podrá esperar la máxima degeneración de biogás dentro de los primeros 6 años. Si predominan el cartón, madera, trapo y plástico, el período puede extenderse de 15 a 30 años.

b) Humedad.

El contenido de humedad de los residuos es un factor crítico para la formación de biogás. Se ha estimado que elevar la humedad de 60% a 75% puede redundar en un incremento en la velocidad de generación de metano de hasta 10 a 20 veces. Esto resulta por demás importante, pues una de las principales preocupaciones radica en el manejo y control de los líquidos que se percolan a través de los estratos de residuos, conocidos como lixiviados.

Aún no existe un claro consenso sobre el contenido óptimo de humedad, pero la experiencia en los Estados Unidos parece indicar que entre mayor sea, es mejor. Sin embargo, se ha demostrado que si el contenido de humedad se mantiene constante, las tasas de producción de metano se pueden incrementar de 25% a 50%.

c) Temperatura.

Es un principio básico de las reacciones químicas que la velocidad de reacción se incrementa con el suministro de energía calorífica. Las bacterias mesofílicas tienen un valor óptimo para producir metano cercano a los 45° C y de 55° C. para las termofílicas. Se ha observado que la tasa de producción de biogás aumenta relacionándose con incrementos de temperatura del orden de los 30 a 35° C, y que este aumento ha sido de hasta 70% cuando se lleva la temperatura de 22 a 33° C.

Aunque por otro lado, y dependiendo en gran medida del clima de la región en que se encuentre el sitio de disposición de residuos y del espesor de los mismos, la descomposición anaerobia implica una liberación de calor, que en algunos lugares puede rebasar a los 60° C e incluso, ser un factor de riesgo ante posibles incendios bajo la superficie del relleno.

d) Compactación.

Se debe proporcionar a los RSM una compactación lo máximo económicamente posible, a fin de disminuir el espacio ocupado. Adicionalmente, la compactación disminuye la porosidad del sustrato y propicia el contacto entre este y los microorganismos. Al disminuir los espacios con aire entre los RSM, disminuye la dotación de oxígeno y por lo tanto, la duración de la fase aerobia, acelerando la fase de metanogénesis. La compactación estará siempre asociada con la composición y humedad de los RSM. Los valores de peso volumétrico que se pueden tener en distintos rellenos sanitarios muestreados van de uno 600 a más de 1000 Kg/m³.

e) pH.

Las condiciones de neutralidad favorecen en general el desarrollo eficiente de los microorganismos metanogénicos.

La acidez y la alcalinidad pueden afectar su metabolismo. Un punto de desarrollo óptimo se tiene a un pH de 6.8 aunque toleran valores de 6.2 a 7.6 en digestores anaerobios y de 5.5 a 9.0 en suelos. En todo SDF se tiene una fase de fermentación ácida que puede bajar el valor de pH, pero el bióxido de carbono que también se produce en la fase anaerobia amortigua el efecto y puede mantener el pH en un valor cercano al neutro.

f) Nutrientes.

La degradación anaeróbica requiere de nutrientes como el nitrógeno, fósforo, magnesio, sodio, calcio y cobalto para sustentar los microorganismos.

Es conveniente contar con una relación carbono/nitrógeno cercana a 30 y debe tenerse en cuenta que la presencia de metales pesados, amoníaco y ácidos volátiles puede

conferirle características tóxicas al medio y por tanto, inhibir la cinética del desarrollo bacteriano y la producción de biogás.

5.3.4. Cálculo del Volumen Generado de Biogás.

Existen métodos a los que se puede recurrir para estimar el potencial de generación de biogás que tienen los RSM. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) considera que confines prácticos, en los países en vía de desarrollo cada tonelada de residuos es capaz de producir 60 m³ de metano.

Sin embargo, se empleará en este estudio el método estequiométrico que describe las transformaciones de la materia relacionada con la fase anaerobia de estabilización.

Lo anterior, se efectuará a partir de los estudios de campo realizados, que indican que la fracción degradable de los residuos sólidos corresponde a un 74.47%, estimándose una humedad del 50%.

5.3.5. Composición Química Básica.

Los componentes básicos de la materia orgánica son el carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Su proporción en la materia se puede determinar en el laboratorio o por métodos indirectos.

En nuestro país, una serie de determinaciones conducen a la siguiente composición típica:

- C = 43.02%
- H = 5.96%
- O = 49.08%
- N = 1.49%

5.3.6. Cantidad de Materia Orgánica en Base Seca.

Dada la composición, se infiere que en una tonelada de RSM depositados, existirán 744.75 Kg de materia orgánica.

Ya que la humedad es de 50% en toda la muestra; esto significa que hay 500 Kg de agua, y que están asociados exclusivamente a la materia orgánica. El peso de la materia orgánica en base seca sujeta a degradación es:

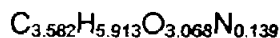
$$744.7 \text{ Kg} - 500 \text{ Kg} = 244.7 \text{ Kg materia orgánica}_{BS}$$

5.3.7. Formula Mínima de la Materia Orgánica.

Se tomarán los pesos de cada elemento de la composición química básica proporcionales a 100 gramos de residuos, para dividirse entre su peso atómico correspondiente, esto es:

<u>ELEMENTO</u>	<u>PESO (POR CIENTO)</u>	<u>PESO ATÓMICO</u>	<u>INDICE</u>
C	43.02	12.011	3.582
H	5.96	1.008	5.913
O	49.08	15.999	3.068
N	1.94	14.007	0.139

Con estos índices, la fórmula mínima queda como:

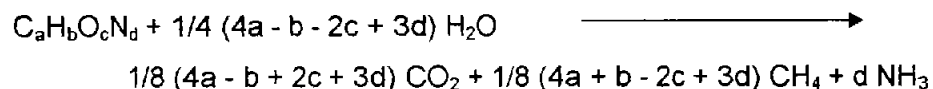


Tomando al carbono como base, se dividen todos los índices entre el carbono, así se tiene que la fórmula mínima queda como:

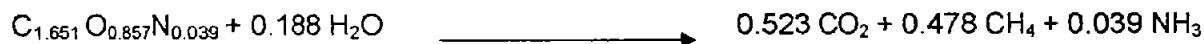
$C_{(1)}H_{1.651}O_{0.857}N_{0.039}$	$a = 1.000$
	$b = 1,651$
	$c = 0.857$
	$d = 0.039$

5.3.8. Metano y Bióxido de Carbono Producidos.

Con los datos anteriores se procede a sustituir los datos en la ecuación química estequiométrica que gobierna la descomposición anaerobia de la materia orgánica, que es:



Teniéndose entonces:



5.3.9. Estimación del Peso de los Gases Producidos.

Se procede a multiplicar el peso atómico de cada elemento de la fórmula mínima y de los productos de interés por sus respectivos índices. La tabla siguiente muestra esta información.

Tabla No. 5.2. Estimación del Peso de los Gases Producidos.

COMPUESTO	ELEMENTO	PESO ATÓMICO	INDICE	PRODUCTO	SUMA
CHON	C	12.011	1.000	12.011	
	H	1.008	1.651	1.664	
	O	15.999	0.857	13.711	
	N	14.007	0.039	0.546	27.932
CO ₂	C	12.011	0.523	6.282	
	O	2 (15.999)	0.523	16.735	23.017
CH ₄	C	12.011	0.478	5.741	
	H	4 (1.008)	0.478	1.927	7.668

El peso de cada uno de los dos componentes más importantes del biogás producido por cada tonelada de residuos que se dispone en el relleno será:

$$\text{CH}_4 = (7.668 / 27.932) (274.75 \text{ Kg de M.O.}_{\text{DEG}} \text{ por tonelada de residuos}) = 75.42 \text{ Kg CH}_4 / \text{ ton. R.S. (25\%)}$$

$$\text{CO}_2 = (23.017 / 27.932) (274.75 \text{ Kg de M.O.}_{\text{DEG}} \text{ por tonelada de residuos}) = 226.20 \text{ Kg CO}_2 / \text{ ton. R.S. (75\%)}$$

5.3.10. Conversión a Volumen.

Tomando la densidad de los gases de la siguiente tabla, se calcula el volumen correspondiente a los pesos calculados:

$\rho_{\text{CH}_4} = 0.7167 \text{ Kg/m}^3$	$V1 = 75.42 / 0.7167 \text{ Kg m}^3$ $V1 = 105.23 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 / \text{t R.S. (48\%)}$
$\rho_{\text{CO}_2} = 1.9768 \text{ Kg/m}^3$	$V2 = 226.2 / 1.9768 \text{ Kg m}^3$ $V2 = 114.43 \text{ m}^3 \text{ CO}_2 / \text{t R.S. (52\%)}$

Esto representa un valor calculado de 219.66 m^3 de biogás por tonelada de residuos dispuestos.

5.3.11. Tiempo de Generación de Biogás.

De la misma forma que un análisis teórico nos proporciona sólo una aproximación a la realidad, se sabe que existen importantes variables que intervienen en el proceso de generación y por las que no se puede asumir un comportamiento lineal.

Se han manejado diferentes modelos de tasas de producción que se han ido ajustado conforme la experiencia obtenida enriquece los conocimientos que se tienen sobre el tema.

En esencia hay dos aspectos fundamentales que considerar:

Los RSM depositados iniciarán su descomposición anaerobia, de acuerdo a los factores ya descritos en la sección de generación de biogás; sin embargo, es obvio que la edad de los residuos no será homogénea y por lo tanto, los tiempos de inicio y fin de generación de biogás serán diferentes en función de esto y de su ubicación espacial dentro del sitio.

Es decir, que mientras los RSM más recientes y superficiales aún no inician su degradación anaerobia, aquellos depositados en un inicio y en los puntos más profundos, pueden encontrarse en un avance de degradación importante.

La velocidad de degradación es distinta, según el tipo de residuos. En algunos de los modelos más recientes se suele dividir a los residuos en tres categorías, tal y como se muestra a continuación en el cuadro No. 5.1.

Cuadro No. 5.1. Clasificación de la Velocidad de Degradación Prototipo del Residuo.

CLASIFICACIÓN	SUBPRODUCTOS	T_½	T₉₉
Rápidamente degradables	Residuos alimenticios	3 años	6 años
Moderadamente degradables	Cartón	5 años	15 años
	Papel		
	Trapo		
	Algodón		
	Madera		
	Fibra dura vegetal		

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

	Cuero		
Lentamente degradables	Hueso	20 años	60 años
	Hule		
	Plástico		
	Fibra sintética		

Siendo el $T_{\frac{1}{2}}$ el tiempo para el que se genere el 50% del total del volumen de metano capaz de producirse y T_{99} el tiempo para que se llegue al 99% de potencial total de degradación.

Para el caso del municipio de Tultitlán, de los estudios de campo para determinar la composición física de subproductos, se encontró la siguiente clasificación de velocidad de degradación:

Rápidamente degradables	48.58%
Moderadamente degradables	25.11%
Lentamente degradables	0.78%
	74.47%
Otros	25.53%
	100.00%

Para efectuar una estimación aproximada de los volúmenes de biogás generados, se tomará un porcentaje ponderado de 9.88, en función de la clasificación de degradación de los subproductos, su vida media de generación de biogás y el valor calculado de generación de 219.66 m³ de biogás por tonelada de residuos sólidos.

El volumen aproximadamente calculado de residuos sólidos depositados en el sitio, es de 599,028 m³.

El peso volumétrico para un residuo compactado y estabilizado, varía de 1,000 a 1,300 kg/ m³.

Considerando un peso volumétrico de 1,200 Kg/ m³ que es muy aproximado al residuo depositado, tenemos:

$$\text{Volumen total de biogás generado} = 599,028 \times 1.20 \times 219.66 = 157.90 \text{ millones de m}^3.$$

5.3.12. Sistemas para el Control de Biogás.

El movimiento de biogás es controlado para reducir emisiones atmosféricas, minimizar la liberación de malos olores, la migración subterránea del gas. Existen dos sistemas del control del gas denominados respectivamente, pasivo y activo. En el sistema de control pasivo, la presión del gas que es generado dentro del SDF es una fuerza que genera el movimiento del biogás.

En el sistema de control activo, se utiliza energía en forma de succión para controlar el flujo de gas. El control pasivo puede ser realizado durante un tiempo cuando se está generando la producción principal de biogás a una alta tasa por medio de dispositivos de cierta permeabilidad, los cuales proporcionan un conducto en el cual fluye el biogás en la dirección deseada. Cuando la producción principal de biogás es limitada, el control pasivo no es muy efectivo debido a que la difusión molecular será el mecanismo predominante de transporte. Sin embargo, en esta etapa del SDF puede no ser tan importante el control de la emisión residual del metano.

El control pasivo puede hacerse mediante dos métodos para conseguir la captación de biogás, de materiales permeables y el segundo por medio de materiales impermeables.

En el presente proyecto se propone la utilización de un sistema de control pasivo por medio de materiales permeable, ya que se considera como el más económico con una efectividad adecuada.

5.3.13. Sistema para el Control de Biogás en el SDF de Tultitlán.

El sistema de biogás consiste en el método más simple y económico, para nuestro caso consiste una serie de perforaciones de 60 cm de diámetro sobre la superficie del sitio, en estas perforaciones se colocarán tubos de PVC de 4" de diámetro, con perforaciones de 1/2" a cada 3", protegidos con mallacé galvanizado calibre 10.5 (33 x 33 mm), de un diámetro de 60 cm y estará rellena de grava de 1 1/2" o piedra de bola de 4 a 6" (materiales muy permeables que facilitarán la salida del biogás).

"SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES."

Esta estructura estará colocada aproximadamente a 2.00 m antes del nivel del terreno, se conectará al tubo perforado dos codos de PVC de 90° x 8", para dar la forma de cuello de ganso, la instalación de los pozos de extracción de biogás se efectuará en cuanto sea colocada la capa final.

La distribución de los pozos se basa en que cada uno tiene un área de captación correspondiente a una circunferencia de radio R, colocándose de tal forma que no quede ningún espacio sin ser cubierto por dichas áreas. La cubierta final del SDF estará compuesta con materiales impermeables. La ubicación de los pozos se obtiene a través de triángulos equiláteros cuyos vértices corresponden a la ubicación de los mismos, la distancia entre pozos está dada por la dimensión de $2 R \times \cos 30^\circ$, siendo $R = 50$ m. En la figura 5.6. nos muestra la forma mas simple y económica del sistema de biogás.

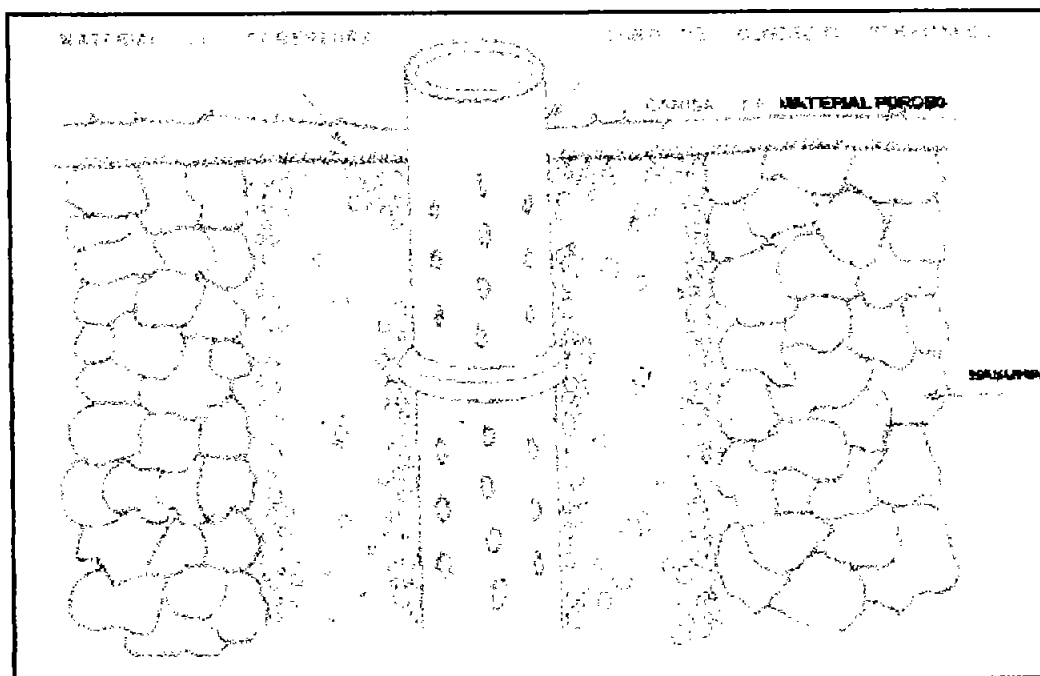


Fig. 5.6. Sistema de Control de Biogás.

5.4. Sistema de Control de Lixiviados.

La formación de lixiviado es producto de la infiltración del agua de lluvia que cae directamente sobre el sitio, del escurrimiento del agua de lluvia de la cuenca donde se ubica el SDF y que entra al estrato de RSM, el agua que se desprende como subproducto de las reacciones microbiológicas que se presentan en la degradación de los residuos y del agua que contienen los residuos al ser depositados.

En nuestro caso el diseño de la clausura y saneamiento del SDF tiene como uno de los objetivos principales la minimización de las fuentes externas de agua, principalmente el que proviene del escurrimiento y de la lluvia que se cae directamente en el área del SDF.

5.4.1. Análisis de Lixiviados.

Como parte de los alcances del trabajo, se realizó una toma de muestra de lixiviado que se encuentra en las lagunas de almacenamiento que existen en la zona y que fueron formadas por la naturaleza, ya que es la parte más baja de todo el SDF.

Los análisis realizados a la muestra de lixiviado fueron los parámetros que son solicitados en la NOM-052-ECOL/93, la cual determina si el residuo analizado es peligroso (Prueba CRETIB), los resultados demuestran que el lixiviado no es peligroso.

Por otra parte se tomaron muestras para realizar las determinaciones de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQ) y Cloruros, encontrándose los siguientes resultados:

	<u>DETERMINACIÓN</u>	<u>RESULTADOS</u>
➤	DBO	696.80 mg/lto
➤	DQO	2712.08 mg/lto
➤	Cloruros	797.68 mg/lto

Además de estos análisis, se realizaron otros en busca de solventes y otras sustancias peligrosas.

5.4.2. Generación de Lixiviados.

La producción de lixiviados puede ser minimizada previendo el contacto del agua con los RSM, mediante el uso de los canales laterales, además de una adecuada selección del material de cobertura y en la clausura y saneamiento del SDF con una clasificación de cubierta vegetal que presente una alta evapotranspiración.

La cantidad de lixiviado producido en un SDF clausurado puede variar considerablemente, de acuerdo con las condiciones del sitio. Los factores operacionales que afectan la producción de lixiviados pueden ser: manejo del material de cobertura, irrigación o precipitación anterior a la compactación, irrigación o precipitación después de la compactación y variación en la composición de los RSM.

