



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería

residuos peligrosos

Disposición final de los

# residuos peligrosos

en México

**Tesis**

que para obtener el título de  
**Ingeniero Civil**

**presenta:**

**Francisco Ramón Bahamonde Peláez**

México, D. F.

1999



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-037/98

Señor  
**FRANCISCO RAMON BAHAMONDE PELAEZ**  
Presentes

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

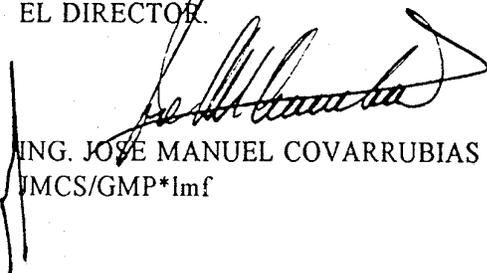
**" DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS EN MEXICO "**

- INTRODUCCION**
- I. CICLO DE VIDA**
  - II. LEGISLACION NACIONAL**
  - III. ESTRATEGIA DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS EN MEXICO**
  - IV. EL CONFINAMIENTO COMO PARTE FINAL DE LA SOLUCION**
  - V. ANALISIS DE FACTIBILIDAD ECONOMICA DE UN CONFINAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS**
  - VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

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 HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitario a 19 de marzo de 1998.  
EL DIRECTOR.

  
ING. JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLÍS  
IMCS/GMP\*lmf



## AGRADECIMIENTOS

Antes que nada, quiero agradecer a mis padres el que siempre me han apoyado en todo.

A mi hermano, cuñada, sobrinos, abuelos, tíos y primos que me quieren tanto.

A mi Director de Tesis, Ing. Fernando Ruiz Arriaga, su tiempo y dedicación así como sus comentarios en la revisión de la misma.

A mis profesores: Enrique César V., Carlos Chavarri M., Agustín Demeneghi C., Pablo García y Colomé, Constantino Gutiérrez P., Héctor Legorreta C., Claudio Merrifield C., Francisco Moreno D., Antonio Moreno G., Carlos Olagaray P., Miguel Ángel Yáñez M. y Sergio Zerecero G., sus excelentes cátedras y que me apoyaron cuando más lo necesitaba.

A los ingenieros Humberto Gardea V., Reginaldo Hernández R., Manuel López A., Yukihiro Minami K., Margarita Puebla C., Miguel Ángel Rodríguez V., Fernando Ruíz A., Francisco Solares A. y Onésimo Xelhuantzi A. por sus inmejorables cátedras.

A mi padre, a José Luis Calderón, Alfredo David y a Luis Quezada sus opiniones para la preparación de esta tesis.

A los ingenieros Francisco Miranda, Rafael Coello, Miguel Ángel Irabién, José Manuel Avelar, Esteban Amigón, la bióloga Patricia Ordoñez y todos los que de alguna manera estuvieron al pendiente de lo que me pudiera ser útil para elaborar esta tesis.

A mis amigos, que han estado conmigo en las buenas y en las malas.

Pido una disculpa a quien, por omisión, no haya mencionado.

## *INTRODUCCIÓN*

La realización de este trabajo obedece a la preocupación que tienen los países, sobre todo los industrializados por la generación de los residuos peligrosos, ya que con el avance de la tecnología son cada vez más los químicos que se producen y cada vez más los químicos que se producen y cada vez más difíciles de eliminar.

Haciendo un cálculo estimado, en el mundo se producen, anualmente, cerca de 400 millones de toneladas de residuos peligrosos. Los países industrializados son los mayores generadores debido a que las sustancias que se utilizan están conformadas por compuestos químicos cada vez más complejos. Industrias como la metalúrgica, química, agrícola y los servicios son los que aportan mayor cantidad de estos residuos.

Los problemas con los residuos peligrosos en el mundo no son nuevos, bastaría recordar episodios como los de Japón, en los años 50's, donde debido a descargas de mercurio y cadmio se provocaron graves afecciones a la población, incluso causando a algunos hasta la muerte. Otros problemas, pero ahora en confinamientos no controlados como el de Love Canal, en Nueva York, E.U.A. donde en la década de los 60's ocurrieron disposiciones inadecuadas de residuos peligrosos líquidos volátiles sobre los cuales se asentaron comunidades que eventualmente fueron afectadas con malformaciones físicas en algunas personas. Estos sucesos, difundidos a escala mundial, han contribuido a desarrollar actitudes negativas respecto al establecimiento de instalaciones adecuadamente diseñadas para el manejo de residuos peligrosos en sus localidades.

Dichas actitudes, como el Síndrome "NIMBY" (no en mi patio trasero, por sus siglas en inglés) han contribuido al establecimiento de convenios internacionales para la regulación del movimiento transfronterizo de residuos peligrosos, como el Convenio de Basilea.

En México, a pesar de que se han tenido problemas con residuos peligrosos desde la década de los 60's como en el caso de Torreón, Coah. donde debido a escoria con arsénico almacenada en los patios de una empresa metalúrgica hubo problemas de contaminación de suelos y agua de pozos cercanos así como de

intoxicación de la población aledaña, la preocupación por los residuos peligrosos se manifestó hasta la década de los 80's, con la firma del Convenio de la Paz entre Estados Unidos de América y México para prevenir y controlar la contaminación en la zona fronteriza en 1983, del anexo III de dicho Convenio que versa sobre la cooperación en movimientos transfronterizos de desechos y sustancias peligrosas en 1986 y el 28 de enero de 1988, con la publicación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en el Diario Oficial de la Federación junto con el Reglamento de Residuos Peligrosos y sus modificaciones del 13 de diciembre de 1996.