Se han propuesto numerosos métodos matemáticos para la estimación de la producción de lixiviados, especialmente basados en un balance hidráulico. Algunos parámetros de este modelo son fáciles de obtener pero otros componentes, como el escurrimiento superficial y la evapotranspiración del material de la cobertura final son difíciles de establecer. Asimismo, no existe una verificación de los modelos debido a lo limitado de los datos registrados en el campo y la planeación, precisión y susceptibilidad de los modelos para determinar la generación de los lixiviados, que es prácticamente limitada.

5.4.3. Componentes que Influyen en la Formación del Lixiviado.

Para realizar la evaluación de la producción de lixiviado en un SDF se establece una relación hidrológica básica, en la cual se examinan los cambios en la cantidad de agua que se viene determinando a través de un balance hídrico entre las entradas de todas las fuentes posibles, así como sus pérdidas.

El volumen de lixiviados generados depende de varios factores, en general, éste se encuentra determinado por los siguientes factores:

- Disponibilidad de agua.
- Condiciones de impermeabilidad de la superficie final.
- Características fisicoquímicas de los residuos.

Dentro de los factores que más influyen en la disponibilidad de agua, se presenta la precipitación, el escurrimiento superficial, intrusión de agua freática, irrigación, descomposición de los RSM y disposición de los residuos líquidos. De estas aportaciones, la principal contribución es directamente la precipitación pluvial.

El agua que alcanza la superficie final del sitio por precipitación pluvial, escurrimiento superficial o irrigación puede ser evapotranspirada o infiltrada a través de la cobertura final. La distribución y la dirección que sigue el agua dentro del sitio, depende de las condiciones de la superficie, dentro de éstas, las que más pueden afectar la generación de lixiviado son:

- La cubierta vegetal
- Material de cobertura final
- Topografía
- Temperatura
- Humedad

A continuación, se describen estos componentes.

5.4.3.1. Precipitación Pluvial.

Como ya se mencionó, la precipitación pluvial se considera como el componente que más influye en la producción de lixiviado. Se puede analizar en términos de media anual, media estacional, media mensual y media diaria; la distribución de ésta depende de las características y de las condiciones atmosféricas prevalecientes.

Las principales características de la precipitación pluvial que pueden afectar la generación de lixiviado son:

a) Cantidad, Intensidad, Frecuencia y Duración.

La intensidad de la precipitación indicará el impacto de las gotas en la superficie del suelo, este efecto puede cambiar las tasas de infiltración y por lo tanto, el cambio en la cantidad de lixiviado producido. La frecuencia de la precipitación y duración pueden afectar la producción de lixiviado por su influencia directa sobre la infiltración y escurrimiento superficial.

Por lo general, en mayor o menor medida, existen estaciones meteorológicas cercanas a cualquier sitio que pretenda estudiarse, las cuales proporcionan datos como las alturas de precipitación pluvial para la estación meteorológica, coordenadas geodésicas, periodos reportados y se indican los promedios mensuales de dicha precipitación. De estos datos se toma el promedio aritmético anual de precipitación pluvial durante el periodo histórico, en mm/año.

b) Escurrimiento Superficial.

El escurrimiento superficial es la cantidad de agua de lluvia que se pierde antes de que pueda infiltrarse en el suelo. La mayor condición que afecta el escurrimiento superficial dentro y fuera de los SDF de RSM, es por las condiciones topográficas del sitio, su extensión, su pendiente media, material utilizado en la cobertura, tipo de vegetación, permeabilidad del suelo, humedad del suelo, tipo de roca y porosidad, drenaje artificial, la intensidad y duración de la lluvia, las condiciones de temperatura y la humedad del aire.

La forma más usual para determinar la cantidad de agua corresponde a la fracción del escurrimiento, la cual se estima mediante el uso de coeficientes de escurrimiento. Estos coeficientes proporcionan un medio para evaluar la infiltración, debido a la precipitación dada en el lugar.

El escurrimiento superficial se puede calcular de acuerdo con la siguiente expresión

$$ES = Ke P$$

Donde:

ES = Escurrimiento superficial mensual expresado en milímetros

Ke = Coeficiente de escurrimiento

P = Precipitación pluvial mensual en milímetros

Los coeficientes utilizados para calcular el escurrimiento superficial, de acuerdo a las características del suelo se presentan en la tabla de coeficientes de escurrimiento, donde se tiene por ejemplo que para un suelo arcilloso plano del 2%, el coeficiente de escurrimiento varía de 0.1 a 0.3. En la tabla No. 5.3. Se presentan diferentes coeficientes de escurrimiento.

c) Infiltración.

El agua infiltrada es aquella que no ha podido evaporarse o escurrir, entre los factores que más influyen está:

El suelo o material de cubierta (permeabilidad, contenido de humedad, porosidad, contenido orgánico, grado de compactación, espesor de las capas permeables).

- El clima, su influencia sobre la infiltración es notable, debido a que en las zonas áridas las lluvias fuertes de poca duración no tienen tiempo de penetrar y son a menudo retomadas por la evaporación.
- La vegetación, su influencia es preponderante porque tiene un papel regulador en la infiltración y reductor de los efectos de la evaporación sobre el suelo y la erosión.

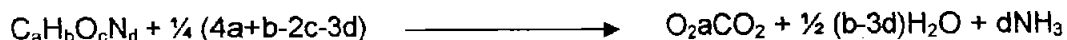
Tabla 5.3. Coeficientes de Escurrimiento.

TIPO DE DRENAJE	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO
Área comercial:	
Área del centro de la ciudad	0.70 - 0.95
Áreas en la periferia	0.50 - 0.70
Área residencial:	
Con casa unifamiliares	0.30 - 0.50
Con multifamiliares espaciados	0.40 - 0.60
Con conjuntos multifamiliares	0.60 - 0.75
Suburbios	0.25 - 0.40
Residenciales con jardín	0.50 - 0.70
Área industrial:	
Baja	0.50 - 0.80
Alta	0.60 - 0.90
Cementerios y parques	0.10 - 0.25
Parques recreativos	0.20 - 0.35
Áreas de maniobra de FFCC	0.20 - 0.40
Áreas de terracería	0.10 - 0.30
Calles:	
Con concreto asfáltico	0.70 - 0.95
Concreto	0.80 - 0.95
Con adoquín	0.70 - 0.85
Banquetas y guarniciones	0.75 - 0.85
Techos	0.75 - 0.95
Suelos:	
Suelo arenoso, plano, 2%	0.15 - 0.10
Suelo arenoso, medio, 2-7%	0.10 - 0.15
Suelo arenoso, inclinado, 7%	0.15 - 0.20
Suelo arcilloso plano, 2%	0.13 - 0.17
Suelo arcilloso medio, 2-7%	0.18 - 0.22
Suelo arcilloso inclinado, 7%	0.25 - 0.35

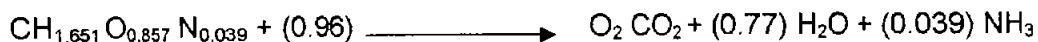
5.4.4. Generación de Lixiviados.

a) Cálculo de la Humedad Liberada en la Fase Aerobia:

Se obtendrá a partir de la reacción química estequiométrica que gobierna la oxidación de la materia orgánica.



De tal manera que por sustitución de la fórmula mínima calculada para la generación de biogás, para la fracción orgánica de los RSM generados en el SDF del M. de T., se tiene que:



De lo anterior, se observa que la DBO teórica para la oxidación de la materia orgánica contenida en los RSM, es decir, los gramos de oxígeno necesario para oxidar un gramo de residuos es de 1.10 gr de O₂/gr de residuo, generándose durante esta reacción una humedad de 0.77 átomo – gramo de H₂O, equivalente a 0.5 gr de H₂O por gramo de residuo.

Aceptando una porosidad de 53% en los residuos, se tiene que:

En un m³ de residuos hay = 0.50 m³ de aire.

Peso del aire = 0.99kg/m³.

Por lo que en 1 m³ de residuos hay = 0.530 kg de aire.

Como sabemos, el oxígeno representa aproximadamente el 25% en peso del aire, por lo cual en un metro cúbico de residuos habrá 126 gr de oxígeno.

Con esta cantidad de oxígeno, es posible estabilizar aeróbicamente la siguiente cantidad de materia orgánica:

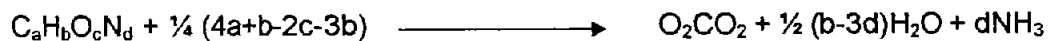
(26 gr O₂) / (1.10 gr O₂/gr residuos) = 115 gr de residuos.

Liberándose durante esta estabilización, 58 gr de H₂O.

b) Cálculo de la Demanda de Humedad durante la Fase Anaerobia:

Siguiendo con el análisis de 1 m³ de residuos, el cual pesará 700 kg, tendremos que a partir del 77.84% de materia orgánica determinada y del 50% de humedad se tendrá 195 kg de materia degradable por m³ de residuos, de los cuales, de acuerdo al análisis hasta aquí efectuado, 115 gr se descompondrán aeróbicamente antes de consumir todo el O₂ presente, descomponiéndose mediante el proceso anaerobio los 194.885 kg restantes.

La reacción química estequiométrica que gobierna la descomposición anaerobia de la parte orgánica de los residuos domésticos viene dada por la siguiente ecuación:



Sustituyendo los valores de los subíndices encontrados para la fórmula mínima, se tiene:



De lo anterior se observa que para transformar un gramo de residuos anaeróbicamente, se requiere 0.12 gr de agua, por lo que 1 m³ de residuos, el cual contiene 359.885 kg de materia degradable demandará:

$$194.885 \text{ kg} \times 0.12 = 23.386 \text{ kg de } H_2O$$

De aquí, en total, el balance entre la producción de humedad y la demanda de la misma en los procesos aerobio y anaerobio respectivamente, arroja una diferencia a favor de la demanda de agua m³ de residuos debida al proceso anaerobio de:

$$23.386 \text{ kg} - 0.058 \text{ kg} = 23.328 \text{ kg de } H_2O \text{ demandada por m}^3 \text{ de residuos degradados.}$$

En términos de lámina de agua, la humedad requerida para estabilizar los residuos contenidos en una capa de 1 metro de espesor, será igual a:

23.33 mm de H₂O / metro de residuos.

Ahora bien, este análisis como puede observarse, hace la consideración de que todo proceso, tanto aerobio como anaerobio, se completa en un año, lo cual definitivamente no es del todo válido. De acuerdo con Tchobanoglous, la reacción aerobia se completa totalmente en tres meses aproximadamente, después de depositados los RSM; mientras que la reacción anaerobia, aunque en algunos casos puede durar más de 25 años, en general el 70% de la reacción se efectúa en los primeros cinco años, valor este último que se tomará para diseño.

Por tanto, la lámina anual requerida para la estabilización de la fracción orgánica presente en los residuos sólidos, será de:

$$\text{Lámina anual} = (23.33 \text{ mm/m residuos})/5 = 4.666 \text{ mm/metro de residuos.}$$

Por consiguiente, la lámina mensual será:

$$\text{Lámina mensual} = (4.666 \text{ mm/m de residuos})/12 = 0.389 \text{ mm/m de residuos.}$$

Debido a lo pequeño de este valor, y para estar dentro de la seguridad, esta lámina mensual no será considerada en el cálculo del balance de agua a infiltrarse en el SDF.

5.4.5. Estimación de la Producción de Lixiviados.

Para determinar la cantidad de agua a infiltrarse en el suelo como lixiviado o líquido percolado contaminante, después de haberse percolado a través de todas las capas de residuos que conformaron el SDF de RSM del M. de T., se aplicará el Método del Balance de Agua desarrollado por C.W. Thornthwaite, según es descrito por Castany.

El método anterior se basa en la evaluación empírica de la evapotranspiración potencial mensual. Después se calcula la evapotranspiración real mensual, elemento desconocido del balance, partiendo de algunas estimaciones, la principal de las cuales

concieme a la evaluación de la cantidad máxima de agua almacenada en el suelo antes de la percolación.

La información requerida para la aplicación del método, tiene que ver con las precipitaciones y temperaturas promedio mensuales, de la estación climatológica más próxima. La secuencia a seguir para el cálculo del balance de agua, se presenta a continuación:

a) Determinación de las evapotranspiraciones mensuales potenciales corregidas, a partir de las temperaturas promedio mensuales; empleando para ello, las siguientes fórmulas:

$$EP_j = 1.6(10 T_j/I)^a$$

$$ij = (T_j/5)^{1.1514}$$

12

$$I = \sum_{j=1}^{12} ij$$

J=1

$$^a = 0.49239 + 1792 \times 10E-05 (I) - 771 \times 10E-07 (I^2) + 675 \times 10E-09 (I^3)$$

Donde:

EP_j: Evapotranspiración potencial mensual sin corregir, en cm.

T_j: Temperatura media mensual, en °C.

I Sumatoria de los índices mensuales de calor, (adimensional).

ij: Índice mensual de calor, (adimensional)

^a: Coeficiente adimensional que está en función de la sumatoria de los índices mensuales de calor.

j: Número del mes considerado.

Además, los valores de “EP_j” calculados para cada mes se corrigen por medio de un coeficiente mensual “K”, que toma en cuenta el número de días y el número real de horas entre la salida y la puesta del sol.

b) Cálculo de la humedad potencial de infiltración mensual, realizando el siguiente balance para cada uno de los meses del año:

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

$$IP_j = (P_j - (CE_j * P_j)) - EP_j$$

Donde:

IP_j = Humedad potencial de infiltración mensual, en mm.

P_j = Precipitación media mensual, en mm.

CE_j = Coeficiente de escurrimiento mensual, (adimensional).

c) Realización para cada uno de los meses del año, en un balance de agua en la cubierta diaria y final del relleno sanitario, tomando en cuenta para tal fin, las siguientes consideraciones:

c.1. Cuando la precipitación mensual es igual o superior a la evapotranspiración potencial mensual, se producirá un exceso en el aporte de agua a la cubierta de suelo; exceso que al ser absorbido alimentará la reserva de agua almacenada por el mismo suelo.

c.2. Si la altura de precipitación mensual es inferior a la evapotranspiración potencial mensual, sucederá que la evapotranspiración real consumirá totalmente la precipitación, generándose por tanto, un cierto déficit el cual es cubierto con las reservas de agua del suelo, hasta su agotamiento. Si la reserva del suelo es suficiente para satisfacer dicho déficit, la evapotranspiración real será igual a la evapotranspiración potencial, por lo que se cae dentro de la consideración anterior; mientras que si por el contrario, la reserva del suelo resulta ser insuficiente, la evapotranspiración real queda ligada a las precipitaciones mensuales, agotándose las reservas de suelo y generándose por tanto, un déficit en el almacenamiento de agua en el suelo.

Con la metodología antes descrita, se procederá a efectuar un balance de agua con la siguiente información:

Estación:	P. Gpe. Tultitlán
Latitud:	19°38' N
Longitud:	99°15' W
Altitud:	2300 m.s.n.m.

"SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES."

Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	M	D	Anual
Precipitación (mm)	6.5	8.7	10	30.8	53.34	141	148.6	137	88	33.1	4.3	5.9	673.24
Temperatura °C	10.7	13.1	15	17.1	17.8	17.7	16.6	16.7	16.5	15	13.5	12.8	14.25

Cubierta Final: Material limoso, con una capacidad de campo de 300 mm/m, punto de marchitamiento de 100 mm/m, capacidad de absorción de humedad del suelo (HS) de 200 mm/m y un espesor de 20 cms.

El cálculo de la evapotranspiración potencial ajustada (EVTPA), se presenta en la tabla 5.4.

Se considera un coeficiente de escurrimiento superficial de 0.13 en temporada de secas y de 0.17 en temporada de lluvias, con lo cual pudo estimarse a partir de la precipitación (P), el escurrimiento superficial (ES) y la infiltración (I); estos cálculos se presentan en la tabla de Humedad de Infiltración.

Tabla No. 5.4. Evapotranspiración Potencial Ajustada.

MES	TEMPERATURA (°C)	EVT ° (MM)	FACTOR DE CORRECCIÓN	EVTPA (MM)
ENERO	10.7	2.28	0.95	2.17
FEBRERO	13.1	3.05	0.90	2.75
MARZO	15	3.5	1.03	6.61
ABRIL	17.1	10.78	1.05	11.32
MAYO	17.3	20.77	1.13	23.47
JUNIO	17.9	49.35	1.10	54.29
JULIO	16.6	52.01	1.14	59.29
AGOSTO	16.7	47.95	1.10	52.75
SEPTIEMBRE	16.5	30.8	1.02	31.42
OCTUBRE	15	11.59	1.00	11.59
NOVIEMBRE	13.5	1.51	0.93	1.40
DICIEMBRE	12.3	2.07	0.95	1.97

Para: I = 86.63

^a = 1.905

Tabla No. 5.5. Cálculo de la Humedad de Infiltración.

<u>Mes</u>	<u>P (mm)</u>	<u>Kc</u>	<u>ES</u>	<u>I</u>
ENERO	6.5	0.13	0.84	5.22
FEBRERO	8.7	0.13	1.13	5.22
MARZO	10	0.13	1.30	6.96
ABRIL	30.8	0.13	4.00	20.88
MAYO	59.34	0.13	7.71	52.20
JUNIO	141	0.17	23.97	99.60
JULIO	148.6	0.17	25.26	120.35
AGOSTO	137	0.17	23.29	103.75
SEPTIEMBRE	88	0.17	14.96	74.70
OCTUBRE	33.1	0.17	23.50	19.92
NOVIEMBRE	4.3	0.13	0.56	2.61
DICIEMBRE	5.9	0.13	0.77	3.48

La evapotranspiración real (ETA), y la percolación se calcularon mediante las siguientes relaciones:

$ETA = ET \text{ si } I - ET > 0$ $ETA = I - \Delta HS \text{ si } I - ET < 0$ $PERC = I - \Delta HS - ETA$

Estableciendo lo anterior, se realizó el balance de agua para determinar la cantidad de percolación de agua pluvial anual al SDF, es decir, la cantidad potencial de lixiviados a generarse en el sitio.

Los cálculos de balance de Agua, a partir del método anterior y con los parámetros establecidos se observó que existe una percolación de mm/año. A partir de una superficie ocupada por los residuos de 6.50 hectáreas, se tendrá una producción de lixiviados anual de 260,000 m³, equivalente a un gasto de 35.62 m³ por día.

5.4.6. Sistema Propuesto para Control de lixiviado.

Como se mencionó en el inicio de este inciso, uno de los objetivos fundamentales del Proyecto Ejecutivo es minimizar el ingreso de agua de lluvia al estrato de residuos sólidos depositados en el SDF del municipio de Tultitlán.

Para ello, se calculó y diseñó la capa final de sello, lo que minimizará de manera considerable el ingreso de agua de lluvia y por otro lado en el siguiente inciso, se presenta en detalle el sistema de drenaje pluvial del sitio y del agua de escurrimiento que proviene de la Sierra de Guadalupe, así con ello, se suprime la fuente que origina el lixiviado.

Sin embargo, dadas las condiciones de operación del sitio, en que la mayor parte de su vida útil estuvo sin cobertura, en la actualidad los residuos sólidos han captado una gran cantidad de agua, que ha sido absorbida por los materiales ahí depositados, los cuales una vez que llegan a su límite de saturación, se inicia el proceso de lixiviación y con ello, la presencia de lixiviado en el lugar.