A partir de entonces se ha desarrollado, cada vez más, la legislación (publicación de NOM's), y con ello toda la tecnología que permite cumplir con la regulación que contribuye primero a minimizar el riesgo y posteriormente minimizar la generación del residuo, el tipo de contenedores, la forma de transporte, los métodos de reducción y tratamiento y los lugares de disposición final.

Sin embargo la gestión de los residuos peligrosos representa un importante reto para el país, ya que se requiere de la infraestructura necesaria para el almacenamiento, transporte, tratamiento y confinamiento, debido a que la oferta de estos servicios es claramente insuficiente para tratar el volumen de residuos que genera la industria nacional, lo que en ocasiones propicia prácticas irregulares que tienen impactos sobre la salud y el ambiente.

## ANTECEDENTES.

Los criterios para definir la peligrosidad de un residuo peligroso pueden variar según el país de que se trate (por tipo de fuente, tipo de residuo, componentes y características o propiedades), en general todos ellos se basan en características incluidas dentro del denominado CRETIB (Corrosividad, Reactividad, Explosividad, Toxicidad, Inflamabilidad y Biológico infecciosos).

Las directivas de la Comunidad Europea incluyen una lista de propiedades que pueden hacer peligroso a un residuo, tales como inflamabilidad, corrosividad, toxicidad, reactividad, carcinogenicidad y ecotoxicidad.

Los Estados Unidos de América parten de definiciones sobre inflamabilidad, corrosividad, reactividad y toxicidad, mientras que en Brasil incluyen la característica de patogenicidad.

En España, los residuos se caracterizan por su contenido de materias o sustancias consideradas como peligrosos, en concentraciones o cantidades que representen un riesgo para la salud humana o el medio ambiente.

En el Reino Unido y Alemania se utiliza la definición de residuo especial para aquellos que puedan resultar peligrosos al ambiente o a la salud, o bien difíciles de tratar o disponer.

La diferencia básica entre los sistemas de clasificación de residuos peligrosos en México y otros países, estriba en las condiciones que establecen sus regulaciones sobre las obligaciones de minimización, neutralización o reutilización por parte del generador, y los requisitos para su disposición, atendiendo a su peligrosidad o volumen de generación.

En algunos países, el grado de peligrosidad o el riesgo potencial que tiene un residuo, se califica mediante escalas con términos como peligroso, no-inerte o inerte; o en otros casos como residuos controlados o que requieren un control especial. Esto permite establecer una relación lógica y eficiente entre el riesgo que entraña un residuo y los mecanismos y costos que conlleva su manejo y disposición.

En México sería conveniente establecer una categorización de los residuos que permitiera alentar y promover su manejo adecuado en condiciones eficientes y accesibles para la industria.

Por otro lado se debe establecer requisitos de reciclaje y disminución de los residuos antes de su disposición. En Alemania se consigna esta obligación para el generador, y en España se exige al productor que previamente a su recolección, realice un tratamiento para eliminar o reducir en lo posible sus características nocivas. Con estas prácticas se reduce sensiblemente el volumen sujeto a disposición final y se aprovechan muchos de los potenciales energéticos de los residuos industriales.

## PROBLEMÁTICA NACIONAL.

La actividad industrial ha tenido un papel protagónico en el desarrollo económico y social de nuestro país. Representa un factor fundamental en la generación y distribución de riqueza, originando la creación de empleo y la incorporación de la población a sectores modernos de la economía.

La industria manufacturera contribuye con el 20.7 % del Producto Interno Bruto (PIB) y el 80 % del total de las exportaciones. Las ramas con mayor participación al PIB del sector manufacturero son los Productos Metálicos, Maquinaria y Equipo con el 30.31 %, seguida de los Alimentos, Bebidas y Tabaco con el 24.4 % y en tercera posición la de los Químicos, Derivados del Petróleo, Caucho y Plástico con el 16.06 %.

Como consecuencia de las actividades industriales se generan algunos subproductos indeseables, entre los que se encuentran los residuos industriales considerados como peligrosos por nuestra normatividad que tienen características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables y biológico infeccioso (CRETIB) y que deben ser manejados y dispuestos adecuadamente para que no afecten al ser humano o a su entorno.

Se ha estimado que la generación de residuos industriales peligrosos en México alcanza la cifra de 8 millones de toneladas al año, de las cuales se considera que sólo el 26 % recibe un manejo adecuado. El resto de los residuos, se acumula en las instalaciones de las industrias o se dispone empleando procedimientos y prácticas inadecuadas.

En cuanto a los residuos que se generan en mayores cantidades, los aceites y grasas conjuntamente con los disolventes, representan más del 45 % del total. Las resinas, ácidos y bases representan el 10 % y los desechos de pinturas y barnices el 8 %.

Con respecto a la generación de residuos industriales peligrosos por ramas industriales, el subsector de Sustancias Químicas, Derivados del Petróleo, Productos de Caucho y Plástico, aportan alrededor del 44 %. Le siguen Productos Metálicos, Maquinaria y Equipo con el 37 % y los Productos de Minerales no Metálicos, exceptuando los Derivados del Petróleo y Carbón con el 13 %.

Por otro lado, la distribución geográfica de la generación de residuos peligrosos, presenta el siguiente panorama: la Región Centro (Guanajuato, Michoacán, Morelos, Puebla, Querétaro, Estado de México, Tlaxcala, Hidalgo y Distrito Federal) alcanza casi el 61 % de la generación total; le sigue la Región Norte (Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Sonora, Nuevo León, Durango, Nayarit, San Luis Potosí, Sinaloa, Zacatecas, Aguascalientes, Colima y Jalisco) con el 20 % y la Región del Golfo (Tamaulipas, Veracruz y Tabasco) con un 15 %.

La infraestructura existente en México para el control de los residuos peligrosos es muy limitada y sólo representa una capacidad de manejo de una cuarta parte del total de la generación actual, lo que propicia la proliferación de prácticas ineficientes de gran impacto ambiental.

Esta carencia de infraestructura para el control de los residuos peligrosos, así como la falta de un marco regulatorio claro, preciso y acorde a las peculiaridades de nuestro país, son factores que terminan por acentuar aún más la inquietud y demanda social de la población hacia sus instituciones e instancias gubernamentales.

La capacidad instalada para el manejo de los residuos peligrosos, conforme a los diferentes métodos de tratamiento y su evolución de 1990 a 1997, reportado por el Instituto Nacional de Ecología y el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, es la siguiente:

Instalaciones para el Manejo de Residuos Peligrosos en México										
Año	Capacidad de manejo	NÚMERO Y TIPO DE INSTALACIONES								
		CPU	CP	IRP	RM	RA	RS	RE	TIR	RFC
1990	270 M ton/año	3	4	2	6	4	7	0	0	0
1994	880 M ton/año	2	1	2	5	11	12	3	12	3
1997	2080 M ton/año	2	2	5	11	15	20	6	16	5

CPU: Confinamiento Público; CP: Confinamiento Privado; IRP: Incineración; RM: Reciclaje de metales; RA: Reciclaje de aceites; RS: Reciclaje de solventes; RE: Reuso energético; TIR: Tratamiento in situ; RFC: Reciclaje y formulación de combustibles alternos.

La carencia de infraestructura necesaria para el manejo adecuado e integral de los residuos peligrosos y las controversias suscitadas por las iniciativas de ubicación de las mismas, acentúan la inquietud de la población, enrareciendo el clima de concertación necesaria para la solución de esta problemática.

#### DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS.

De acuerdo con la *Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)*, residuo es cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó.

Residuo peligroso de acuerdo a la LGEEPA es todo aquel residuo, en cualquier estado físico que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, biológico-infecciosas, venenosas o irritantes, representa un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente.

Podemos clasificar a los residuos en cuatro tipos:

- Residuos domésticos.
- Residuos comerciales y de servicios.
- Residuos industriales.
- Residuos peligrosos.

Los residuos domésticos son los generados en las viviendas y son residuos de comida, papel, cartón, plásticos, textiles, cuero,

residuos de jardín, madera, vidrio, latas, aluminio, otros metales, cenizas y hojas considerados como residuos no peligrosos. Cabe hacer notar que existen, además, residuos domésticos conocidos como peligrosos, como es el caso de limpiadores, insecticidas, pilas secas y medicamentos.

Los residuos comerciales incluyen los generados en comercios como tiendas, restaurantes, mercados, edificios de oficinas, hoteles, moteles, imprentas, gasolineras, talleres mecánicos, construcciones, actividad agrícola, etc. y que pueden ser: aluminio, diferentes tipos de papel y plásticos, vidrio, metal ferroso y no ferroso, residuos de construcción y demolición, madera, aceites gastados, estopas impregnadas, insecticidas y combustibles.

Los residuos industriales son los que resultan de los procesos productivos de bienes de consumo. Su composición y características son muy diversas y dependen de las materias primas y los procesos involucrados. Pueden ser escorias, polvos, lodos, líquidos, rebabas y chatarra.

Los residuos peligrosos son aquellos residuos domésticos, comerciales o de servicios e industriales que tienen las características mencionadas en la definición correspondiente, estos incluyen: polvos abrasivos, aerosoles, limpiadores con amoníaco, desatascadores, limpiacristales, limpiahornos, limpiainodoros, quitamanchas, champús médicos, quitaesmaltes, alcohol para frotaciones, anticongelante, líquido de frenos, baterías de coche, diesel, queroseno, gasolina, esmalte, óleo, látex o agua y disolventes de pinturas, pilas, químicos para fotografía, ácidos y cloro de piscina, productos pesticidas, herbicidas y fertilizantes, material quirúrgico, órganos humanos, sustancias de laboratorios, etc.

Legalmente en nuestro país los residuos peligrosos se definen específicamente de la concentración de los metales o compuestos orgánicos referidos en las tablas 2, 3 y 4 de la norma NOM-052-ECOL-1993 que se obtienen al realizar la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso (norma NOM-053-ECOL-1993) o de los listados correspondientes definidos por la norma NOM-052-ECOL-1993.

Las operaciones con residuos peligrosos, al igual que cualquier actividad industrial, implican un riesgo. Es por ello que resulta importante conocer tanto el ciclo de vida de los materiales y residuos como la ruta crítica de los procesos para evaluar dichos riesgos en cada fase.

Estos riesgos, dependen básicamente de sus propiedades que se presentan en la tabla 1.