Con tal motivo, nuestro proyecto incluye en la parte baja del sitio, un dren colector que permitirá la recolección del lixiviado que se generará por un tiempo una vez sellado y permeado el sitio, este lixiviado será captado en canales perimetrales conectados con la masa de residuos y el colector descargará en una laguna de almacenamiento y evaporación.

Las características de la laguna y de los canales de recolección de lixiviado, de la laguna de almacenamiento deberá ser monitoreada, con la finalidad de determinar con base a las necesidades, la extracción del lixiviado y la incorporación para su recirculación en la parte superior del terreno, sobre todo en la parte norte del sitio.

El caudal de lixiviados conectado mediante tuberías será descargado en una laguna de evaporación de forma rectangular de tirante máximo de 100 cm. De acuerdo con los cálculos del volumen de lixiviados que se generan, se estima que esta estructura será suficiente para cubrir los picos debido a la precipitación pluvial y a la generación de lixiviados durante la etapa de postclausura.

Durante los primeros años, el lixiviado contendrá cantidades significativas de DBO_5 , DQO, nutrientes y metales pesados. Cuando el lixiviado es recirculado, la concentración de los constituyentes es atenuada por la actividad biológica y por otras reacciones físicas y químicas que ocurren. Por ejemplo, los ácidos orgánicos simples presentes en el lixiviado serán convertidos a CH_4 y CO_2 .

Debido a que se eleva el pH en el SDF cuando se produce el CH_4 los metales serán precipitados y retenidos en el sitio. Un beneficio adicional de recircular el lixiviado es la recuperación de gas que contiene CH_4 . La producción de gas es mayor cuando hay sistemas de recirculación de lixiviado, por ello, para evitar una liberación incontrolada se ha propuesto un sistema pasivo de control de gases.

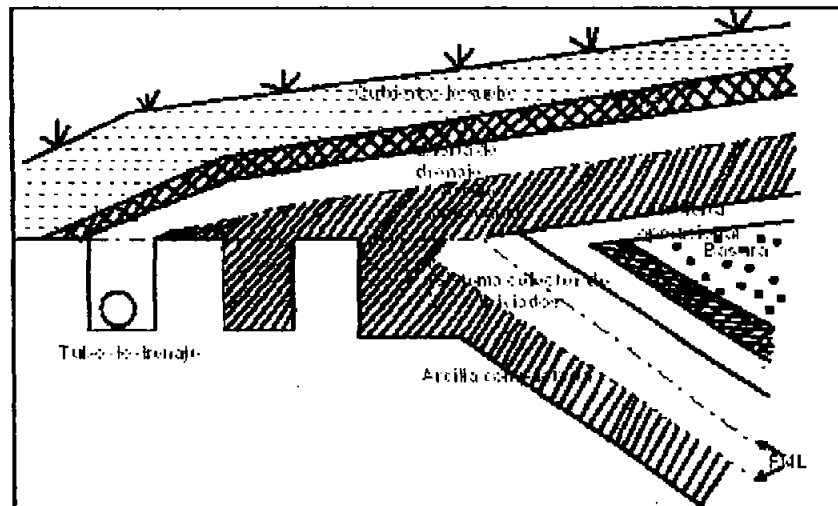


Fig. 5.7. Sistema de Control de Lixiviados.

5.5. Diseño de Sistema de Drenajes Pluviales.

5.5.1. Estudio Hidrológico.

5.5.1.1. Criterios Preliminares.

Con el fin de elegir la metodología más adecuada para el estudio hidrológico, se tomaron en cuenta los siguientes factores:

- Magnitud de las cuencas de drenaje.
- Disponibilidad de información hidrológica y su complejidad.
- Hipótesis simplificadoras para la consecución del estudio.

Las áreas a drenar son de 6.5 hectáreas en el SDF y de 5.3 hectáreas en el canal de protección al sitio, por lo cual se considera que son cuencas pequeñas (Chow, 1962).

Para obtener la información de lluvias en la zona de estudio o sus cercanías, se consultó la información del Servicio Meteorológico Nacional (S.M.N.), dependiente de la Comisión Nacional del Agua (C.N.A.). Las estaciones climatológicas más cercanas al sitio de estudio son Tultepec, San Martín Obispo y Presa Guadalupe, contando esta última con datos de pluviógrafo.

Las tres estaciones mencionadas se encuentran a varios kilómetros del SDF en estudio, además existe información ya procesada a nivel regional, con la cual no se justifica un análisis clásico de lluvias para obtener curvas i-d-Tr.

El Valle de México ha sido objeto de exhaustivos estudios hidrológicos por parte de diversas dependencias, con el propósito de obtener una caracterización regional de las lluvias que permita manejar información ya procesada y validada por especialistas.

Entre la información hidrológica ya procesada y disponible, se encuentra la siguiente:

- a) Publicación AL200-86 de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica del Gobierno del D.F. (DGCOH); los datos de tal publicación son referentes al procesamiento de información de estaciones climatológicas en la Ciudad de México y su área metropolitana. Aún cuando esta información fue objeto de actualización en 1993, no se tiene a la fecha su publicación, por lo cual siguen vigentes y en uso.

b) Publicación “Isoyetas de intensidad de lluvia para la República Mexicana”, editada por la Secretaría de comunicaciones y Transportes (SCT), en 1992.

La publicación AL200-86 tiene como inconveniente que la zona de proyecto del SDF, no se ubica dentro del intervalo de coordenadas de los dos planos de isoyetas que contiene.

Por el contrario, la publicación de la SCT contiene los planos de isoyetas de intensidad de lluvia para los 31 estados del país y el Distrito Federal, con duraciones de 10, 30, 60, 120 y 240 minutos, para períodos de retorno de 10, 25 y 50 años, respectivamente.

Recientemente, la Gerencia Regional de Aguas del Valle de México (GRAVAMEX) de la Comisión Nacional del Agua (CNA), encargó al Instituto de Ingeniería de la UNAM actualizar dichos estudios.

Entre los resultados más relevantes se tienen los nuevos factores de ajuste por duración, por período de retorno y por área. A partir del plano de isoyetas para duración de 30 minutos y período de retorno 10 años, figura No. 5.8., se obtiene el valor de intensidad de lluvia básica para el presente trabajo.

Los períodos de retorno a considerar para el cálculo de gastos de diseño, son de cinco años para la red interna del SDF y de 10 años para el canal de protección al SDF. Estos valores se proponen conforme a la normatividad establecida para este tipo de proyectos; el considerar un mayor período de retorno para el diseño del canal de protección, es con el fin de dar más seguridad en la intercepción de los escurrimientos provenientes de la Sierra de Guadalupe, que pondrían en peligro al SDF.

La red de drenaje en vialidades del SDF estará formada por canaletas de sección trapecial con taludes 1:1; dado que el sitio sufrirá fuertes asentamientos, las canaletas estarán formadas por placas de lámina galvanizada.

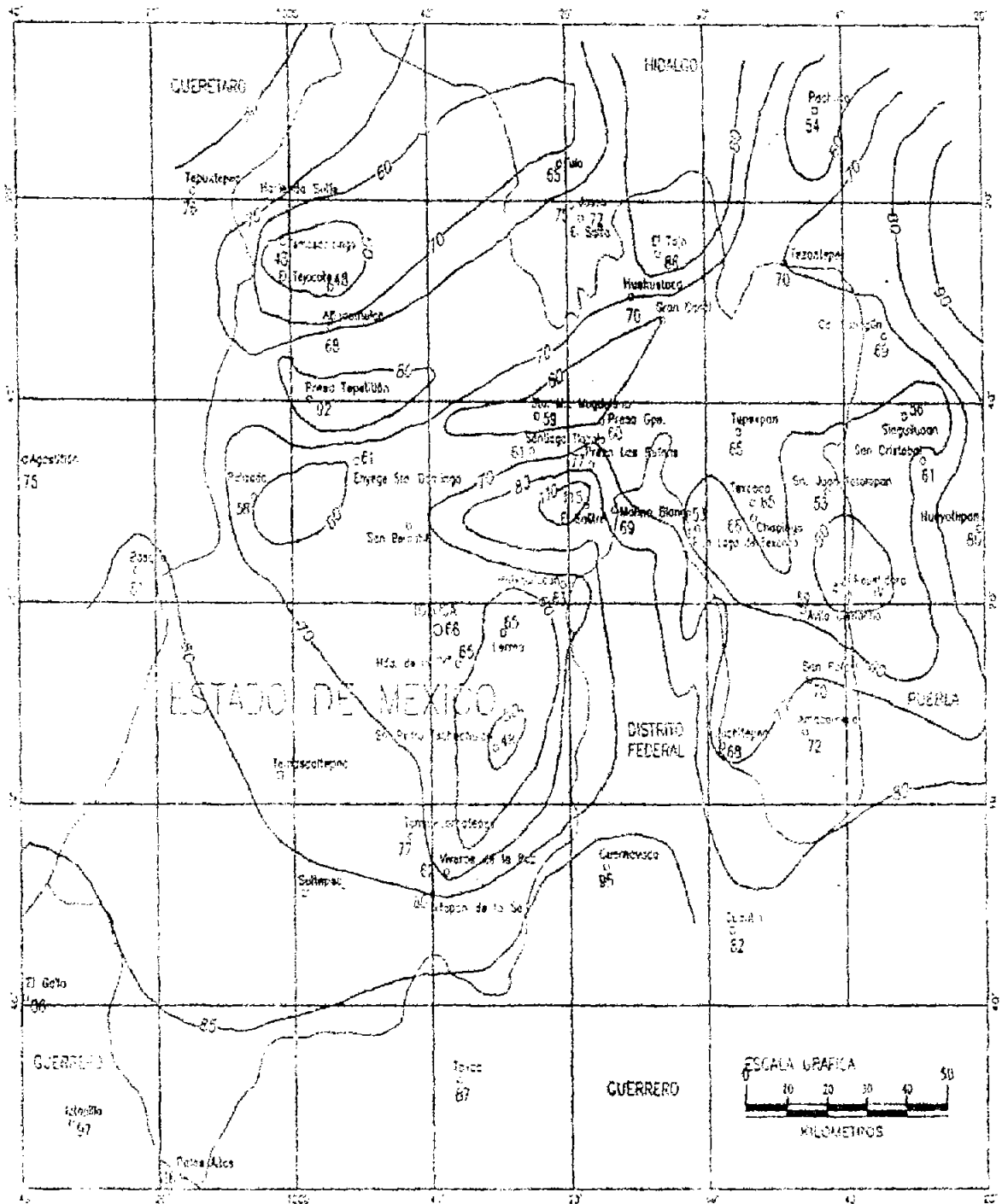
“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

Las canaletas de los ramales en la rampa superior, estarán cubiertas con rejilla, para facilitar el paso de vehículos a lo ancho de la vialidad. En la rampa inferior, sólo se cubrirán con rejilla los cruces con la vialidad de acceso y la conexión entre los registros R2 y R3.

Finalmente, el emisor estará formado por tubería de 50.8 cm (20”), y descargará en la margen izquierda del arroyo Hondo.

En cuanto al canal de protección, se propone construirlo de sección trapecial con taludes 1.5:1, a base de concreto reforzado con malla electrosoldada. Casi en su totalidad será excavado, por razones de economía.

Fig. 5.8. Isoyetas Intensidad de Lluvia (mm/h) (Periodo de Retorno 10 años, duración 30 min).



5.5.2. Cálculo de Gastos Pluviales.

Para el cálculo de gastos pluviales, se aplicó el Método Racional Americano, cuya expresión es:

$$Q = 2.778 * C * i * A$$

Donde:

Q: gasto máximo pluvial, en lps.

C: coeficiente de escurrimiento, adimensional.

i intensidad de lluvia, en mm/hr

A: área drenada, en hectáreas.

2.778: coeficiente de conversión de unidades.

Las áreas de aportación al SDF se calcularon para cada tramo en la red interna, asignándose un valor propio y uno acumulado.

El área que drenará el canal de protección fue obtenida de la Carta Topográfica E14A29 (Cuautitlán) de INEGI, escala 1:50,000.

5.5.2.1. Coeficientes de Escurrimiento.

Para el SDF, el coeficiente de escurrimiento seleccionado fue de $C = 0.80$ en base al material de carpeta en vialidades y medidas de impermeabilización al compactar las diversas capas de RSM y arcilla, tomando en cuenta que deberá evitarse lo más posible la infiltración en el sitio, dadas sus características de diseño y funcionalidad.

El coeficiente de escurrimiento para el área que drenará al canal de protección, fue seleccionado conforme a la metodología recomendada en la publicación “Manual para la Estimación de Avenidas Máximas en Cuencas y Presas Pequeñas”, editado por la extinta SARH en 1985.

Con la tabla No. 8.3. de la publicación (pag. 77), los factores considerados fueron:

- Topografía (terreno accidentado): $c1' = 0.10$
- Suelos (arcillo-arenoso y arcillo-arenoso suelto): $C2' = 0.30$
- Cobertura (bosque): $c3' = 0.20$

Restando a la unidad la suma de los tres factores, se tiene:

$$C = 1 - (0.10 + 0.30 + 0.20) = 0.40$$

Utilizando la tabla 4.4. de la misma página, para topografía accidentada con suelos arcillo-arenoso firme o arcillo-arenoso abierto y cobertura vegetal tipo bosque, se tiene $C = 0.40$. Por tales razones, se adoptó un coeficiente $C = 0.40$.

5.5.2.2. Intensidad de Lluvia y Tiempo de Concentración.

La intensidad de lluvia seleccionada inicialmente, fue de 66.0 mm; la expresión para ajustar este valor es:

$$i = 66.0 \cdot F_{Tr} \cdot F_d$$

Para un $Tr = 5$ años, $F_{Tr} = 0.88$ y para $Tr = 10$ año, $F_{Tr} = 1.00$; además, para duraciones de lluvia menores o iguales a 30 minutos, $F_d = 0.78$.

La duración de la tormenta en cada tramo de la red en el SDF, se obtuvo en base al tiempo de concentración, que se expresa como:

$$T_c = T_e + T_v,$$

Donde:

T_c : Tiempo de concentración, en minutos.

T_v : Tiempo de viaje en los tramos, en minutos.

T_e : Tiempo de entrada, en minutos.

Con el fin de no sobreestimar los gastos, se propuso como tiempo mínimo de entrada 20 minutos (DGCOH) para el primer tramo; el tiempo de viaje fue evaluado dividiendo la longitud de cada tramo, entre una velocidad inicial propuesta y que finalmente, deberá ser casi igual a la real en el tramo de conducción.

Sumando el tiempo de viaje al tiempo de entrada inicial, se obtuvo el tiempo de concentración para el primer tramo; para los siguientes tramos, el tiempo de ingreso es igual al tiempo de concentración del tramo anterior. Con base a estas duraciones, se calcularon las intensidades de lluvia en cada tramo, resultado todas menores a 30 minutos, por lo que la intensidad de lluvia resultó constante ($i = 45.3 \text{ mm/hr}$).

5.5.3. Análisis Hidráulico.

Se verificó el funcionamiento hidráulico (velocidades y número de Froude) para el tirante que a flujo uniforme conducirá los gastos en cada tramo de la red y en el canal de protección; para la red interna, las pendientes propuestas son las que tendrán las vialidades ya construidas y en el canal externo, quedarán en función de la topografía. En las tablas No. 5.6., 5.7 y 5.8., se muestran a detalle los resultados obtenidos.

El coeficiente de rugosidad de Manning por emplearse será $n = 0.016$, para lámina de acero galvanizada y $n = 0.017$ para concreto con acabado regular. Para encontrar los tirantes a flujo uniforme en cada tramo de los ramales y su velocidad respectiva, se aplica la ecuación de Manning en sus dos formas:

$$Q = (A/n) \cdot Rh^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

$$V = (1/n) \cdot Rh^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

Donde:

“S” es la pendiente longitudinal en cada tramo,

el factor de sección es $n \cdot Q/S^{1/2} = Rh^{2/3}$

Proponiendo tirantes y evaluando las características geométrico-hidráulicas, el término $A \cdot Rh^{2/3}$ deberá ser igual al factor de sección calculado. El número de Fraude se evaluó con la expresión:

$$Fr = V / (g \cdot Y)^{1/2}$$

Donde:

$Y = A/B$ es el tirante hidráulico medio.

A excepción de los tramos 16A-R3, 23-R1, y 30-R1 en la red interna del diseño de la tubería el régimen de escurrimiento es supercrítico ($Fr > 1.0$).

Para el desalojo de las aguas provenientes de los ramales “C” y “D”, se construirá un registro R1, del cual saldrá una tubería de acero con 508 mm (20”) ϕ que la conducirá al registro R2. Se eligió este diámetro ya que la velocidad resultante es cercana a 1.5 m/s, evitándose así posibles daños al registro R2.

Del registro R2 las aguas continuarán su recorrido por una canaleta con rejilla, que termina en el registro R3; ahí confluirán con las aguas provenientes de los ramales “A” y “B”. Finalmente, todo el gasto final se enviará a la margen izquierda del arroyo Hondo por dos tuberías de acero de 508 mm (20”) ϕ , descargándose primeramente a una zona que deberá protegerse para zampeado.

El canal de protección estará formado por dos tramos en régimen de escurrimiento uniforme y por una rápida, en la cual se alojarán tres caídas con valor de 0.70 m cada una. La descarga será en la margen izquierda del arroyo Hondo, aproximadamente en la cota 2355.0; se recomienda proteger con zampeado la zona aledaña a la terminación del canal, dada la gran velocidad que llevará el agua.

Tipo y descripción del canal	Mínimo	Normal	Máximo
A. CONDUCTOS CERRADOS DESCARGANDO PARCIALMENTE LLENOS			
A.1 Metales			
a) Latón-lino	0.008	0.010	0.013
b) Acero			
1. Soldado	0.010	0.012	0.014
2. Normalizado	0.013	0.016	0.017
c) Fierro fundido			
1. Ductado	0.010	0.013	0.014
2. Serrado	0.013	0.014	0.016
d) Hierro forjado			
1. Negro	0.012	0.014	0.015
2. Galvanizado	0.013	0.016	0.017
e) Metal con revestido			
1. Drenaje	0.017	0.018	0.021
2. Drenaje plomado	0.021	0.024	0.030
A.2 No metales			
a) Ladrillo	0.008	0.009	0.010
b) Vidrio	0.008	0.010	0.013
c) Cemento			
1. Liso	0.010	0.011	0.013
2. Molado	0.011	0.013	0.015
d) Concreto			
1. Almacoñado con y fibra de asbesto	0.010	0.011	0.013
2. Almacoñado con arena, coque, carbón y algunos escombros	0.011	0.013	0.014
3. Acabado	0.011	0.012	0.014
4. Dientes, juntas con juntas de asbesto, entretas, etc.	0.013	0.015	0.017
5. No acabados, en cámara de acero	0.012	0.013	0.014
6. No acabados, en cámara de madera o roca	0.012	0.014	0.016
7. No acabados en cámara de madera bruta	0.015	0.017	0.020
e) Madera			
1. Dura	0.010	0.012	0.014
2. Canalada y torcida	0.015	0.017	0.020
f) Arcilla			
1. Tejas de barro cocido común	0.011	0.013	0.017
2. Tejas de albañal vitificado	0.011	0.014	0.017
3. Tejas de albañal vitificado con ventanas de inspección	0.013	0.015	0.017

Fig. 5.9. Factores de Fricción, n, (de Manning).

"SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES."

Tabla 5.6. Calculo de Drenaje Pluvial.

CALCULO DE DRENAJE PLUVIAL

MUNICIPIO : TULTITLAN DE MARIANO ESCOBEDO, EDO. DE MEXICO

SITIO : SITIO DE DISPOSICION FINAL A CLAUSURAR

Intensidad de lluvia: $i = 58.09$ mm
 Coeficiente de escurrimiento: $C = 0.60$
 Periodo de retorno: $T_r = 5.00$ años

TRAMO		LONG. (m)	ÁREAS		Veloc. Inicial (m/s)	TIEMPOS			Fd	Int. de lluvia (j) (mm/h)	Q _{pluv.} (l/s)	b (cm)	St (mL)	So (mL)	COTAS		PROF. (m)
DE	A		PROP. (has)	ACUM. (has)		T _i (min)	T _v (min)	T _{conc.} (min)							T. NAT. (m)	PLANT. (m)	
R A M A L "A"																	
1	1														2368.16	2368.01	0.150
1	2	34.00	0.037	0.037	0.70	20.93	0.81	20.81	0.78	45.30	3.73	20	0.00	13.20	2362.16	2367.55	0.592
2	3	63.00	0.121	0.159	2.20	20.81	0.45	21.26	0.78	45.30	16.01	20	152.67	146.00	2350.00	2359.80	0.199
3	4	58.00	0.139	0.297	1.20	21.25	0.51	22.07	0.78	45.30	29.90	20	88.97	69.00	2355.00	2354.80	0.201
4	5	51.00	0.175	0.472	1.35	22.97	0.63	22.73	0.78	45.30	47.52	20	90.04	98.00	2350.00	2349.80	0.199
5	6	51.00	0.150	0.652	0.80	22.73	1.08	23.78	0.78	45.30	66.05	20	93.22	98.20	2348.00	2347.05	0.199
6	7	94.00	0.650	1.012	0.80	23.73	1.65	25.72	0.78	45.30	101.88	25	97.23	97.25	2344.50	2344.25	0.251
7	8	48.00	0.148	1.100	0.80	25.72	1.00	26.72	0.78	45.30	116.79	25	47.71	47.70	2342.21	2341.65	0.251
8	R3	52.00	0.165	1.343	0.80	26.72	1.23	28.01	0.78	45.30	135.21	25	67.90	67.90	2338.00	2337.75	0.251
R A M A L "B"																	
1	1														2392.16	2392.01	0.150
1	9	47.00	0.058	0.053	0.65	20.03	1.20	21.20	0.78	45.30	6.65	20	0.00	9.60	2388.16	2387.55	0.591
9	10	53.00	0.195	0.263	1.50	21.20	0.64	21.84	0.78	45.30	26.48	25	37.24	30.30	2368.00	2365.80	0.199
10	11	70.00	0.217	0.450	3.00	21.84	0.29	22.22	0.78	45.30	43.33	20	131.71	131.70	2355.78	2355.55	0.199
11	12	40.00	0.112	0.592	2.80	22.23	0.24	22.47	0.78	45.30	69.60	20	90.75	90.80	2353.15	2352.65	0.200
12	13	30.00	0.093	0.690	3.00	22.47	0.17	22.61	0.78	45.30	93.47	20	74.33	74.30	2350.92	2350.72	0.199
13	14	55.00	0.180	0.890	2.40	22.61	0.39	23.02	0.78	45.30	86.60	20	47.27	47.30	2348.32	2348.12	0.200
14	15	98.50	0.381	1.241	2.45	23.02	0.67	23.69	0.78	45.30	124.94	25	38.78	38.80	2344.50	2344.25	0.252
15	16	46.00	0.171	1.412	2.50	23.69	0.32	24.01	0.78	45.30	142.16	25	38.12	38.10	2342.67	2342.42	0.251
16	16A	55.00	0.150	1.592	3.40	24.01	0.27	24.28	0.78	45.30	157.26	30	84.91	84.90	2338.00	2337.70	0.300
16A	R3	53.00	0.255	1.817	1.30	24.28	0.63	24.96	0.78	45.30	182.94	40	0.00	1.80	2338.00	2337.60	0.495

Tabla 5.6. Calculo de Drenaje Pluvial.

CALCULO DE DRENAJE PLUVIAL

MUNICIPIO : TULTITLAN DE MARIANO ESCOBEDO, EDO. DE MEXICO

SITO : SITIO DE DISPOSICION FINAL A CLAUSURAR

Intensidad de lluvia: $i = 58.00$ mm
 Coeficiente de escurrimiento: $C = 0.60$
 Tiempo de retardo: $T_r = 5.00$ años

TRAMO DE	A	LONG (m)	A R T A S		Veloc. Inicial (m/s)	TIEMPOS			Fd	In. de lluvia (mm)	Opluv. (mm)	b (mm)	St (mm)	So (mm)	COTAS		
			PROP (mes)	ACUM. (mes)		T _r (min)	T _v (min)	T _{canal} (min)							T. NAT (m)	PLAN (m)	PROF. (m)
R A M A L "C"																	
17	18	42.00	0.147	0.147	1.30	20.00	0.54	20.54	0.78	45.30	14.86	20	40.00	40.00	2387.06	2387.48	0.200
18	19	50.00	0.244	0.391	1.30	20.54	0.54	21.18	0.78	45.30	33.37	20	40.00	40.00	2389.00	2389.60	0.200
19	20	51.00	0.275	0.666	1.30	21.18	0.65	21.83	0.78	45.30	67.05	20	39.22	39.22	2392.05	2391.89	0.188
20	21	52.00	0.280	0.946	1.30	21.83	0.67	22.50	0.78	45.30	95.24	20	38.46	38.50	2395.00	2394.75	0.249
21	22	102.00	0.575	1.521	1.30	22.50	1.31	23.81	0.78	45.30	153.13	30	37.35	37.35	2399.19	2398.88	0.304
22	23	28.50	0.057	1.578	1.30	23.81	0.37	24.17	0.78	45.30	158.87	30	28.07	28.10	2399.69	2399.09	0.302
23	R1	250	0.000	1.578	1.30	24.17	0.03	24.20	0.78	45.30	158.27	35	5.00	5.00	2399.38	2399.03	0.352
R1	R2	44.00	0.000	1.578	1.30								395.00		2393.00	2393.60	0.350
R2	R3	4.80	0.000	1.578	1.30	0.00	0.06	0.06	0.78	45.30	324.29	35	0.00	20.50	2386.00	2387.05	0.448
R A M A L "D"																	
24	25	28.00	0.142	0.142	1.30	20.00	0.35	20.36	0.78	45.30	14.30	20	32.14	32.50	2394.00	2393.60	0.202
25	26	50.00	0.347	0.489	1.30	20.36	0.74	21.10	0.78	45.30	49.23	20	34.48	34.50	2392.00	2391.80	0.203
26	27	51.00	0.317	0.805	1.30	21.10	0.65	21.75	0.78	45.30	67.19	25	30.20	30.20	2395.00	2394.75	0.252
27	28	92.00	0.492	1.358	1.30	21.75	1.05	22.81	0.78	45.30	136.72	25	39.15	39.15	2393.79	2393.54	0.252
28	29	92.00	0.115	1.473	1.30	22.81	0.41	23.22	0.78	45.30	146.30	25	30.94	30.90	2395.70	2395.60	0.251
29	30	16.00	0.034	1.507	1.30	23.22	0.00	23.42	0.78	45.30	181.72	30	13.75	13.75	2395.65	2395.28	0.301
30	31	48.00	0.193	1.843	1.30	23.42	0.50	24.01	0.78	45.30	165.42	35	4.35	4.35	2395.30	2395.00	0.351
SUMAS		1701.00	6.38														

- Notas
- 1.- La conducción entre registros R1 y R2 se hará con tubería de acero de 508 mm (20") de diámetro
 - 2.- El emisor para desahue del gasto total, instalará en el registro R3.
 - 3.- El gasto total es de 141.44 l.p.s.

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

Tabla 5.7. Tirante Normal en Cunetas.

MUNICIPIO: TULTITLÁN DE MARIANO ESCOBEDO, EDO. DE MÉXICO
SITIO: RELLENO SANITARIO A CLAUSURAR

TIRANTE NORMAL EN CUNETAS

Coefficiente de Manning (n): 0.016 s/m^{1/3} (lámina de acero galvanizado)
Tabul (k): 1

TRAMO		Q	Q	y	b	A	P	R _n	RH(2%)	A ² RH(2%)	n ² C/S ^(1/2)	D	V	B	Y	F _r	
DE	A	p.s.	m	m	m	m ²	m	m	m ² (2%)	m ⁴ (2%)	m ³ (2%)	(%)	m/s	m	m		
R A M A L "A"																	
1	2	3.73	0.0133	0.0250	0.20	0.0064	0.2792	0.0229	0.0660	0.00061	0.02052	0.0004	0.58	0.256	0.025	1.18	
2	3	16.01	0.146	0.0350	0.20	0.0077	0.2833	0.0282	0.0682	0.00066	0.02067	0.0006	2.03	0.266	0.029	3.9	
3	4	29.90	0.089	0.0550	0.20	0.0153	0.2839	0.0417	0.1202	0.00134	0.02182	0.0015	1.66	0.318	0.043	2.85	
4	5	47.52	0.068	0.0850	0.20	0.0186	0.3052	0.0470	0.1302	0.00242	0.02243	0.0012	2.56	0.338	0.055	3.49	
5	6	66.66	0.052	0.1050	0.20	0.0333	0.5055	0.0538	0.1630	0.00541	0.02539	0.0036	2.17	0.415	0.080	2.28	
6	7	101.63	0.0375	0.1240	0.25	0.0484	0.6007	0.0772	0.1813	0.00841	0.02845	0.0030	2.20	0.428	0.083	2.30	
7	8	115.73	0.0470	0.1250	0.25	0.0489	0.6036	0.0777	0.1820	0.00853	0.02853	0.0023	2.40	0.503	0.084	2.63	
8	R3	135.21	0.0670	0.1230	0.25	0.0459	0.6078	0.0767	0.1835	0.00828	0.02830	0.0018	2.05	0.456	0.092	3.09	
R A M A L "B"																	
9	9	6.85	0.0078	0.0440	0.20	0.0107	0.2245	0.0051	0.1031	0.00111	0.02112	0.0011	0.64	0.258	0.027	1.03	
9	10	26.48	0.0099	0.0550	0.20	0.0186	0.3052	0.0070	0.1302	0.00242	0.02243	0.0016	1.43	0.338	0.033	1.94	
10	11	48.13	0.1317	0.0840	0.20	0.0169	0.3870	0.0043	0.1253	0.00212	0.02316	0.0014	2.86	0.328	0.032	4.0	
11	12	50.50	0.0603	0.0800	0.20	0.0224	0.4263	0.0025	0.1403	0.00314	0.02316	0.0022	2.66	0.36	0.031	4.0	
12	13	68.47	0.0743	0.0520	0.20	0.0389	0.4602	0.0584	0.1505	0.00404	0.02405	0.0035	2.59	0.364	0.070	3.10	
13	14	68.60	0.0783	0.1150	0.20	0.0390	0.5355	0.0707	0.1711	0.00649	0.02552	0.0025	2.23	0.433	0.067	2.53	
14	15	74.94	0.0383	0.1370	0.25	0.0530	0.6375	0.0532	0.1905	0.01010	0.01015	0.0047	2.36	0.524	0.101	2.37	
15	16	142.15	0.0501	0.1480	0.25	0.0589	0.6836	0.0851	0.1980	0.01165	0.01165	0.0010	2.41	0.548	0.103	2.38	
15	16A	157.26	0.0340	0.1150	0.30	0.0477	0.6253	0.0763	0.1739	0.00863	0.00894	0.0048	3.30	0.62	0.020	6.5	
16A	R3	182.94	0.0318	0.2110	0.40	0.2211	1.2756	0.1728	0.3102	0.06883	0.03509	0.0386	0.63	1.072	0.218	0.57	
R A M A L "C"																	
17	18	14.80	0.04	0.0440	0.20	0.0107	0.2245	0.0051	0.1031	0.00111	0.02113	0.0017	1.38	0.288	0.037	2.25	
18	19	26.37	0.04	0.0750	0.20	0.0225	0.4234	0.0021	0.1384	0.00307	0.02316	0.0017	1.79	0.368	0.052	2.30	
19	20	27.05	0.022	0.1080	0.20	0.033	0.5053	0.0050	0.1630	0.00541	0.02542	0.0038	2.02	0.416	0.050	2.28	
20	21	95.24	0.0335	0.1150	0.25	0.0489	0.5836	0.0748	0.1713	0.00760	0.02777	0.0033	2.17	0.488	0.080	2.3	
21	22	153.13	0.03735	0.1420	0.30	0.0633	0.7045	0.0899	0.2007	0.01272	0.0289	0.0037	2.42	0.585	0.108	2.35	
22	23	153.87	0.0331	0.1570	0.30	0.0717	0.7441	0.0854	0.2103	0.01309	0.02906	0.0017	2.21	0.614	0.117	2.0	
23	R1	153.87	0.033	0.2340	0.35	0.1337	1.0119	0.1351	0.2602	0.03307	0.03355	0.0324	1.16	0.818	0.197	0.9	
23	R2	153.87															
32	R2	324.28	0.0265	0.2350	0.35	0.1375	1.014	0.1365	0.2608	0.03626	0.03624	0.0026	2.56	0.62	0.188	1.84	
R A M A L "D"																	
24	25	14.80	0.0022	0.0440	0.20	0.0119	0.2353	0.0055	0.1079	0.00125	0.02127	0.0010	1.20	0.296	0.040	1.01	
25	26	48.23	0.0345	0.0950	0.20	0.0220	0.4687	0.0038	0.1529	0.00429	0.02424	0.0014	1.76	0.380	0.072	2.03	
26	27	87.16	0.0352	0.1120	0.25	0.0405	0.5686	0.0715	0.1723	0.00689	0.02703	0.0034	2.15	0.474	0.085	2.23	
27	28	136.72	0.02315	0.1440	0.25	0.0587	0.6573	0.0833	0.1853	0.01108	0.02103	0.0027	2.41	0.536	0.105	2.33	
28	29	148.30	0.03030	0.1620	0.25	0.0633	0.7023	0.0934	0.2038	0.01350	0.02350	0.0033	2.26	0.570	0.115	2.13	
29	30	151.72	0.03375	0.1660	0.30	0.0904	0.8231	0.1034	0.2280	0.02365	0.02070	0.0022	1.58	0.572	0.135	1.45	
30	R1	155.42	0.03405	0.2420	0.35	0.1493	1.0514	0.1493	0.3100	0.04018	0.04013	0.0036	1.72	0.648	0.175	0.85	

Tabla 5.8. Tirante Normal en Canal de Protección.

MUNICIPIO: TULTITLÁN DE MARIANO ESCOBEDO, EDO. DE MÉXICO
 SITIO: RELLENO SANITARIO A CLAUSURAR

TIRANTE NORMAL EN CANAL DE PROTECCION

Coefficiente de Manning (n): 0.017 $\text{seg}^{1/3}$ (Concreto con acabado regular)
 Talud (K): 1.5

Q lps	S	y m	b m	A m ²	P m	R _h m	R _h (a) m ^{2/3}	A ^{2/3} (a) m ^{4/3}	n ^{2/3} (a) m ^{2/3}	D (%)	V m/s	B m	Y m	R _h
311.00	0.02467	0.1976	0.40	0.1370	1.103	0.1234	0.2479	0.03395	0.03430	0.012	2.27	0.737	0.105	1.68
311.00	0.045	0.2269	0.40	0.1335	1.2049	0.1369	0.2645	0.04332	0.04317	0.016	1.90	0.731	0.210	1.37
311.00	0.08466	0.1520	0.40	0.0955	0.9450	0.1057	0.2184	0.02895	0.02079	0.013	3.26	0.666	0.135	2.74
311.00	0.131428	0.1269	0.40	0.0742	0.8643	0.0899	0.1961	0.01453	0.01455	0.009	4.19	0.615	0.101	3.85
311.00	0.12264	0.1280	0.40	0.0753	0.8513	0.0920	0.1976	0.01499	0.01510	0.011	4.10	0.619	0.122	3.74
311.00	0.193277	0.1140	0.40	0.0551	0.8110	0.0803	0.1501	0.01211	0.01203	0.009	4.78	0.595	0.105	4.51

5.6. Programa de Mantenimiento Postclausura.

Esta etapa está orientada a la construcción de los sistemas de control ambiental, la cual inicia prácticamente después que los RSM hayan sido cubiertos en su totalidad con el material de la cubierta final. Las obras de control en esta etapa son:

- Sistema de control de escurrimientos.
- Sistema de control de lixiviados.
- Sistema de control de biogás.
- Sistema de monitoreo de agua subterránea.

Proveer un plan detallado para la inspección, mantenimiento y monitoreo que el operador implementará durante el período de mantenimiento de postclausura.

Por esta razón, se ha considerado conveniente presentar un programa de mantenimiento y control para drenajes, cubierta final, jardines y caminos, además del plan de emergencia y funciones del personal responsable del programa de mantenimiento en la postclausura.

5.6.1. Programa de Mantenimiento al Sistema de Control de Escurrimientos.

El operador deberá realizar el mantenimiento a los sistemas de drenajes, teniendo en cuenta que éstos deben estar libres, sin obstrucción de malezas, residuos, piedras o cualquier elemento que pudiera obstaculizar la fluidez del agua de lluvia. Así como la reparación en caso de agrietamiento o ruptura del canal.

Se debe presentar un método de limpieza y mantenimiento, así como el período de realización de la misma, reflejado en un cronograma de actividades. Asimismo, se debe señalar el método de mantenimiento y control en temporada de lluvias.

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

El mantenimiento de taludes y el control de la erosión se da principalmente, a las áreas donde pudiera haberse eliminado o retirado el pasto y se encuentre el material de cubierta libre y expuesta a la erosión por acción del viento o lluvia.

Se debe contar con un programa de mantenimiento para estos casos, evitando que se pierdan las capas de protección señaladas anteriormente y que los taludes pierdan sus características y dimensiones señaladas en el proyecto de clausura y saneamiento.

El mantenimiento de la cubierta final debe considerar principalmente los asentamientos diferenciales que pudieran presentarse, esto produce una modificación en los niveles del terreno y taludes, generándose encharcamientos en la cubierta; estos asentamientos se reflejan mediante la presencia de grietas. Por lo tanto, los trabajos para esta parte del proyecto, será el de subsanar estos daños, por lo que requiere llevar un registro topográfico que deberá realizarse periódicamente cualquiera de los daños a que se hace referencia.

El mantenimiento de los caminos y berma se basará principalmente, en mantener su condición de operatividad, cuidando que no se degraden por la acción de la lluvia, el viento y el tránsito normal o que pierdan sus características de rodamiento.