### EJEMPLOS DE RESIDUOS PELIGROSOS BASÁNDOSE EN SUS PROPIEDADES.

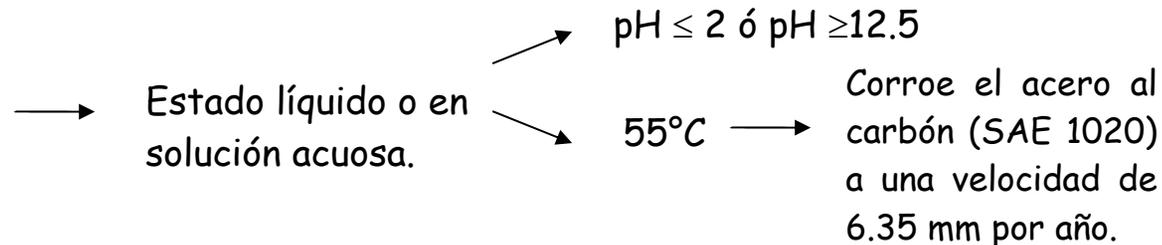
<b>CORROSIVOS</b>	<b>REACTIVOS</b>	<b>EXPLOSIVOS</b>	<b>TÓXICOS</b>	<b>INFLAMABLES</b>	<b>BIOLÓGICOS</b>
Ácidos fuertes	Nitratos	Peróxidos	Cianuros	Hidrocarburos alifáticos	Sangre humana
Bases fuertes	Metales alcalinos	Cloratos	Arsénico y sales	Hidrocarburos aromáticos	Agentes infecciosos
Fenol	Fósgeno	Percloratos	Plomo	Alcoholes	Residuos de pacientes infecciosos
Bromo	Metil Isocianato	Ácido pícrico	Polifenoles	Éteres	
Hidracina	Magnesio	Trinitrotolueno	Fenol	Aldehídos	Residuos patológicos
	Cloruro de acetilo	Trinitrobenceno	Anilina	Cetonas	Material médico quirúrgico
	Hidruros metálicos	Permanganato de potasio	Nitrobenceno	Fósforo	Objetos punzocortantes contaminados

Tabla 1.

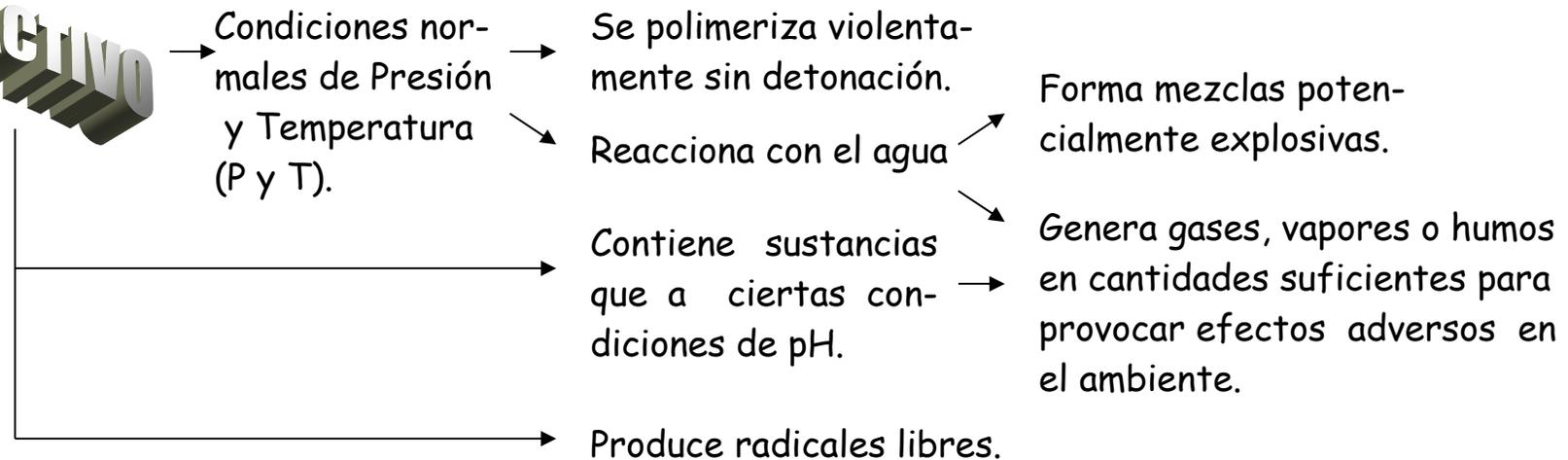
En las páginas 9 y 10 se indican las características que definen a un residuo como corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable o biológico infeccioso.