Mantenimiento en caminos. Debido a que las vialidades proyectadas se localizan sobre un SDF de RSM, y por ende el suelo de cimentación tendrá asentamientos diferenciales, se recomienda llevar a cabo un programa de mantenimiento preventivo de los mismos, con el objeto de conservar los niveles de la rasante.

Dicho mantenimiento consiste en adicionar materiales por capas de 15 cms. de espesor debidamente compactados al 95% de su peso volumétrico seco máximo.

Los períodos entre cada mantenimiento, queda sujeto a las condiciones de rodamiento que presenten los caminos.

El mantenimiento de jardines. Este deberá realizarse teniendo en cuenta la extensión de la superficie comprendida y utilizando una pequeña lámina de agua para su riego, se tendrá cuidado de no regarse con exceso, para evitar la generación de lixiviados.

En el caso de que el pasto hubiera sido sembrado con semilla, se debe verificar que todas las zonas geminen y que el crecimiento del pasto sea uniforme, de no ser así, deberá volverse a sembrar, para evitar que existan lugares de tierra libre. Lo mismo debe realizarse en el caso de haber usado rollos de pasto, esto es renovar los tramos que no hubieran prendido en el terreno.

Además, se debe contar con un programa de mantenimiento que incluya el corte del pasto, ya sea mensual y riego semanal. De existir la posibilidad de que el predio se ensucie, debe considerarse la posibilidad de limpiarse el pasto de papeles, hojas u otro tipo de residuos que pudieran volar al predio y dar mal aspecto visual.

5.6.2. Programa de Mantenimiento y Control de la Infraestructura.

En el caso del mantenimiento y control de infraestructura, se debe garantizar que éstas se encuentren en buenas condiciones de pintura, limpieza y operatividad, tanto la cerca perimetral como las puertas de acceso y salida.

5.6.3. Plan de Emergencias.

Se debe instrumentar un plan de respuesta a una emergencia y debe identificar ocurrencias que puedan exceder el diseño o dañar la salud pública o al ambiente.

El plan debe describir procedimientos específicos para minimizar estos peligros. Los eventos que el plan debe incluir son: vandalismo, terremotos, explosiones, colapso de diques naturales o artificiales, problemas con drenajes superficiales.

El plan de emergencia debe contener lo siguiente:

- Identificación de los eventos, los cuales requieran medidas correctivas.
- Una descripción de la acción a ser tomada y la secuencia necesaria para la mitigación.
- Listado general de equipos que podrían ser requeridos para mitigar cualquier tipo de emergencias.

Funciones del personal responsable del mantenimiento. Se debe especificar el perfil profesional del personal a emplearse, indicando las funciones para lo que fue contratado, así como el horario de trabajo para las funciones de mantenimiento, como fue señalado anteriormente, así como del personal de vigilancia que requiera.

Deberá especificar las funciones del personal para cada una de las actividades de mantenimiento y control que se incluyen dentro del plan de postclausura. Así como, para las actividades complementarias que se desarrollen al respecto. En ambos casos, se especificará el cronograma de trabajo cuando éstos no sean permanentes.

Se deberá contar con una lista de todos los equipos y materiales que se requieran, especificando de manera independiente para cada tipo de actividad de mantenimiento y control que se mencionan en el plan de postclausura.

En el caso de equipos, deberá especificar las características de capacidad, tamaño, forma de operación de éstos, así como el programa de mantenimiento de los mismos.

5.6.4. Etapa a Largo Plazo.

En esta etapa se dará seguimiento a los sistemas de control establecidos anteriormente, considerando que se presentarán cambios debidos a la degradación de los RSM durante el transcurso del tiempo, a la movilidad de los productos en esta etapa de degradación, a los efectos climáticos, asentamientos, sismos, etc. Para esta etapa, se recomienda cumplir con el programa de mantenimiento y asegurar el sistema de control ambiental mediante el monitoreo de biogás, lixiviados, agua subterránea.

5.7. Programa de Reforestación y Transformación Paisajística.

Este programa se presenta y se proporcionan los lineamientos para llevarlo a cabo, de acuerdo a las circunstancias del predio. Estos programas posiblemente sean a largo plazo, sin embargo, se presentan para que estén disponibles en su momento.

El programa de reforestación y transformación paisajística contempla el concepto de aprovechar las bondades y características topográficas de la cuenca donde se ubica el SDF, con el fin de obtener sitios de recreación y esparcimiento con amplias áreas verdes, considerando para ello, la vegetación que mejor se desarrolle en el sitio.

En la consecución de lo anterior, para el programa se tomaron en cuenta aspectos importantes como: uso de suelos, requerimientos de riego en zonas revegetadas, grado de desarrollo de las especies a manejar e influencia de las condiciones climatológicas imperantes en la zona, programas de siembra o plantación, necesidades de zonas de recreo en las inmediaciones del sitio.

5.7.1. Reforestación.

La reforestación como elemento de rescate de ecosistemas o sitios que presentan deterioro en sus componentes naturales originales, es una actividad que debe estar encaminada, por un lado, a la conformación de un hábitat para el desarrollo de la vegetación inducida y por otro, al uso o aprovechamiento para distintos propósitos; en este sentido, es conveniente en primera instancia, plantearse objetivos para el total éxito en este tipo de tareas, según los siguientes objetivos:

5.7.1.1. Objetivos Generales.

- Recuperar la cubierta vegetal en las áreas perturbadas.
- Promover la regeneración de las áreas deterioradas.
- Recuperar y transformar la calidad paisajística del área.

- Proteger y mejorar la calidad del hábitat.
- Promover el uso de especies regionales en la restauración del ambiente.

La protección ambiental en el área de interés debe ser entendida como una integración del mayor número de acciones destinadas a solucionar los problemas del SDF, presentando acciones a corto, mediano y largo plazos.

En este sentido, la reforestación debe ser considerada como parte fundamental de un reordenamiento ecológico necesario para la adecuada planeación del uso y manejo de los recursos naturales.

5.7.1.2. Programa de Reforestación Integral.

El programa de reforestación se estructura de acuerdo con las fases de desarrollo de las otras acciones necesarias para el saneamiento integral del SDF y es necesario establecer primeramente, las áreas por atender, a partir de una actividad cronogramática de reforestación, en las que se seguirán los criterios abajo indicados.

Para identificar las áreas por reforestar a partir del programa de reforestación, se seguirán los siguientes criterios:

- Áreas en las que la recuperación de los estratos arbóreos y arbustivos es factible en los alrededores del sitio, y que han sido deterioradas por los pobladores locales y como consecuencia de las antiguas actividades de depósito de residuos sólidos.
- Áreas útiles para el mejoramiento del hábitat.
- Sitios en los que se requiere la restauración del paisaje.
- Zonificación para uso como: áreas de contemplación, descanso y paseo familiar; áreas de recreación activa y deportes y las áreas vedadas.

5.7.1.3. Criterios de Selección de Especies y Esquemas de Distribución.

Los criterios que se fijarán en la selección de las especies, para la reforestación de las áreas que así lo requieren, son los siguientes:

- Especies nativas adaptadas a las condiciones ambientales que presentan las áreas por reforestar y que contribuyen a la recuperación del SDF.
- Especies no nativas o exóticas que, por su viabilidad y adaptabilidad, favorezcan la recuperación de zonas específicas y que no afecten las condiciones ecológicas del área.
- Especies arbóreas y arbustivas de rápido crecimiento y de fácil manejo en vivero.
- Especies que presenten un buen desarrollo radicular, ya que esto ayuda a la formación y contención del suelo.
- Especies que favorezcan la recuperación de hábitats naturales.
- Especies aprovechables por la población o que representen un alto valor estético o paisajístico.

5.7.1.4. Metodología de Reforestación.

Las diferentes metodologías que se utilizarán en las actividades de reforestación, tienen características similares, sin embargo, la presente estará sujeta a las necesidades que plantean los distintos lugares por reforestar en el sitio y a las características ecológicas de la zona, por lo que a continuación se expone la metodología general a seguir, según sea el caso.

Para todos los casos, se deberá contar con una buena superficie de suelo mejorado arriba de la última capa de cubierta, la cual será compactada; este suelo tendrá un espesor de acuerdo a las características del lugar específico y de la cubierta vegetal que será introducida.

a) Trazo y Cepas.

Para la construcción de cepas se considerará el trazo o distribución espacial de las cepas y su tipo. La distribución depende de las características topográficas del terreno y existen para ello varias opciones:

Banda simple a nivel. Se utiliza cuando se reforesta con especies que presentan crecimiento arbóreo. Consiste en trazar curvas de nivel a distancias específicas, de tal forma que cada curva trazada pasa a formar una banda de plantas. Esto se hace con el fin de que cada banda de plantas constituya una barrera que se oponga al escurrimiento superficial del agua, disminuyendo su velocidad y la cantidad de suelo arrastrado. Esto promueve zonas de depositación de suelo que ayudan a nivelar el terreno.

La distancia entre bandas dependerá de la disponibilidad y tipo de plantas con que se cuente, así como de la pendiente del terreno. Se recomienda que entre mayor sea la pendiente, la distancia entre bandas disminuya, con el propósito de tener una mayor densidad que proporcione mayor protección al sustrato edáfico.

La distancia mínima entre cepas dentro de la banda, deberá ser de 1.5 m y podrá aumentar de acuerdo con la talla que alcancen las plantas. Una distancia menor no es recomendable, ya que puede provocar problemas de competencia entre ellas.

Las cepas de la banda próxima inferior deben intercalarse con las de la banda superior. Con esto se cubrirá más eficientemente el terreno, lo que evitará la formación de cárcavas. Esta opción se recomienda para terrenos con una pendiente leve que no presente mucha variación.

Banda doble a nivel. En este caso, se combina la utilización de plantas con dos tipos de crecimiento, arbóreo y arbustivo. Para su trazo se sigue el mismo procedimiento del caso anterior, además de aumentar otra banda 1 metro debajo de la trazada a nivel, intercalando las cepas de la banda de abajo con las de arriba.

Las plantas con crecimiento arbóreo se colocan en las cepas de la banda superior y las arbustivas en la banda inferior, con el fin de que las plantas arbóreas no se vean afectadas en su crecimiento por las arbustivas. Además, estas últimas presentan un mayor crecimiento radicular, que ayudará a contener de una manera más efectiva el suelo que sea retenido por la banda. Esta opción es recomendable en zonas de fuerte pendiente (mayores de 30%), donde se requiere la formación de barreras que logren contener el suelo que es removido por los escurrimientos superficiales.

Tresbolillo. El trazo de las cepas en este sistema, forma un triángulo equilátero, de manera que entre ellas siempre exista la misma separación. Para calcular el número de árboles por unidad de superficie se aplica la fórmula siguiente:

$$N = S/CD^2$$

Donde:

N = número de árboles

S = superficie en m²

D = distancia entre árboles (3 m)

C = 0.86 (constante)

Este método se sugiere para sitios planos o con poca pendiente, que no requiere barreras muy cerradas, para evitar la erosión.

Estrategia mixta. Esta opción es una combinación de los tipos de trazo anteriores y se recomienda para aquellas zonas cuya topografía presenta una combinación de sitios con pendientes fuertes y leves. En la transición entre estos tipos de pendientes, es posible encontrar acumulación de suelo; en este caso, y en el de pendientes mayores de 10%, es aconsejable utilizar banda simple a nivel o banda doble a nivel y tresbolillo en las zonas menos inclinadas.

Asimismo, se debe observar la relación entre la pendiente del terreno, la distribución de cepas y la distancia entre bandas, para obtener la densidad entre bandas, para obtener la densidad de plantación; en la siguiente tabla se muestra lo anterior.

b) Relación Entre Tipo de Pendientes, Trazo Recomendado y Densidad de Plantas.

En la tabla 5.9. Se muestran los valores recomendados.

Tabla No. 5.9. Valores Recomendados de Reforestación.

<u>TIPO DE PENDIENTE</u>	<u>TRAZO RECOMENDADO</u>	<u>DISTANCIA ENTRE BANDAS</u>	<u>PLANTAS POR HECTÁREA</u>
Plana (0-5%)	Banda simple a nivel y "tresbolillo"	10 m	400
		3 m	2000
Leve (6-12%)	Banda doble a nivel y "tresbolillo"	8 m	960
	Banda doble a nivel	3 m	1840
Regular (13-20%)	Banda doble a nivel	4 m	1920
		3 m	3650
Fuerte (>20%)	Banda doble a nivel	2 m	2490
		1.5 m	5000

El tipo y tamaño de las cepas depende de las características de los sitios por reforestar, específicamente de la pendiente, textura y profundidad del suelo y del tamaño de la raíz de la planta.

En los suelos planos o de pendiente moderada, las cepas pueden hacerse de 40 X 40 cm, con una profundidad de 30 a 50 cm, según lo permita el suelo. Se debe remover bien el suelo donde se va a introducir la planta, sobre todo cuando sea muy compacto. Esto permitirá que el suelo tenga buena aereación y mayor permeabilidad del agua.

El suelo que se extrae al excavar las cepas debe acumularse en la parte inferior, apisonándolo y formando una media luna para evitar azolvamiento de la cepa. La profundidad de la cepa siempre tiene que ser mayor que la longitud de la raíz de la planta.

La época del año adecuada para realizar las cepas, depende de la pendiente del terreno. Es benéfico para las plantas que las cepas se hagan en la época de secas, ya que se permite su aereación y la eliminación de algunas de las plagas del suelo. Sin embargo, esto sólo puede realizarse en zonas con poca pendiente y no expuestas a fuertes procesos erosivos. En el caso de las zonas con fuerte pendiente debe transcurrir el menor tiempo

posible entre la realización de la cepa y el trasplante, para evitar la pérdida del suelo y el azolvamiento de la cepa.

c) Acarreo.

Al inicio de la temporada de lluvias, se deberá llevar a cabo el transporte de las plantas de vivero al sitio de plantación, evitando su maltrato. Para el acarreo de plantas en envases de plástico se hacen las siguientes recomendaciones:

- Si se utiliza camión para el traslado de la planta, no estibar más de dos.
- Si el traslado se realiza con animales de carga, deben utilizarse cajas de madera, tratando de no encimar unas con otras.
- Si el traslado lo realizan personas a pie, pueden usar implementos adecuados de la región, cuidando que las plantas no se encimen.

La evapotranspiración de las plantas es directamente proporcional a la superficie foliar y su velocidad depende de la humedad ambiental, por lo que durante su transporte se deberá cuidar que las plantas se encuentren protegidas del viento producido por la velocidad del vehículo, ya que se acelera su deshidratación. Los camiones que se utilicen deberán contar con cubiertas que protejan a las plantas, y los árboles de gran tamaño deben colocarse horizontalmente. Todas las plantas antes de ser transportadas, deberán regarse abundantemente.

d) Transplante.

Lo más conveniente es realizar esta actividad en cuanto la planta haya sido llevada a la zona que se reforestará, para evitar exponerla a condiciones desfavorables, de preferencia por las mañanas, ya que a estas horas hay mayor humedad ambiental.

En el momento del trasplante, se debe quitar la bolsa en que venga la planta, con el fin de permitir el crecimiento adecuado de la raíz. Al introducir la planta no se debe presionar la raíz contra el fondo de la cepa, sino procurar que siga teniendo la misma posición que tenía

en la bolsa e ir rellenando la cepa con la misma tierra que se extrajo de ella. Se debe apisonar suavemente la superficie, para evitar que entre demasiado aire a la raíz.

Una vez realizado el trasplante, el suelo de la superficie de la cepa debe quedar más bajo que la superficie del terreno, para permitir la acumulación de agua y suelo proveniente de los escurrimientos.

e) Tutores.

Cuando las plantas establecidas poseen un tallo demasiado débil en comparación con el peso de la copa y muestren tendencia a la inclinación, se requieren tutores o estacas que, durante el primer año de desarrollo los mantengan verticales. Estos pueden ser estacas de madera, derechas y fuertemente clavadas en la tierra firme por debajo de la excavación hecha con motivo de la apertura de la cepa, para que conserven su posición vertical. El amarre del tronco del árbol al tutor no deberá hacerse con alambre, ya que ello puede causar estrangulamiento. Es conveniente realizarlo con materiales biodegradables.

f) Deshierbe.

Durante la época de lluvias crece mucha vegetación herbácea en los terrenos reforestados. Esto crea una fuerte competencia de las malezas con las plantas introducidas. Para evitar esto, es necesario eliminar la vegetación herbácea que afecte directamente a las plantas. Es importante indicar que el suelo desnudo es muy susceptible de ser erosionado por las lluvias, por lo que esta cubierta vegetal herbácea no debe ser removida en su totalidad, sino sólo aquella que se encuentre en la cepa o alrededor de ella.

g) Poda de Plantación.

Una vez que han sido plantados los árboles o arbustos, y estando debidamente regados o húmedos, se puede proceder a la poda de plantación, que consiste en eliminar parte del follaje para compensar la pérdida del sistema radicular y evitar deshidratación de la planta. Algunas ramas que se observen en mala condición, en dirección inadecuada de crecimiento o que sean excesivas, se puede podar. En especies de hoja perenne, es

conveniente quitar gran parte de las hojas viejas, ya que no realizan completamente la función de fotosíntesis, pero ejercen evapotranspiración.

La poda es, sin duda, una de las labores más importantes para el mantenimiento de los árboles, ya que estimula el crecimiento vegetativo y aumenta la resistencia en ciertas estructuras del árbol, así como el volumen de la copa. El no realizar la poda puede producir una sensible disminución del área foliar, envejecimiento e incluso enanización.

h) Orientación Magnética.

Para el caso de trasplantar árboles consolidados de la región cercana, se deberá realizar la identificación de la orientación magnética de los sujetos, la cual deberá marcarse de forma indeleble en su fuste. La reinstalación del sujeto será en las condiciones lo más parecido posible a las que tuvo en su lugar de origen, en cuanto a influencia meteórica.

i) Atenciones Fitosanitarias.

En los primeros tres años de las plantaciones, es importante atender los aspectos fitosanitarios, sobre todo lo referente a plagas que se alimentan del follaje, como las larvas de lepidópteros. En las primeras etapas del desarrollo de las plantas, la defoliación causada por insectos o por arácnidos puede ser muy perjudicial. Las aspersiones de insecticidas sistémicos o de acción estomática, sólo deberán hacerse cuando se presenten ataques graves.

j) Atención Durante el Almacenamiento.

El material vegetal que sea recibido del vivero debe ser protegido en su almacenamiento provisional, en tanto pueda ser plantado. Esta protección comprende las siguientes acciones:

- Almacenamiento temporal en lugar sombreado (máximo 2 semanas).
- Raíces en contacto con material húmedo.
- Aspersiones frecuentes de agua al follaje (por lo menos 3 veces al día).
- Poda de exceso de follaje o eliminación hasta un 50% de hojas viejas.

Finalmente, estos rubros son importantes, ya que ha sido frecuente que árboles bien producidos y extraídos en buenas condiciones, no se desarrollen en sus lugares de establecimiento, por descuido en los procesos de transporte o de almacenamiento provisional.