## CARACTERÍSTICAS QUE DEFINEN A UN RESIDUO

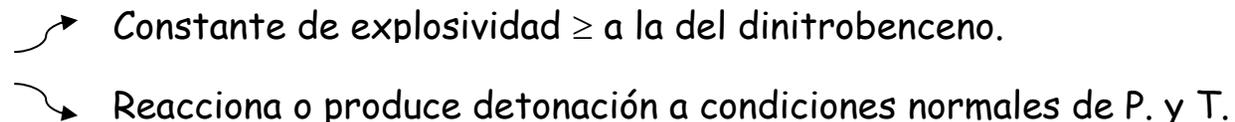
**CORROSIVO**



**REACTIVO**



**EXPLOSIVO**

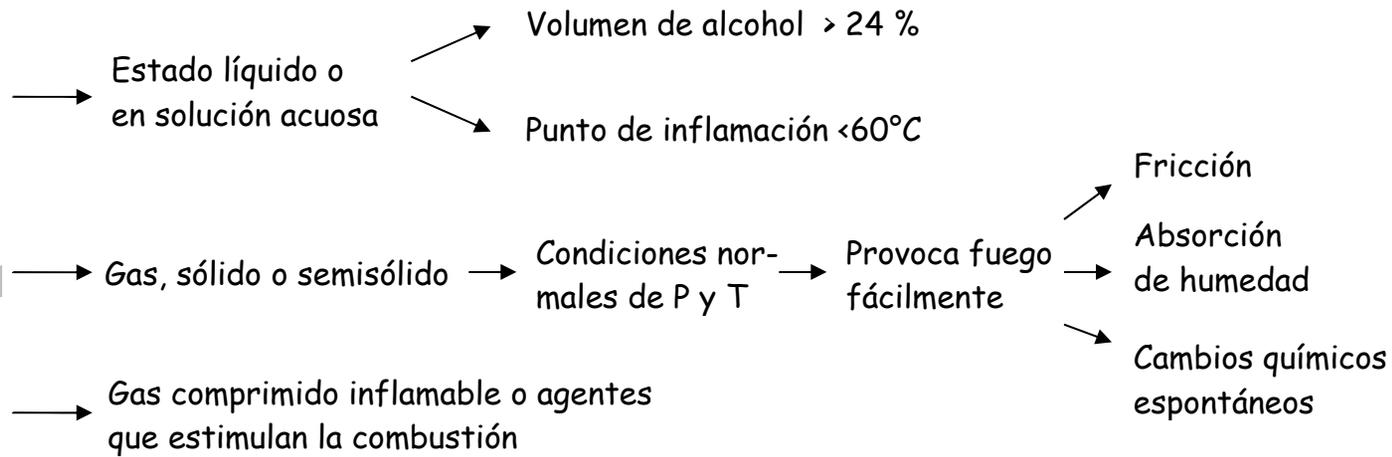


## CARACTERÍSTICAS QUE DEFINEN A UN RESIDUO

**TÓXICO**

→ Rebasa la concentración permitida de al menos un constituyente de las tablas 5,6 y 7 (pag.11).

**INFLAMABLE**



**BIOLOGICO INFECCIOSO**

→ Contiene microorganismos o sus toxinas → Causan efectos nocivos a los seres vivos

## NOM-052-ECOL-1993

Establece 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.

**T A B L A 2**

No. de INE	Constituyentes inorgánicos	Concentración máxima permitida (mg/l)
C.1.01	Arsénico	5.0
C.1.02	Bario	100.0
C.1.03	Cadmio	1.0
C.1.04	Cromo Hexavalente	5.0
C.1.05	Níquel	5.0
C.1.06	Mercurio	0.2
C.1.07	Plata	5.0
C.1.08	Plomo	5.0
C.1.09	Selenio	1.0

**T A B L A 3**

No. de INE	Constituyentes orgánicos	Concentración máxima permitida (mg/l)
C.0.01	Acilonitrilo	5.0
C.0.02	Clordano	0.03
C.0.03	o-Cresol	200.0
C.0.04	m-Cresol	200.0
C.0.05	p-Cresol	200.0
C.0.06	Ácido 2,4-dicloro-fenoxiacético	10.0
C.0.07	2,4-Dinitrotolueno	0.13
C.0.08	Endrín	0.02
C.0.09	Heptacloro (y su epóxido)	0.008
C.0.10	Hexacloroetano	3.0
C.0.11	Lindano	0.4
C.0.12	Metoxicloro	10.0
C.0.13	Nitrobenceno	2.0
C.0.14	Pentaclorofenol	100.0
C.0.15	2,3,4,6-Tetracloro-fenol	1.5
C.0.16	Toxafeno (canfeno-clorado técnico)	0.5
C.0.17	2,4,5-Triclorofenol	400.0
C.0.18	2,4,6-Triclorofenol	2.0
C.0.19	Ácido 2,4,5-tricloro-fenoxipropiónico (silvex)	1.0

**T A B L A 4**

No. de INE	Constituyente orgánico volátil	Concentración máxima permitida (mg/l)
C.V.01	Benceno	0.5
C.V.02	Eter bis (2-cloro etílico)	0.05
C.V.03	Clorobenceno	100
C.V.04	Cloroformo	6
C.V.05	Cloruro de metileno	8.6
C.V.06	Cloruro de vinilo	0.2
C.V.07	1,2-Diclorobenceno	4.3
C.V.08	1,4-Diclorobenceno	7.5
C.V.09	1,2-Dicloroetano	0.5
C.V.10	1,1-Dicloroetileno	0.7
C.V.11	Disulfuro de carbono	14.4
C.V.12	Fenol	14.4
C.V.13	Hexaclorobenceno	0.13
C.V.14	Hexacloro-1,3-butadieno	0.5
C.V.15	Cloruro de vinilo	36
C.V.16	1,2-Diclorobenceno	200
C.V.17	1,4-Diclorobenceno	5
C.V.18	1,2-Dicloroetano	10
C.V.19	1,1-Dicloroetileno	1.3
C.V.20	Tetracloruro de carbono	0.5
C.V.21	Fenol	0.7
C.V.22	Hexaclorobenceno	14.4
C.V.23	Hexacloro-1,3-butadieno	30
C.V.24	Cloruro de vinilo	1.2
C.V.25	1,2-Diclorobenceno	0.5

Aspectos tóxicos y efectos en la salud.

Sustancia tóxica (LGEEPA): Es aquella que puede producir en organismos vivos: lesiones, enfermedades, implicaciones genéticas o muerte. Para que una sustancia produzca en un organismo vivo alguna de estas, no basta con que la sustancia presente propiedades que la conviertan en peligrosa, sino que presente un riesgo para dicho organismo, o sea que entre en contacto en una cantidad y durante un tiempo suficiente para que ejerza sus efectos indeseables.

Riesgo se define como la probabilidad de que un residuo peligroso produzca un daño en función de la exposición.

La exposición depende de la concentración o dosis de la sustancia tóxica contenida en el residuo que entra en contacto con el individuo receptor así como del tiempo de exposición y la frecuencia con que ocurre.

Para evaluar la peligrosidad de las sustancias contenidas en los residuos, desde la perspectiva de su toxicidad, se ha recurrido a una gran variedad de pruebas de laboratorio, realizadas en distintos organismos a los cuales se ha sometido de manera controlada a un cierto número de dosis (por lo general tres) para determinar los posibles efectos adversos que generan y la relación dosis-respuesta. Dicha relación depende si la sustancia tiene o no tiene capacidad de producir daño genético o cáncer. Se sospecha que las sustancias que tienen dicha capacidad, pueden producir un efecto a cualquier dosis; en cambio, las que no la tienen presentan un umbral a partir del cual empiezan a mostrar sus efectos adversos.

Del tipo de residuo y el tiempo de exposición dependerá el tipo de afección a la salud y la gravedad de la misma, dichas afecciones pueden ser: infecciones respiratorias, fibrosis pulmonar, quemaduras, afecciones cardiovasculares y sanguíneas, afecciones renales, hepáticas, reproductivas, del sistema nervioso, de la piel, desarrollo de cáncer y efectos genotóxicos entre otros.

En la figura 1, podemos ver las formas en que está expuesta la población, por ejemplo, debido a un mal destino de los residuos peligrosos.

DESTINO Y TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS OCASIONADOS POR UN MAL CUIDADO EN SU CICLO DE VIDA.

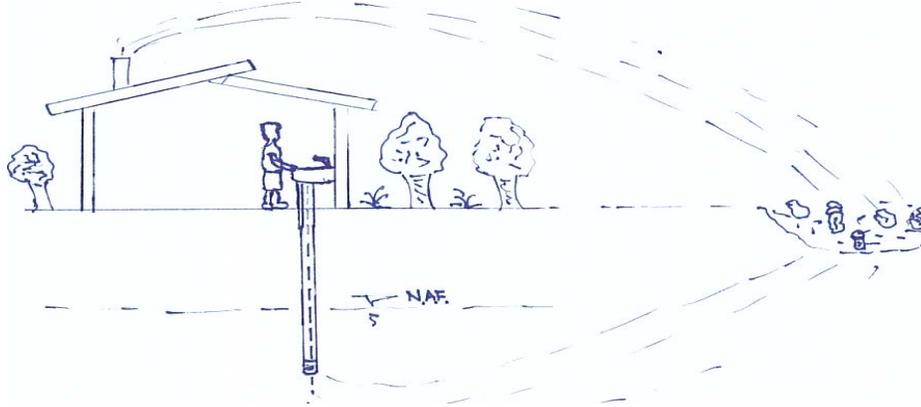


Figura 1.

El ciclo de vida de los residuos peligrosos es el que se muestra en la figura 2.

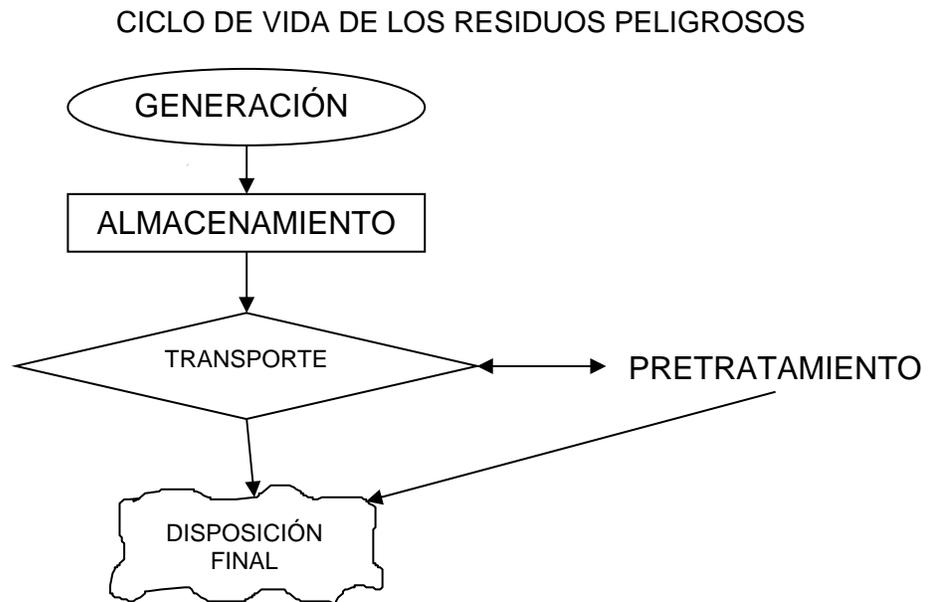


Figura 2

Del cuidado que tengamos en cada una de estas etapas dependerán los posibles efectos que causen en nuestra salud.

## CAPÍTULO I. CICLO DE VIDA

La detección oportuna de algún contaminante en el medio ambiente nos lleva a tomar medidas correctivas para reducir o evitar que dicha contaminación llegue al hombre. Sin embargo, tomar medidas preventivas en lugar de correctivas, nos llevaría a la mejor decisión. Los residuos peligrosos no son eximidos como contaminantes, sino al contrario, son contaminantes que se deben manejar con cuidado, es por ello que es indispensable conocer su ciclo de vida, es decir, desde su generación hasta su disposición final para reducir al máximo su condición de peligrosidad y evitar con ello que otros sitios se contaminen.

### I.1 Generación.

El primer punto dentro del ciclo de vida de los residuos peligrosos es el de generación.

Podemos nombrar como generador a cualquier persona ya sea física o moral que como resultado de sus actividades produzca residuos peligrosos.

El proceso de industrialización en México, iniciado aceleradamente en los últimos 50 años, se ha concentrado principalmente en cinco zonas que son: la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), las ciudades de Monterrey y Guadalajara, así como la zona de Veracruz y la de la frontera norte.