El éxito o fracaso de la reforestación sólo puede ser determinado a mediano o largo plazos, para lo cual se deben realizar evaluaciones periódicas, a partir del primer año de los siguientes parámetros:

Supervivencia de las plantas. Es necesario conocer qué porcentaje de las plantas introducidas sobrevive y cuáles son las especies con mayor supervivencia. Esto dará una primera aproximación de cuáles son las mejor adaptadas a las condiciones ambientales locales y, por lo tanto, es necesario llevar a cabo una resiembra para sustituir las especies con mayor mortalidad.

Con esta información, se podrán aplicar acciones correctivas y orientar estudios que determinen las causas que afectan dicha supervivencia.

Crecimiento de las plantas. El registro de la supervivencia, por sí solo, no es suficiente para evaluar el éxito del programa, ya que, aún cuando los ejemplares de una especie estén vivos, si no tienen un crecimiento adecuado, no cumplirán con los objetivos de la reforestación.

Para evaluar esto, es necesario medir algunos parámetros como son: altura, perímetro basal del tallo, número de ramas y cantidad de follaje. En términos prácticos se recomienda elegir uno o dos de los parámetros mencionados que representen, de manera general, el crecimiento de las plantas.

Cubierta vegetal. Un indicador del mejoramiento del suelo lo representa el aumento de la cubierta vegetal natural herbácea o arbustiva en los sitios reforestados.

Característica del suelo. Es importante conocer los cambios que se registran en el suelo de las zonas reforestadas, desde el punto de vista fisicoquímico (textura, profundidad,

contenido de nutrientes, materia orgánica, pH, etc.), lo que dará una idea de las condiciones de fertilidad de los sitios trabajados. Los cambios en este nivel son muy lentos y de alto costo para su evaluación; por ello, se sugiere hacer análisis sencillos y espaciados (cada dos o tres años) que, en forma general, permitan conocer los cambios en textura y materia orgánica de estas zonas.

Erosión. Aunque la cuantificación de este parámetro presenta algunos problemas, se sugiere realizar algunas mediciones durante la época de lluvias, para determinar si el proceso erosivo disminuye a través del tiempo por efecto de la reforestación. Se sugiere que la medición se haga a partir del primer año de la plantación.

Los resultados que se obtengan de la evaluación de los cinco parámetros mencionados, permitirá determinar si la reforestación ha sido exitosa cuando:

- La supervivencia sea mayor al 50%.
- Se observe una tasa de crecimiento tal que, al cabo de 5 años, se cuente con individuos de por lo menos 2 m de altura para el caso de las especies arbustivas. Para el caso de las arbóreas, depende de la especie de que se trate; pero en definitiva, la talla deberá ser mayor a las arbustivas.
- La cubierta vegetal herbácea muestre una franca recuperación, sobre todo en los primeros años.
- Las características físicas y químicas de suelo mejoren en lo que respecta a textura y contenido de materia orgánica.
- La pérdida de suelo por erosión disminuya.

5.7.2. Manejo y Administración de la Reforestación y Vivero.

Por otra parte, es necesario definir que deberá establecerse un organismo operador de la actividad de reforestación, el cual tendrá como objetivos:

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

- Organizar las actividades para realizar la reforestación y controlar la evolución del proceso.
- Mantener en forma ordenada y accesible la documentación sobre el proceso de reforestación y evaluación.
- Lograr la conservación del recurso forestal en el SDF.

Se tendrán que diseñar las actividades principales de este organismo, para lograr los objetivos arriba señalados.

- Gestionar requerimientos de personal y material para llevar a cabo las actividades propuestas.
- Administrar los recursos humanos.
- Seguimiento y control de los recursos financieros
- Elaborar los reportes periódicos sobre las actividades de reforestación y los resultados de ésta.
- Coordinar con la administración del vivero la producción de plantas para reforestar las áreas requeridas.
- Realizar en campo las actividades de reforestación en las áreas seleccionadas.
- Elaborar anualmente un plan de reforestación que incluya la determinación de las áreas nuevas o prioritarias que requieran de ello.

Con relación al vivero, se considera que toda actividad de reforestación deberá estar apoyada por uno o varios viveros autorizados, que satisfagan la demanda de plantas. Estos deben ser formulados como una de las actividades primarias en la planeación de la reforestación y deben cumplir con los siguientes objetivos:

- Producir la cantidad y variedad de plantas requeridas para los programas de reforestación.
- Ser generadores de las técnicas requeridas en el manejo, plantación y cuidado de las plantas.
- Ser el sitio donde se capacite el personal técnico respecto a la producción y manejo de las plantas.

Se considera que si el establecimiento y manejo de viveros no es el adecuado, los programas de reforestación difícilmente podrán ser exitosos.

5.7.3. Programa de Transformación Paisajística.

El objetivo fundamental de la actividad de transformación paisajística del SDF es evaluar la calidad del paisaje actual del sitio, siguiendo una serie de lineamientos específicos. Una vez realizada la evaluación se proponen las metas que en cada sitio particular deben ser alcanzadas para asegurar la preservación de la calidad visual del lugar, ya que ésta será uno de los principales atractivos del sitio.

Debido a que la percepción estética de un paisaje es fundamentalmente subjetiva, es decir, es un principio o valor que se relaciona con el grupo cultural que la defina, se ha desarrollado internacionalmente una serie de lineamientos de evaluación paisajística, que permiten calificar de una forma homogénea y apropiada las características de un paisaje.

El paisaje de una zona se define como la impresión general creada en el observador por la combinación única de las características visuales, percibida en términos de formas, líneas, colores y texturas.

El diseño del paisaje en el sitio deberá tomar en cuenta, por una parte, que es un antiguo lugar totalmente alterado hacia sus ecosistemas naturales, y por otra, las necesidades estéticas de los futuros visitantes al sitio.

5.7.3.1. Evaluación Paisajística.

La evaluación parte de la clasificación del paisaje de acuerdo con los distintos grados de variedad visual. Esto permite determinar aquellos paisajes que son más importantes y aquéllos que tienen menor valor, desde la perspectiva de su calidad paisajística.

Naturalmente, para llegar a esta clasificación también se tomará en cuenta el valor ecológico de cada sitio en particular.

La clasificación se basa en la premisa de que todos los paisajes tienen un valor, pero aquéllos con mayor variedad o diversidad tienen mayor potencial como sitios de alto valor paisajístico o visual. La clasificación del valor paisajístico considera tres unidades o clases que identifican la calidad visual del paisaje natural:

<u>CLASE</u>	<u>VALOR PAISAJÍSTICO</u>
A	Distintivo
B	Común
C	Mínimo

Clase A. Se refiere a aquellas áreas cuyas características, dadas por la topografía, patrones de distribución de la vegetación, riqueza faunística, cuerpos de agua, formaciones rocosas, entre otras, sean de una calidad excepcional.

Clase B. Son aquellas áreas cuyas características contengan una variedad de forma, línea, color, textura o una combinación de éstas, y que sean comunes en la región y no sean singulares en relación con su calidad visual.

Clase C. Se refiere a aquellas áreas cuyas características presentan poca variedad en forma, línea, color o textura y que no son áreas focales, desde el punto de vista paisajístico.

Para la clasificación del valor paisajístico del área de estudio, se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

- Grado de conservación de la cubierta vegetal, que indica igualmente una integridad del ecosistema local.

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

- Tipo característico, que se puede definir como el área que se distingue de otras por su topografía, formaciones rocosas, cuerpos de agua, etc. El tipo característico se basa en secciones fisiográficas del terreno.
- Elementos de dominancia, que son aquellas partes que forman un paisaje. Estos son, en orden descendente de importancia visual para el observador, la forma, la línea, el color y la textura. La fuerza potencial de cada elemento de dominancia varía de acuerdo tonel tipo característico del paisaje en el que se inserte.
- Zonas de distancia, que son las divisiones en las que se clasifica un paisaje de acuerdo con su cercanía con el observador. Estas son 3: primer plano (desde el observador, hasta 500 a 600 m); zona media (de 500 m hasta 5 a 7 km) y fondo (de 5 km. hasta el horizonte).

Una vez establecidas las clases de paisaje –por medio de su evaluación– para cada área, se determinarán los objetivos de calidad, que pueden definirse como metas de manejo del recurso visual y determinan los grados de alteración aceptable al paisaje. Estos son:

➤	Preservación	P
➤	Retención	R
➤	Retención parcial	R P
➤	Modificación	M
➤	Modificación mixta	MM

Además de estos objetivos de calidad, que en realidad son metas a largo plazo, existen dos metas de manejo a corto plazo, que son la rehabilitación y el mejoramiento.

La primera es para restaurar las características originales de un área y la segunda para mejorar paisajes con potencia visual. Una vez que se alcanzan las metas de corto plazo, se aplica uno de los cinco objetivos de calidad mencionados anteriormente.

Los objetivos de calidad rigen las actividades de manejo de un área. Las actividades de manejo para el diseño del paisaje, pueden definirse como las acciones que ejerce el hombre sobre un paisaje para habitarlo, transporte, explotar los recursos naturales o recrearse.

Los objetivos de calidad se definen como:

a) Preservación.

Este objetivo de calidad sólo permite acciones de tipo ecológico en el área, para mejorar el hábitat de especies silvestres. Quedan prohibidas las actividades de manejo y la construcción de cualquier tipo de instalaciones. Como ejemplo de este objetivo, estaría un programa de reforestación, utilizando especies que sirvan para recuperar el equilibrio del ecosistema.

b) Retención.

Este objetivo de calidad visual permite actividades de manejo que no sean visualmente evidentes. Tomando en cuenta las características del paisaje, sólo se permiten actividades o instalaciones que no alteren perceptiblemente los patrones, líneas y texturas características del paisaje. Bajo el objetivo de retención, por ejemplo, se pueden construir senderos, pequeñas instalaciones de servicios, miradores, etc., que no causen un impacto adverso en el paisaje.

c) Retención Parcial.

Las actividades de manejo deben permanecer visualmente subordinadas al paisaje, aún cuando sean claramente perceptibles al observador. Esto se logra cuando la instalación o actividades de manejo repite la forma, línea, textura o color del paisaje circundante.

d) Modificación.

Bajo este objetivo, las actividades de manejo pueden dominar visualmente el paisaje; sin embargo, la escala de toda la composición que conforme la actividad de manejo debe subordinarse al paisaje natural. Además, las partes que componen la actividad de manejo (estructuras, caminos, etc.) deben subordinarse a la composición propuesta.

e) Modificación Máxima.

Las actividades de manejo pueden dominar el paisaje característico y alterar las formas naturales de éste. Sin embargo, al percibir las modificaciones realizadas como parte de un paisaje de fondo, deben adaptarse al paisaje natural y siempre se deben evitar contrastes que demeriten la calidad visual del entorno.

f) Rehabilitación.

Se utiliza para restaurar paisajes que contienen impactos visuales indeseables. Se logra por medio de la alteración, disimulación o remoción de los impactos visuales indeseables, por medio de reforestación, alteraciones del terreno o remoción de estructuras.

g) Mejoramiento.

Se trata de incrementar la variedad visual para mejorar la calidad paisajística de un sitio. Se logra por medio de la adición, remoción o alteración de la vegetación, rocas o estructuras en sitios puntuales, para crear una variedad adicional de formas, colores, texturas, patrones o espacios.

Estos objetivos de calidad, permitirán preservar la calidad del paisaje y la integridad de los ecosistemas naturales, designando las áreas que requieren ser protegidas, aquellas que pueden ser susceptibles de mejorarse y aquellas otras en las que sería posible un desarrollo libre o, en todo caso, con ciertas limitaciones para reducir el impacto en la calidad ecológica y visual del sitio.

Las actividades de manejo recomendadas para cada uno de los objetivos de calidad paisajística, se muestran en la tabla 5.10. siguiente:

Tabla No. 5.10. Actividades de Manejo de Plantas

OBJETIVO	ACTIVIDADES DE MANEJO
Preservación	Reforestación con especies nativas
Retención	Construcción de senderos, miradores, casetas de vigilancia, instalaciones para actividades recreativas pasivas
Retención parcial	Instalaciones para recreación activa, caminos, instalaciones arquitectónicas rústicas con materiales locales
Modificación	Carreteras, construcciones de casas y asentamientos humanos cercanos

Todas las actividades de manejo en el SDF saneado, por las características propias de éste, deben de permanecer subordinadas al paisaje futuro.

5.7.3.2. Zonificación de las Alternativas.

A continuación se presentan algunas alternativas para las diferentes áreas que compondrán el diseño paisajístico final del SDF ya clausurado y saneado, las cuales podrán ser:

- Áreas verdes con acceso al público (jardines).
- Áreas verdes protegidas (con especies arbustivas o florales importantes).
- Áreas de contemplación, descanso y veredas.
- Áreas de recreación activa (juegos) e instalaciones deportivas (canchas de básquetbol, voleibol, aparatos de ejercicio, etc.).
- Áreas de convivencia (kioscos, zonas de pic-nic).
- Áreas vedadas (zonas de control y/o tratamiento de lixiviados y biogás, oficinas, etc.).

5.7.4. Reasentamiento de Personas.

En caso de que se necesite llevar a cabo un reasentamiento de personas por razones de seguridad o por cualquier otra derivada de los trabajos y planes para una buena realización del proyecto, se preparará, en coordinación con las autoridades responsables del área, un plan de reasentamiento o relocalización.

5.8. Programa de Monitoreo y Control.

El programa de monitoreo del presente proyecto, es sin duda, la garantía de que los trabajos realizados en la clausura y saneamiento del SDF de los RSM generados en el municipio de Tultitlán, Estado de México, fueron realizados con la calidad estipulada en este proyecto ejecutivo.

Así, el no encontrar fugas de contaminantes del sitio mediante el monitoreo, es un indicativo del cuidado minucioso en los trabajos de mantenimiento y conservación realizados en el tiempo después de la clausura y saneamiento. Enseguida, se detallan los diferentes aspectos por monitorear dentro y fuera del sitio.

Los sistemas de monitoreo tienen el objetivo de detectar algunos parámetros ambientales que puedan ocasionar daños a la salud o al medio ambiente. Estos parámetros son: ruido, radioactividad, biogás, partículas suspendidas totales, partículas viables o aerotransportables y lixiviados, dentro y fuera de los límites del SDF

Los parámetros de radioactividad, ruido, partículas suspendidas totales, partículas viables o aerotransportables se miden diariamente.

5.8.1. Selección de Sitios de Monitoreo.

Para cada variable a monitorear (agua subterránea, lixiviados, biogás, etc.), se define el número y sitio preciso de puntos de monitoreo ambiental; igualmente, se detallan a nivel

constructivo los requerimientos de infraestructura para los puntos de monitoreo (dimensiones, materiales, calidad de acabados, soportes, etc.).

5.8.2. Monitoreo de Biogás.

El monitoreo de biogás (independientemente de que se decida o no darle un uso específico), tanto dentro del área comprendida por el SDF, como en zonas fuera de él. En este caso, y de acuerdo con las condiciones de vientos en la zona, se propone dos sitios de toma, una dentro del perímetro del sitio clausurado y otro, a una distancia radial de 50, 100 y 150 metros fuera del sitio en donde se deberán tomar muestras de aire, para determinación de calidad y posible contaminación por biogás.

Los parámetros a analizar para tomas de biogás dentro del sitio serán:

- Metano
- Bióxido de carbono
- Monóxido de carbono
- Sulfuro de hidrógeno
- Nitrógeno
- Partículas

El parámetro a analizar para tomas de gas fuera del sitio será:

- Metano
- Nivel de explosividad.

De los resultados obtenidos se analizará si conviene determinar otros parámetros que puedan estar en condiciones elevadas y presentar peligro para casas aledañas.

La frecuencia de monitoreo, número de muestras a tomar en cada ocasión y procedimientos para realizar esta acción (incluyendo el material y los reactivos que fueren

necesarios); número de muestreo, forma de procesamiento estadístico de la información obtenida, presentación de reportes y otros puntos importantes.

5.8.3. Monitoreo de Lixiviados.

Se tomarán muestras para análisis en laboratorio de los siguientes componentes:

- pH, color, olor y temperatura
- Turbiedad
- DBO₅
- DQO
- COT
- Alcalinidad total
- Dureza total
- Conductividad eléctrica
- Sólidos suspendidos, sólidos disueltos y volátiles
- Cloruros
- Sodio
- Potasio
- Manganeso
- Cloruros
- Nitratos, nitritos y amonio
- Fosfatos
- Cianuros
- Metales pesados (Cr, Cd, Ni, Pb, Hg)
- Fenoles
- Ácidos húmicos
- Ácidos volátiles
- Hidrocarburos clorados
- Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)
- Coliformes totales y fecales
- Pseudomonas

El número y ubicación de los puntos de muestreo, frecuencia y forma de muestreo y las técnicas para conservación de las muestras para su transporte al laboratorio (material y reactivo). También en este caso, se definirá la forma de procesamiento estadístico de la información obtenida, presentación de reportes y otros puntos importantes.

5.8.4. Monitoreo de Agua Subterránea.

El muestreo de aguas subterráneas para determinar su calidad, permitirá conocer el grado de afectación provocado por el SDF. Igualmente, es una medida indirecta de la eficiencia de la impermeabilización lograda con una buena cobertura final, la cual minimiza o impide (en caso de usar geomembrana) la entrada de agua al SDF, reduciendo la posibilidad de contaminación del acuífero por lixiviados.

Los parámetros mínimos a analizar serán los siguientes:

- pH
- DBO₅
- DQO
- Alcalinidad
- Sólidos suspendidos y disueltos
- Coliformes totales y fecales

En caso de que alguno o varios de estos parámetros alcancen valores por arriba de las normas aceptadas para fuentes de agua potable, se procederá a hacer un análisis más completo de parámetros, similar al recomendado para lixiviados.

Se ubicarán al menos dos sitios para tomas de muestras de agua subterránea: uno aguas arriba del SDF, uno aguas abajo (todos ellos dentro de la zona saturada); asimismo, se definirá un sitio de monitoreo de la zona no saturada, dentro de la zona que comprende el SDF. Se diseñará la secuencia y forma de muestreo, preservación de muestras para llevar a laboratorio, el procedimiento estadístico de información y la manera como se presentarán los reportes.

5.8.5. Monitoreo de Suelos.

Los lixiviados producidos en un SDF de RSM pueden llegar a contaminar cuerpos de agua subterránea, pero en el trayecto que recorren afectan negativamente la calidad del suelo de la zona en cuestión. Por lo anterior, se pondrá especial atención en el aspecto de monitoreo de la calidad del suelo en el SDF del M. de T. y su zona de influencia definida. Los parámetros a considerar, serán los siguientes:

- Color, olor
- Temperatura
- pH
- Alcalinidad
- Nitritos, nitratos y amonio
- Fosfatos
- Cianuros
- Metales pesados (Ni, Pb, Cd, Hg, Cr)

Se definirán, al igual que en los casos anteriores, la frecuencia de monitoreo, la ubicación y el número de sitios donde se tomarán las muestras, los procedimientos a efectuar y las medidas de preservación.

Cabe señalar que, luego de un primer análisis del costo de monitorear las cuatro variables de campo previamente citadas (biogás, lixiviados, agua subterránea y suelos), o luego de una primera etapa de monitoreo, se podrán eliminar o cambiar algunos análisis y parámetros listados, en virtud de que no hayan estado presentes en las muestras tomadas (o hayan estado por debajo de los límites detectables), o su concentración no rebase las normas establecidas ni sea una amenaza para la salud humana ni para el equilibrio del ecosistema aledaño al terreno del SDF.