En México, el porcentaje de empresas grandes con tecnologías avanzadas es realmente mínimo (alrededor de 5%), abundando las micro, pequeñas y medianas empresas y que utilizan procesos de producción obsoletos.

La industria en México comprende básicamente cinco grupos que son:

- I. Manufactureras.
- II. Extractivas.
- III. De la construcción.
- IV. Eléctrica.
- V. Química.

De acuerdo con éstos grupos, es la industria química, formada por la química básica, química secundaria y petroquímica, la que aporta el 40 % del total de los residuos peligrosos; le siguen, la industria metal-mecánica y de metales básicos con el 10 % cada una y la industria eléctrica y electrónica con el 8 %.

La clasificación del total de residuos peligrosos por su tipo pone a la cabeza a los solventes con el 35% del total, seguido de los aceites y grasas con el 13%, pinturas y barnices con el 8% y soldaduras, resinas, ácidos y bases y derivados del petróleo con 7%, 5%, 4% y 3% respectivamente.

Estudios realizados por el INE (Instituto Nacional de Ecología) en 1992 indican que la generación de residuos peligrosos en México era de 14,500 ton/día, esto daba como resultado una generación aproximada de 5 millones 300 mil toneladas anuales.

Durante 1994-1995 el "Proyecto para el Desarrollo de Concepto Global de Prevención, Reciclaje, Tratamiento y Evacuación de los Residuos Especiales en el Valle de México" desarrollado por la Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación en el Valle de México (CMPCCVM), en colaboración con la TÜV Arge MEX y la GTZ (instituciones alemanas), elaboró una encuesta a 270 empresas correspondientes a 19 actividades industriales mediante la cual se estimó, mediante el número de trabajadores que la generación de residuos peligrosos en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) era de aproximadamente 560,000 ton/año.

Debido a que en dicha encuesta sólo se tomó en cuenta a empresas industriales y no a las relacionadas con servicios de reparación y mantenimiento automotor que generan unas 80,000 ton/año, además de las 40,000 ton/año de residuos biológico-infeccioso provenientes de los servicios médicos, el total de residuos peligrosos para la ZMCM sería de 680,000 ton/año.

Si se considera que los ingresos brutos de las actividades industriales y de servicios de la ZMCM representan un 30% del total a escala nacional y que la generación de residuos peligrosos es proporcional a dichas actividades, podríamos concluir que la generación en el ámbito nacional de residuos peligrosos es de 2.27 millones de ton/año. Si sumamos las 70,000 toneladas que se estima se producen debido a la producción y mantenimiento de los hidrocarburos se tendría un total de 2.34 millones de ton/año.

Otro estudio se realizó a partir del PIB (Producto Interno Bruto). En dicho estudio se correlacionó el PIB con el volumen de generación. Cuanto mayor el PIB, mayor la generación de residuos peligrosos y cuanto más parte del PIB provenga de las actividades industriales, aún mayor el índice de generación. Basándose en este tipo de información se puede inferir la generación en México, lo que se muestra en la tabla 5.

	<b>ÍNDICE DE GENERACIÓN (TON/MMD)</b>	<b>PIB (MMD)</b>	<b>GENERACIÓN (TON ANUALES)</b>
PAÍS PROM. EUROPA OCC	5000 (real)	345	1'725,000 (estimado)
CANADÁ	10,000 (real)	440	4'400,000 (estim.)
EUA	57,000 (real)	4,885	278'000,000 (real)
ESPAÑA	5,600 (estimado)	302	1'700,000 (real)
FRANCIA	7,795 (estimado)	898	7'000,000 (real)
MÉXICO	4,365 (estim. a partir de Francia)	148	646,000 (estim.)
MÉXICO	5,600 (sup. por comp. con España)	148	829,000 (estim.)

Tabla 5

Las cifras que resultan más confiables son las que se obtuvieron de la comparación de México con otros países; es decir, lo más probable es que la generación de residuos peligrosos en nuestro país esté entre las 600,000 y las 900,000 toneladas por año.

La extrapolación de los resultados de la encuesta realizada por la CMPCCAVM, TUV y GTZ tiene el inconveniente en que se hizo con base en el número de empleados y no tomó en cuenta el tipo y cantidad de procesos, materias primas y productos, los cuales son los parámetros más relacionados con la generación de residuos peligrosos.

Además de estos estudios, se encuentra el último estudio realizado, descrito en la introducción, donde se habla de que en México se alcanza la cifra de 8 millones de toneladas al año de producción de residuos industriales peligrosos.

## I.2 Almacenamiento.

Es la segunda etapa del ciclo de vida de los residuos peligrosos.

Según el Reglamento de Residuos Peligrosos de la LGEEPA, almacenamiento se define como la acción de retener temporalmente residuos en tanto se procesan para su aprovechamiento, se entregan al servicio de recolección, o se dispone de ellos.

El almacenamiento de residuos peligrosos generalmente se realiza dentro de las instalaciones de la empresa generadora, por lo tanto dicha empresa deberá disponer de un área especial para ello.

Al hablar de almacenamiento es necesario hablar sobre envases y embalajes. Un envase es cualquier recipiente o envoltura en el cual está contenido el producto para su distribución o venta. Embalaje es el material que envuelve, contiene y protege debidamente los productos preenvasados para facilitar y resistir las operaciones de almacenamiento y transporte.

La elección del tipo de contenedor depende básicamente de las características de los residuos, las cantidades generadas, el tipo de transporte a utilizarse, las necesidades de tratamiento y la forma de disposición.