Con referencia a lo que se ha comentado sobre el procedimiento para la toma, conservación, almacenamiento y transporte de las muestras obtenidas de las variables de campo previas, se elaborará un manual bien detallado, el cual estará en estricto apego a los

lineamientos del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (publicado por APHA, AWWA y WPCF).

Para la ejecución de los trabajos de laboratorio, se recomienda a cualquier laboratorio que esté acreditado en la Entidad Mexicana de Acreditación, para que puedan realizar, preferentemente, todas las actividades contempladas para cada una de las variables de campo ya señaladas; esto incluye desde la toma de muestras, hasta su análisis en laboratorio, pasando desde luego por las etapas de preservación, almacenamiento y transportación.

5.8.6. Monitoreo de Áreas Reforestadas.

Para el monitoreo y control de las condiciones sanitarias y fitosanitarias de las áreas reforestadas, se deben realizar los siguientes puntos:

- Verificación constante del desarrollo de las zonas reforestadas.
- Prevención y control de plagas.

5.8.7. Monitoreo de Vectores.

Se entiende por vectores a toda aquella fauna nociva para la salud humana, por ser el medio (vector) para la transmisión de diversas enfermedades. Los vectores más comunes en SDF de RSM mal operados son los ratones, ratas, moscas y cucarachas.

A fin de asegurar que el SDF de RSM haya sido adecuadamente clausurado, se deberá llevar un monitoreo y control de vectores, en el que se especificará la periodicidad en los muestreos para detección y estimación cuantitativa de las especies.

Igualmente, se deberá incluir los métodos de control a emplear, en el caso de los roedores, los métodos más comunes a emplear incluyen el envenenamiento con cebo, trampas mecánicas, uso de enemigos naturales, eliminación de las áreas descubiertas,

residuos sólidos y limpieza del sitio. Sólo en casos extremos, se recomendará el empleo de venenos (warfarín, antu, estricnina, sulfato de talio, etc.), ya que se requiere de muy estrictas medidas de seguridad.

En el caso de los insectos, las medidas más comunes son el mantenimiento de limpieza, el uso de insecticidas (dichlorvos, ronnel, etc.), atrayentes (feromonas) y trampas físicas (papel engomado), trampas de luz negra o ultravioleta con malla cargada eléctricamente, e igualmente, se recomienda el uso de insecticidas sea en caso extremo, debido a su toxicidad.

5.8.8. Monitoreo de Asentamientos de los RSM.

Debido a que los RSM sufren procesos de descomposición biológica aerobia o anaerobia, así como compresión física por la carga que soporta de los estratos superiores de residuo-s (incluyendo la cobertura final), se tiene que la topografía final de un SDF sufre modificaciones con el paso del tiempo, lo cual se manifiesta con la formación de hundimientos, vados, desniveles y otros

En algunos casos, esto no tiene consecuencias importantes; en otros, sin embargo, puede alterar la funcionalidad del sitio de acuerdo con su uso final determinado. Por ejemplo, cuando el terreno se destina a canchas deportivas (fútbol, béisbol, etc.), puede haber desniveles o hundimientos que imposibiliten la práctica del deporte. Igualmente, las instalaciones u obras civiles ubicadas en el sitio (casetas de vigilancia, portones, sanitarios, kioscos), pueden correr riesgos en su cimentación o sufrir hundimientos.

Para evitar estos problemas y poder tomar las medidas pertinentes con la debida anticipación, se elaborará un monitoreo de los asentamientos diferenciales en la zona comprendida por el SDF. Para ello, se recomendará la colocación de monumentos de control en un número específico de puntos dentro del SDF clausurado. El monitoreo especificará cómo llevar el registro periódico de lecturas de asentamientos y su interpretación; asimismo, indicará los principales lineamientos a seguir en caso de asentamientos importantes; esto se definirá de acuerdo a la zonificación de la alternativa seleccionada.

5.9. Plan de Operación de Clausura y Saneamiento.

El plan de operación de clausura y saneamiento contempla las consideraciones que hay que tener en cuenta durante la conformación del terreno y la colocación de la cubierta final. Así como en la construcción de caminos y sistema de drenaje.

5.9.1. Secuencia Típica de Operación.

La secuencia típica de operación es la siguiente:

- Colocar una cerca que impida el paso de personas extrañas al relleno.
- Restringir el acceso de RSM al SDF.
- Colocación de señales de información necesaria.
- Asignar un responsable del manejo del sitio.
- Detener la pepena si existe.
- Detener inmediatamente la polución controlable del agua.
- Proveer infraestructura necesaria para el drenaje.
- Control de insectos y roedores de acuerdo a las necesidades. Usualmente ratas y perros son los mayores problemas.
- Limpiar el material de cobertura de elementos voluminosos, que impedirían la buena compactación.
- Sembrar el área o prepararla para su uso futuro.
- Mantener limpio el SDF.

Algunos problemas que se pueden producir durante la etapa de clausura son:

- En la protección del lugar, debido a que muchas personas quieren entrar al SDF a depositar RSM o pepenar.
- Presencia de ratas que al cerrar el lugar ingresan a las casas y establecimientos vecinos si no se aplica un programa de control de fauna nociva.
- Olores desagradables al realizar cortes en el terreno, esto debido a que los RSM ya están en descomposición.

5.9.2. Proceso de Operación.

La operación se realizará en dos frentes de trabajo simultáneos, con la finalidad de cumplir con el cronograma de trabajo.

El material de cobertura se depositará por capas de acuerdo a las características de éstos, y se realizará la prueba de permeabilidad para alcanzar el 95% de la Proctor Estándar.

Se debe contar con un programa de control de materiales, de acuerdo a la procedencia de estos y a sus características, así como de la cantidad de maquinaria y las horas de trabajo de éstas.

La operación se realizará por etapas, siendo la primera etapa la colocación de la cobertura final en sus dos capas correspondientes, como se especifica en el documento y posteriormente, se construirán los caminos y canales de drenaje pluvial sobre la cubierta de protección de erosión.

En todo momento de la operación, se deberá cuidar de seguir con las recomendaciones propuestas en el plan de clausura, como son: conservar las pendientes, tanto de las plataformas como de los taludes. Especialmente cuidar la compactación esperada para alcanzar la permeabilidad propuesta en taludes, donde se tendrá que considerar los espesores de las capas de cubierta que se recomiendan.

5.9.3. Seguridad en el Sitio Durante la Clausura.

La seguridad física del lugar donde está ubicado el SDF es algo importante, porque de ello depende la tranquilidad en la operación.

El mecanismo de seguridad comprende varios aspectos, los cuales son:

- Que el predio tenga una cerca o barda de protección que impida el paso de personas extrañas al lugar.

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

- Que exista una caseta de vigilancia en la puerta de acceso, con un vigilante las 24 horas del día, que lleve un registro de los vehículos, materiales, equipo y personas que ingresan y salen del SDF.
- Ninguna persona podrá ingresar al SDF en clausura sin autorización del residente y los materiales o equipos que ingresen al sitio deberán tener un control estricto, previa verificación del vigilante.
- Además de los vigilantes de la caseta de acceso, debe haber uno o dos vigilantes que deberán dar vueltas por lo menos dos veces al día por la periferia interior del SDF y una vez por la periferia exterior, con la finalidad de verificar que no exista ninguna situación de peligro.
- Que se cuente con una comunicación directa con organismos como policía, cruz roja y bomberos, para que en caso de producirse un accidente, se pueda tener acceso directo a ellos.
- En el caso de producirse una invasión, sabotaje o ataque de personas, se debe comunicar de inmediato con la policía y replegarse a la caseta o a las oficinas hasta que llegue la policía.
- En el caso de producirse un incendio se debe actuar con los equipos de extinción cuando se trate de las oficinas o almacenes, en el caso de producirse el incendio en el SDF el residente debe actuar ahogando el fuego con tierra/arena y posteriormente removiendo el tramo donde se presentó el incendio, para verificar que no hay focos de ignición interior y que pudiera propagarse, luego se deberá cubrir con tierra y dejar el lugar como se tenía inicialmente.

5.9.4. Programa de Postclausura.

Las acciones mínimas para la posclausura que el licitante tendrá que realizar se presentan a continuación. No obstante, se deja abierta la posibilidad para que proponga acciones adicionales o complementarias a las referidas en este documento.

El plan de postclausura tiene como objetivo garantizar la conservación del predio en lo referente a las características específicas que sobre la clausura de un SDF tiene. En este

sentido, el mantenimiento de las instalaciones existentes es muy importante para la buena conservación del sitio.

El propósito de un plan de mantenimiento para la postclausura es:

- Proveer las bases al operador para establecer un preciso costo estimado para el mantenimiento de postclausura.
- Proveer un plan detallado para la inspección, mantenimiento y monitoreo que el operador implementará en el sitio durante el período de mantenimiento de postclausura.
- Las actividades para el control y el monitoreo por parte de las oficinas de gobierno, en lo referente a las actividades de postclausura debe estar de acuerdo al plan aprobado.

Por esta razón, se ha considerado conveniente presentar un programa de mantenimiento y control para drenajes, cubierta final, jardines y caminos, oficinas, casetas y servicios, además del plan de emergencia y funciones del personal responsable del programa de mantenimiento en la postclausura.

5.9.4.1. Programa de Mantenimiento y Control de Drenajes.

Se deberá realizar el mantenimiento a los drenajes pluviales, teniendo en cuenta que éstos deben estar libres, sin obstrucción de malezas, residuos, piedras o cualquier elemento que pudiera obstaculizar la fluidez del agua de lluvia y reparación en caso de agrietamiento o ruptura de un canal.

Debe presentar el método de limpieza y mantenimiento, y el período de realización de la misma, reflejado en un cronograma de actividades. Asimismo, deberá señalar el método de mantenimiento y control en temporada de lluvias. Deberá especificar el programa de monitoreo para el control de drenajes.

5.9.4.2. Programa de Mantenimiento y Control de Erosión, Taludes, Jardines y Asentamientos.

El control y mantenimiento de erosiones se da principalmente a las áreas donde pudiera haberse eliminado o retirado el pasto y se encuentre el material de cubierta libre y expuesta a la erosión del viento o lluvia.

Se debe contar con un programa de mantenimiento para estos casos, evitando que se pierdan las capas de protección señaladas anteriormente y que los taludes pierdan sus características y dimensiones señaladas en el proyecto de clausura.

a) Programa de Mantenimiento y Control de Jardines.

El mantenimiento de jardines deberá realizarse teniendo en cuenta un área de 6.5 Ha. de extensión y que no se deberá regarlo con exceso, para evitar generación de lixiviados.

En el caso de que el pasto hubiera sido sembrado con semilla, se debe verificar que todas las áreas prendan y que el crecimiento del pasto sea parejo, de no ser así, deberá volverse a sembrar, para evitar que existan lugares de tierra libre. Lo mismo debe realizarse en el caso de haber usado rollos de pasto, esto es renovar los tramos que no hubieran prendido en el terreno.

Se debe contar con un programa de mantenimiento que incluya corte del pasto que pueda ser mensual y riego semanal. De existir la posibilidad de que el predio se ensucie, debe considerarse la posibilidad de limpiar el pasto de papeles, hojas u otro tipo de residuos que pudieran volar al predio y dar mal aspecto visual.

5.9.4.3. Programa de Mantenimiento de Cubierta Final.

El mantenimiento de la cubierta final debe considerar principalmente los asentamientos que se pudieran presentar produciendo modificación en los niveles del terreno, taludes, presencia de grieta. Por lo tanto, la finalidad de éste será la de subsanar cualquiera de los daños a que se hace referencia.

5.9.4.4. Programa de Mantenimiento y Control de Caminos Interiores.

El mantenimiento de los caminos se basará principalmente en mantener su condición de operatividad, cuidando que no desaparezcan o pierdan sus características de rodamiento.

Debido a que las vialidades se localizan sobre un SDF de RSM y por ende el suelo de cimentación tendrá asentamientos diferenciales, se recomienda dar mantenimiento continuo y sostenido a las mismas, con el objeto de conservar la superficie de rodamiento.

Dicho mantenimiento consiste en adicionar materiales por capas de 15 cms. de espesor debidamente compactados al 95% de su P.V.S.M. El periodo de tiempo entre cada mantenimiento, queda a juicio del ingeniero residente.

5.9.4.5. Programa de Mantenimiento y Control de Infraestructura.

En el caso del mantenimiento y control de instalaciones, deberá garantizar que éstas se encuentren en buenas condiciones de pintura, limpieza y operatividad, tanto para oficinas, bardas perimetrales, caseta de vigilancia, puertas de acceso y salida, servicios higiénicos y otras infraestructuras que existan en el predio.

5.9.5. Funciones del Personal Responsable del Mantenimiento.

Deberá especificar el tipo de personal a usar, indicando sus perfiles profesionales para cada tipo de trabajo de mantenimiento señalado anteriormente, así como del personal administrativo y de vigilancia que requiera.

Deberá especificar las funciones del personal para cada una de las actividades de mantenimiento y control que se incluyen dentro del plan de postclausura, así como para las actividades complementarias que se desarrollen al respecto.

Se deberá contar con una lista de todos los equipos y materiales que se requieran, especificando de manera independiente para cada tipo de actividad de mantenimiento y control, que se mencionan en el plan de postclausura.

5.9.6. Plan de Respuesta de Emergencias.

El plan de emergencia debe estar escrito y ubicado en las oficinas o en algún local designado para actuar en caso de emergencia. El plan de respuesta a una emergencia debe identificar ocurrencias que puedan exceder el diseño o dañar la salud pública o al ambiente.

El plan debe describir procedimientos específicos para minimizar estos peligros. Los eventos que el plan debe incluir son: vandalismo, terremotos, explosiones, problemas con drenajes superficiales o de lixiviado.

El plan de respuesta a una emergencia debe identificar ocurrencias que puedan exceder el diseño o dañar la salud pública o al ambiente.

5.9.6.1. Contenido del Plan de Emergencia.

El plan de emergencia debe contener lo siguiente:

- Identificación de eventos, los cuales requieran medidas correctivas.
- Una descripción de la acción a ser tomada y la secuencia necesaria para la mitigación.
- Listado general de equipos que podrían ser requeridos para mitigar cualquier tipo de emergencias.

El plan de respuestas a emergencias, principalmente estará dirigido a incendios, inundaciones, terremotos y vandalismo. Además, se debe contar con una relación de eventos que podrían requerir la implementación de acciones correctivas.

En casos de emergencia, es recomendable tener una relación de los teléfonos más importantes que se deben tener en caso de producirse una emergencia.

5.9.7. Programa de Primeros Auxilios.

El programa de primeros auxilios es una herramienta muy importante dentro del programa de emergencia, especialmente cuando se contemplan algunos accidentes que pudieran presentarse, como son:

a) Insolación.

Les viene a los individuos que han estado mucho tiempo al sol; se siente con vértigos, vasca, debilidad general, respiración rápida. Hay que ponerlo en la sombra, desnudarlo, echarle agua fría en la cabeza hasta que vuelva en sí. No hay que darles bebidas calientes ni alcohólicas.

b) Mordeduras y Picaduras de Víboras y Alacranes

Líquese apretado, arriba de la mordida o piquete. Con una navaja o cuchillo puntiagudos, flameados en alcohol, córtese en forma de cruz entonos los sitios de la mordedura o picadura, déjese sangrar libremente; si la persona que atiende al lesionado está segura de no tener ninguna herida en la boca, debe chupar la sangre que brota de las cortaduras, escupiendo de inmediato. Si se dispone de sueros contra piquetes de alacranes o de la víbora que haya mordido al enfermo, debe aplicarse de inmediato por vía intramuscular.

c) Descarga Eléctrica.

Hay que separar al accidentado del contacto con la corriente eléctrica, desconectando el switch o empujando con un palo para separarlo del alambre, en caso de que lo anterior no sea posible. Consiguiendo esto, si no respira, procédase como se indica en “REANIMACIÓN CARDIO-RESPIRATORIA”.

d) Síncopes, Vahídos y Desmayos.

Es decir, pérdida del sentido y del conocimiento, hay que llevar al accidentado a un lugar ventilado, conservarlo horizontalmente o con la cabeza colgando, aflojarle las ropas y darle a oler alcohol o éter, frotar el pecho y darle una bebida caliente.

e) Tapado.

Obstrucción de la vejiga, imposibilidad de orina o tapadura.

No tomar líquidos ni alimentos y someterse a un baño de asiento caliente y prolongado. Sea que se logre o no orinar, casi siempre hay tiempo, sin mayor riesgo, de buscar un médico que resuelva la emergencia, descubra su causa y aconseje al paciente lo que tiene que hacer después.

f) Convulsiones.

Introduzca un pañuelo enrollado en la boca, aflójese las ropas y llévase a un sitio bien ventilado.

g) Envenenamientos.

Por ácidos, sosa, cal, amoníaco y otras sustancias químicas como, gasolina, thinner y otros derivados del petróleo.

Cuando se trata de ácidos, poner dos cucharadas soperas de bicarbonato de sodio en dos vasos de agua y darlo a beber de inmediato.

Cuando se trata de sosa o potasa, poner una cucharada de vinagre o el jugo de cuatro limones en un vaso de agua y darlo a beber. **NUNCA HAY QUE HACER VOMITAR AL PACIENTE.**

Sustancias químicas. Hacer vomitar al paciente metiendo un dedo a la boca, tocándole la campanilla y dando agua tibia con abundante sal. Batir dos claras de huevo en dos vasos de agua, darlo a beber y a los cinco minutos provocar nuevamente vómito.

Pastillas para dormir. Provocar vómito y dar a beber café negro en abundancia. Procurar no dejarlos dormir.

h) Mordedura de Perro.

Hay que curar la herida como cualquier otra. No debe matarse al perro hasta convencerse si tiene o no rabia, pues de estar enfermo moriría a los tres días. En este caso, el médico debe inyectar suero contra rabia.

i) Cuerpos Extraños en los Ojos.

No debe frotarse el ojo. El paciente debe cerrar los ojos hasta que lloren, haciendo que el enfermo vea para arriba, muévase muy suavemente el párpado superior e inferior.

j) Hemorragia por la Nariz.

Colocar al enfermo con la cabeza hacia atrás, comprimir suavemente el orificio nasal que sangra.

En el caso de ser necesarios la presencia del médico o el traslado del paciente a un centro hospitalario, éste debe ser preparado de acuerdo al tipo de afección que se tenga, como a continuación se presenta algunos casos más comunes:

k) Reanimación Cardio-Respiratoria.

Cuando el enfermo haya perdido el conocimiento y no respire:

- Colóquelo boca arriba.
- Extienda el cuello, teniendo cuidado en que no se trague la lengua.
- Llame de inmediato a un servicio médico de urgencia.

l) Contusión.

Golpes y desgarraduras de la piel, chichón, moretón, se colocarán en el sitio lesionado lienzos empapados en agua fría. Si el dolor es intenso, conviene aplicar un algodón impregnado de alcohol alcanforado. Horas después, si la hinchazón es excesiva, póngase lienzos humedecidos en agua caliente y sostenga esta curación con vendaje ligeramente apretado.

m) Heridas.

No hay que tocarlas con las manos sucias o con instrumentos que no estén desinfectados.

En las heridas de vientre, pecho, espalda o cabeza, llamar inmediatamente al médico más cercano. Para curar una herida hay que esterilizar los instrumentos y desinfectar las manos. En una bandeja o plato de peltre se coloca una pinza y unas tijeras, se echa un poco de alcohol y se enciende. Las manos se lavan repetidas veces con agua y jabón y se secan con algodón y se baña abundantemente con alcohol.

En la curación de las heridas hay que dar especial atención a la hemorragia y a la prevención de infecciones.

n) Hemorragias.

Si la sangre se escapa en forma de chorro, hay que ligar el miembro herido de la manera siguiente: con una cuerda, correa, pañuelo, etc. se rodea el miembro, ciñéndolo fuertemente y anudando a las extremidades de la cuerda. Esta ligadura quedará situada entre la herida y la raíz del miembro. Solamente si la sangre continua brotando en abundancia puede aumentarse la constricción amarrando un trozo de madera en las extremidades del vendaje y haciéndolo girar solamente en lo preciso, para que se detenga la hemorragia.

Si ésta no es muy abundante, basta comprimir la herida con un pedazo grande de gasa estéril. Debe llamarse inmediatamente al médico. Para prevenir la infección, ponga en la herida agua oxigenada, toques con tintura de yodo o alcohol y recúbrase de agua y algodón estériles, terminando la curación con un vendaje.

o) Amputación.

Cuando se desprende una mano, dedo, pierna, etc., cúbrase la herida como otra cualquiera y ligando la raíz del miembro. De ninguna manera debe separarse la porción amputada si ésta todavía queda colgada de algunos fragmentos del tejido.

p) Luxaciones y Dislocaciones.

Se producen cuando un hueso se sale de su coyuntura sin que haya herida. No hay que tratar de componerla mediante tirones o maniobras bruscas que podrían ocasionar una fractura, concéntrese a colocar una curación húmeda caliente y esperar la llegada del médico.

q) Fracturas.

Los golpes y caídas pueden romper los huesos. Con toda suavidad coloque al lesionado en la posición más cómoda. Averigüe si hay o no herida, corte las ropas para descubrir la región golpeada. Si hay heridas es preciso curarla como se explicó en heridas, poniendo ligaduras en la raíz del miembro si ~~hubiese fuerte~~ hemorragia, inmovilice la extremidad utilizando tiras de cartón grueso o de madera triplay. Mantenga al lesionado en reposo completo.

r) Quemaduras.

Causadas por cuerpos sólidos a alta temperatura, líquidos hirviendo, etc. No hay que quitar las ampollas, debe desinfectarse alrededor de la quemadura; cubrir ésta con pomada de ácido pícrico al 2% con linimento óleo calcáreo. Colocar encima gasa estéril, algodón y vendaje suave.

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

En las quemaduras por ácidos, hay que lavarlas con agua de cal o bicarbonato de sodio y cubrirlas con gasa como en las otras.

En quemaduras con cal viva, potasa o sosa, amoníaco fuerte, debe lavarse con agua de vinagre o azucarada, después de curarlas como las anteriores. Si son extremas y profundas, debe llamarse inmediatamente al médico.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CAPITULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Este proyecto se ha basado en la normatividad ecológica existente y con el apoyo de las distintas áreas de la Ingeniería Civil tales como topografía, geología, la mecánica de suelos, el movimiento de tierras. etc. Con la información recopilada de cada una de las dichas ramas y los conceptos expuestos a lo largo de todos estos capítulos es posible plantear la situación y el estado en el que se presenta el SDF desde el punto de vista técnico, identificando a partir de la información, los principales indicadores que permiten la viabilidad del proyecto y el procedimiento de implementación adecuado.

El objetivo principal del proyecto es diseñar las acciones que permitan controlar las emisiones de contaminantes al medio ambiente y los riesgos físicos que presenta actualmente el SD, minimizando así el potencial de afectación a la población circunvecina y cumpliendo con la normatividad que tiene como función la de proteger a la sociedad y el ambiente.

Por lo anterior descrito, la responsabilidad de prevención y control de la contaminación es de la SEGEM organismo operador que debe preservar los recursos naturales de la Sierra de Guadalupe en el Municipio de Tultitlán. Con este motivo se desarrolla este proyecto ejecutivo de Saneamiento y Elección de Sitios Para Residuos Sólidos Municipales, el cual pretende llevar acabo las acciones necesarias para la clausura y saneamiento del SDF que cumplan requerimientos normativos que el organismo operador establece.

Esto nos permite:

- Establecer las acciones necesarias y adecuadas para minimizar los efectos adversos que los distintos impactos ambientales del SDF de Tultitlán puedan ocasionar al entorno una vez que se lleve acabo la clausura y saneamiento.
- Identificar acciones inducidas a corto, mediano y largo plazo relativas a la plantación y el desarrollo de las medidas de control, vigilancia, inspección y cumplimiento normativo.

“SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.”

- Elaborar los documentos, planes programas y diseños específicos a nivel ejecutivo de cada una de las acciones establecidas e identificadas, así como sus respectivos sustentos técnicos.
- Elaborar las evaluaciones ambientales de los impactos potenciales al ambiente y al sistema operativo de la disposición final del Municipio de Tultitlán en el Estado de México.
- Efectuar los proyectos ejecutivos para el adecuado cierre, clausura y saneamiento del SDF y control de las emanaciones de biogás y lixiviados.
- Determinar los potenciales impactos de la migración de los lixiviados sobre los acuíferos de la zona.
- Diseño de programas de monitoreo de biogás y lixiviados.
- Diseño del programa de mantenimiento de posclausura del SDF.
- Diseño del programa de aseguramiento de calidad de los trabajadores de construcción de la clausura y posclausura del SDF.
- Estudiar la rehabilitación del área física que abarca el proyecto, con la finalidad de construir el mejoramiento del equilibrio ambiental de la zona y su aprovechamiento como área de recreación o su incorporación a la Sierra de Guadalupe.
- Establecer los procedimientos para visitas de peritaje de las obras de construcción de la clausura y saneamiento.

Recomendaciones:

Los estudios y acciones del proyecto ejecutivo a llevarse a efecto están acordes con las políticas ambientales adoptadas por la actual administración del Gobierno del Estado de México, y a las leyes y reglamentos vigentes en cuanto a preservación de recursos, prevención y control de contaminación. Este documento puede servir de ayuda para el saneamiento de una infinidad de SDF a nivel nacional que se encuentra en la terminación de su vida útil.

BIBLIOGRAFÍA:

Manual de Rellenos Sanitarios SEDUE, Subsecretaria de Ecología, 1984, México.

Gobierno del Estado de México, Secretaria de Ecología, DGNAT y DGPA. Comisión Ambiental Metropolitana: Programa para Mitigar las Emisiones Contaminantes de Partículas Suspendidas en el Valle de México. Proyecto para el Saneamiento de Sitios de Disposición Final de Residuos Sólidos, Enero 1999.

Normas Oficiales Mexicanas tales como NOM-083-ECOL-1996 y NOM-083-ECOL-1996, que establecen las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales.

Plan de Desarrollo del Estado de México, (1999-2005).

Plan del Centro de Población Estratégico de Tultitlán. Publicado en la Gaceta de Gobierno, Enero 1999.

Reglamento de la ley de Protección al Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de México en Prevención y Control de la Contaminación del Suelo, 1999.

Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental, (1999), México.

Mecánica de Suelos E. Juárez Badillo y A. Rico Rodríguez (1970), México.

Guía de Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios. Manuales de la Organización Panamericana de Salud. Jorge Jaramillo y Francisco Zepeda, (1999).

ANEXO FOTOGRAFICO.



FOTO 1: TIRADERO A CIELO ABIERTO TULTITLÁN.



FOTO 2: TIRADERO A CIELO ABIERTO TULTITLÁN.



FOTO 3: TRANSPORTACIÓN DE LOS RSM.

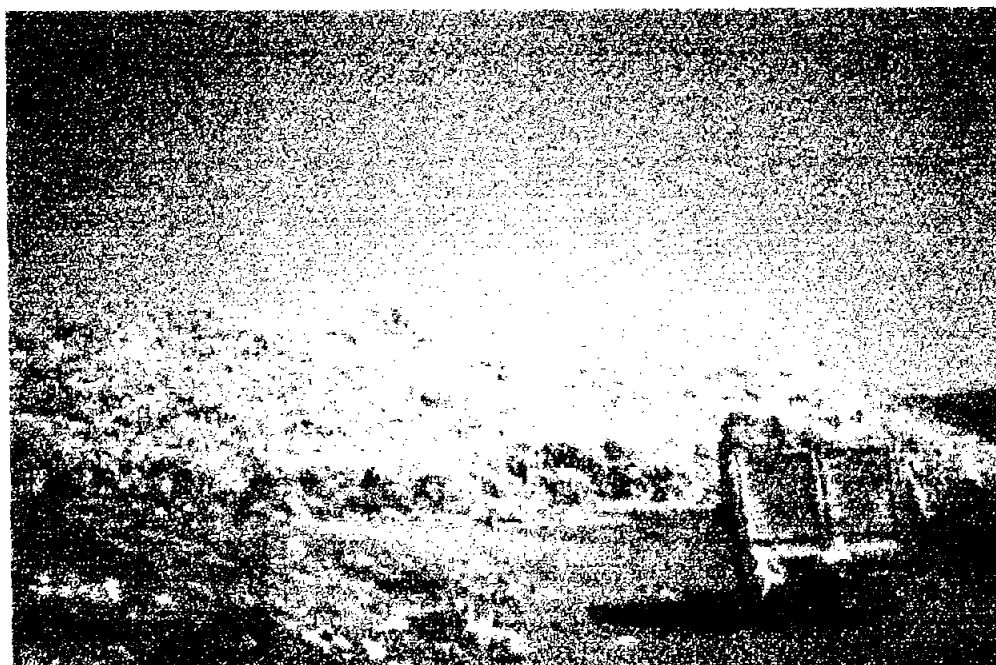


FOTO 4: TALUD DE LOS RSM



FOTO 5: PEPENADORES DE LOS RSM DE TULTITLÁN



FOTO 6: PEPENADORES EN SU MEDIO DE TRABAJO.



FOTO 7: TIRADERO A CIELO ABIERTO TULTITLÁN.



FOTO 8: VIVIENDAS DE LOS PEPENADORES.



FOTO 9: CONVIVENCIA DE LOS PEPENADORES.



FOTO 10: MOVIMIENTO DE LOS RSM.



FOTO 11: REHABILITACIÓN DE LOS RSM.

ANEXO PRESUPUESTO.

Catálogo de Conceptos.

Para la construcción de la obra se realizó una investigación de los precios a julio de 2001, por lo que al realizar las obras, estos precios deberán ser revisados; los costos que se presentan son informativos para la dependencia, por lo que son para uso exclusivo de la Coordinación General de Conservación Ecológica, de la Secretaría de Ecología del Estado de México.


A continuación, se presenta un resumen de los costos para la clausura y saneamiento del sitio de disposición final de los residuos sólidos del municipio de Tultitlán, Estado de México.

<u>Concepto</u>	<u>Monto</u> <u>(miles de pesos)</u>
1. Levantamiento topográfico del proyecto final	28,017
2. Control de fauna nociva	42,172
3. Movimiento y conformación de la superficie final	1,040,130
4. Drenaje de lixiviados	343,652
5. Caseta de oficinas	76,983
6. Cubierta final	1,407,900
7. Cárcamo de lixiviados	3,715
8. Laguna de evaporación de lixiviados	31,887
9. Drenajes pluviales externos.	97,812
10. Capa de sello	3,161,420
11. Camino de terracería	338,763
12. Drenaje pluvial interno	1,464,899
13. Pozos de biogás	526,185
14. Capa vegetal y pasto	10,118,685
15. Pozos de monitoreo	300,308
16. Barda perimetral	259,389
TOTAL	19,241,917

"SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES."

(Diecinueve millones doscientos cuarenta y un mil novecientos diecisiete pesos 00/100 m.n.)


Las cuartillas siguientes desglosan los costos aquí presentados.

 Gobierno del Estado de México Secretaría de Ecología Coordinación General de Conservación Ecológica	CONCURSO No.	ABREVIAT. CONTRATACION	1
	OBRA:		2
	Trabaja para el Saneamiento del Sitio de Disposición Final de Residuos Sólidos Municipales, Ubicada en el Municipio de Tlalilil, Estado de México	FECHA PAGO	17/02/91
		FECHA TERMINO	31/03/92

CATALOGO DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA PARA EXPRESION DE PRECIOS UNITARIOS Y MONTO TOTAL DE LA PROPOSICION

No. CONCEPTO	CONCEPTOS DE OBRA DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO		IMPORTE EN PESOS
				CON LETRA	CON NUMERO	
1	Levantamiento topografico del proyecto final	Lote	1	Veintiocho mil diez y siete pesos 35/100 M.N.	28,017.35	28,017.35
2	Programa del control del fauna nociva	Lote	1	Cuarenta y dos mil ciento setenta y dos pesos 08/100 M.N.	42,172.65	42,172.65
3	Movimiento y conformación de superficie final de residuos sólidos	Lote	1	Un millón cuatrocienta mil ciento treinta pesos 50/100 M.N.	1,040,130.80	1,040,130.80
4	Obra de las biviendas	Lote	1	Treientos cuarenta y tres mil seiscientos cincuenta y dos pesos 79/100 M.N.	343,652.78	343,652.78
5	Caseta de oficinas	Lote	1	Setenta y seis mil novecientos ochenta y tres pesos 50/100 M.N.	76,983.50	76,983.50
6	Cubierta final	Lote	1	Un millón cuatrocientos siete mil novecientos pesos 08/100 M.N.	1,407,900.08	1,407,900.08
7	Cercamo de biviendas	Lote	1	Tres mil seiscientos quince pesos 05/100 M.N.	3,715.85	3,715.85
8	Lechuga de biviendas	Lote	1	Treinta y un mil ochocientos ochenta y siete pesos 28/100 M.N.	31,887.28	31,887.28
9	Drenaje y canal externo	Lote	1	Noventa y siete mil ochocientos doce pesos 27/100 M.N.	97,812.27	97,812.27
10	Casa solo	Lote	1	Tres millones ciento sesenta y un mil cuatrocientos veinte pesos 57/100 M.N.	3,161,420.97	3,161,420.97
NOMBRE Y CARGO DEL REPRESENTANTE LEGAL		NOMBRE DEL CONTRATISTA Y FIRMA		Sub total		6,233,893.45
				Seis millones doscientos treinta y tres mil seiscientos noventa y tres pesos 45/100 M.N.		6,233,893.45

"SANEAMIENTO Y ELECCIÓN DE SITIOS PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES."

 Gobierno del Estado de México Secretaría de Ecología Coordinación General de Conservación Ecológica	CONCURSO No.	ASREMAT. CONTRAT. HOJA	2
	OBRA:	DE	2
	Trabajo para el Saneamiento del Sitio de Disposición Final de Residuos Sólidos Municipales. Ubicada en el Municipio de Toluca, Estado de México	FECHA INICIO	11/12/2001
		FECHA TERMINO	31/03/02

CATALOGO DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA PARA EXPRESION DE PRECIOS UNITARIOS Y MONTO TOTAL DE LA PROPOSICION

C.I.	CONCEPTOS DE OBRA DESCRIPCION	LINDAO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO		IMPORTE EN PESOS
				CON LETRA	CON NUMERO	
11	Carrilero de terracería	Lote	1	Trescientos treinta y ocho mil seiscientos sesenta y tres pesos 73'100 M.N.	338,763.70	338,763.70
12	Ornateo plural interno	Lote	1	Un millón cuatrocientos sesenta y cinco mil ochocientos noventa y nueve pesos 59'000 M.N.	1,464,899.99	1,464,899.99
13	Piso de B. agua	Lote	1	Quinientos veintidós mil seiscientos ochenta y cinco pesos 72'100 M.N.	526,185.70	526,185.70
14	Capa vegetal y pasto	Lote	1	Cinco millones ciento diez y ocho mil seiscientos ochenta y cinco pesos 2'110'000 M.N.	10,118,685.21	10,118,685.21
15	Pazo de montoto	Lote	1	Trescientos mil trescientos ochenta y nueve pesos 18'100 M.N.	300,389.18	300,389.18
16	Barda perimetral	Lote	1	Ochocientos cincuenta y nueve mil trescientos ochenta y nueve pesos 48'100 M.N.	259,349.48	259,349.48
NOMBRE Y CARGO DEL REPRESENTANTE LEGAL				NOMBRE DEL CONTRATISTA Y FIRMA	Sub total	13,008,231.85
				Trece millones ochocientos treinta y un pesos 85'100 M.N.	TOTAL Hoja 1 + 2 =	18,241,929.30
				Cinco y once millones doscientos sesenta y un mil trescientos veintidós pesos 30'100 M.N.		

ANEXO REGLAMENTO DE LIMPIA, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.

Parte del “Reglamento de Limpia, Transporte, y Disposición final de los Residuos Sólidos”

Artículo 3 XX: Voluntario. Particular que presta el servicio de limpia y transporte con vehículos propios, cubriendo los gastos que por su cuenta y sin responsabilidad alguna para el H. Ayuntamiento; obteniendo como remuneración cuotas voluntarias y quedando absolutamente prohibido el cobro obligatorio de estas a los usuarios.

Artículo 5 IX: La autorización a particulares por el transporte y recolección de desechos, son función exclusiva de la Dirección de Servicios Públicos, la cual turnará a su vez la solicitud al Departamento de Ecología para evaluar la pertinencia y viabilidad de la solicitud, con el propósito de tener mejor control en el transporte y disposición final.

Artículo 10: El servicio que se concesione a particulares, se hará a través de asignarles una ruta en la base de servicios públicos, de acuerdo al convenio que para tal fin exista; el incumplimiento a lo dispuesto provocará la rescisión inmediata del convenio sin responsabilidad alguna para el H. Ayuntamiento o sus autoridades.

Artículo 13: Los residuos, basura y desperdicios habitacionales, comerciales, industriales y de hospitales, recolectados por el H. Ayuntamiento son de su propiedad y podrán aprovecharse industrial o comercialmente, en forma directa o en su caso, por adquirentes o concesionarios autorizados.

Artículo 16: Los horarios y rutas de recolección domiciliaria de los residuos sólidos, se harán del conocimiento público a través de los medios de comunicación, así como de los consejos de acción ciudadana, jefes de manzana y organismos ciudadanos existentes.

Artículo 17: La Dirección de Servicios Públicos dividirá la ciudad en las zonas que técnicamente juzgue conveniente; con especial atención al primer cuadro de las poblaciones, las zonas comerciales y los mercados, así como los parques públicos, tanto en funcionamiento normal, como el de carácter especial que se contrate.

Artículo 59: Corresponde a los habitantes del municipio, separar los desechos generados por su actividad. Los desperdicios serán separados de acuerdo a su naturaleza y origen en:

- A) Orgánico
- B) Inorgánicos, limpios y separados
- C) Sanitarios