Las industrias utilizan generalmente dos tipos de recipientes: uno menor colocado a los lados de los puntos de generación del proceso industrial y uno mayor que puede ser un silo o compartimento de cemento ubicado en las áreas de almacenamiento de la industria. Los recipientes menores generalmente son tambores de 200 l., recipientes de plástico tipo bomboneras, sacos de plástico o de papel, contenedores removibles y con ruedas construidos especialmente.

Los contenedores mayores e intercambiables se utilizan en las áreas de almacenamiento, además de los compartimentos de cemento

especialmente contruidos, silos, etc. de manera que los residuos se almacenen a granel lo cual es frecuente en muchas industrias.

Dada la importancia que tiene el correcto envasado de los residuos peligrosos, ya sea para almacenamiento o transporte, se incrementa la necesidad de una adecuada selección del tipo de recipiente que contendrá los residuos. Existen muchos tipos de recipientes entre los que se encuentran: contenedores, tambos, latas, tanques, bidones, porrones, cilindros, barriles, cajas, botes o sacos de diferentes materiales.

También existen envases y embalajes compuestos que consisten en un envase y embalaje exterior y un recipiente interior contruidos de tal forma que juntos forman un envase y embalaje integral.

Es posible utilizar envases reacondicionados para residuos peligrosos. Éstos, deben limpiarse hasta eliminar los restos de cualquier sustancia que haya contenido anteriormente, la corrosión interna y externa y los revestimientos y etiquetas exteriores; y se deben restaurar para obtener su forma y contorno originales, y por último se inspeccionan después de la limpieza, ya que no deben presentar picaduras por corrosión, disminución del espesor del material, fatiga del metal, roscas o cierres deteriorados u otros defectos de importancia.

Los residuos peligrosos se deben colocar en envases de buena calidad, contruidos y cerrados de forma que al estar listos para su transporte y durante el almacenamiento no se presente ninguna fuga debida a cambios de temperatura, humedad o presión.

Una vez seleccionado el modelo de envase y embalaje se debe someter a pruebas de caída, estanqueidad, presión interna y apilamiento.

Todo envase y embalaje destinado a residuos peligrosos debe llevar marcas perfectamente visibles, indelebles, legibles y su tamaño estará en proporción al envase y embalaje.

### I.3 Transporte.

El transporte es el vínculo entre el generador o usuario de un material peligroso y el destino final de dicho residuo. Es por ello que se debe buscar, en todo momento, que la transportación sea segura y que todos los riesgos en su transporte sean cubiertos tanto para quienes están involucrados de una u otra forma con el transporte como para aquellos que realizan actividades en un área cercana a la ruta de transporte.

Debido a esto, los involucrados en el transporte como el generador, transportista y receptor deben de adoptar ciertas medidas tanto preventivas como de seguridad.

Algunas de las medidas preventivas en el transporte de residuos peligrosos son las siguientes:

- ◆ Determinar el nombre adecuado de embarque del material.
- ◆ Establecer la clase de riesgos del material.
- ◆ Seleccionar los números de identificación UN (Naciones Unidas) que consiste de cuatro dígitos.
- ◆ Identificar las vías más adecuadas para llegar al destino.
- ◆ Determinar y seleccionar el empaque adecuado al tipo de material o residuo que se va a transportar.
- ◆ Seleccionar la o las etiquetas y aplicarlas en los empaques como se requiere.
- ◆ Marcar el empaque, inclusive los sobrepuestos, tomando en cuenta que todas las marcas deben ser:
  - Durables y en español, impresas o sujetas a la superficie del empaque o en una etiqueta, rótulo o señal.
  - De un color con fondo que contraste profundamente y que no se oscurezca por las etiquetas o pegamentos.
  - Colocadas fuera del área de otras marcas que puedan reducir la visibilidad.
- ◆ Preparar los documentos de embarque.
- ◆ Elaborar la Hoja de Emergencias en Transportación y ubicarla en el lugar adecuado.
- ◆ Realizar la certificación del material.
- ◆ Proceder a la carga, bloqueo y sujeción del material o residuo.

- ◆ Seleccionar y ubicar en los lugares estipulados para ello, los carteles adecuados de acuerdo al riesgo principal del material.
- ◆ Verificar en todo momento que la persona a cargo de determinada función tenga conocimiento de los requerimientos.

En cuanto a las medidas de seguridad podemos citar:

- Verificar que las condiciones del vehículo de transporte sean las óptimas para realizar dicha operación.
- Comprobar que el operador encargado de transportar los residuos se encuentra descansado y en buen estado físico y mental antes de realizar dicho transporte.
- Asegurarse que el operador conoce las medidas en caso de emergencia, el número telefónico de respuesta a emergencias, así como las medidas básicas de primeros auxilios.

Debemos señalar que una implementación adecuada de las pautas de acción en caso de emergencia, redundarán en un abatimiento de los riesgos intrínsecos de la transportación de estos materiales.

#### I.4 Pretratamiento y Tratamiento.

Dentro del pretratamiento de los residuos peligrosos se encuentra la reducción de los residuos. Dicha reducción puede lograrse con cualquiera de las siguientes acciones:

- Modificación de procesos.
- Sustitución de productos.
- Recuperación y reciclaje.
- Segregación en la fuente.

Las dos primeras acciones constituyen las mejores opciones, debido a que se reduce al máximo la generación de residuos en la fuente; las dos últimas, aunque también son buenas, incluyen problemas en cuanto al manejo seguro de las sustancias peligrosas ya que algunas de ellas se podrían encontrar en mayor proporción en los materiales a recuperar que en las etapas de los procesos previos que generaron los residuos.

La modificación de procesos es el área donde ha ocurrido un número importante de innovaciones tecnológicas. Gracias a dicha modificación es que se han desarrollado procesos productivos más eficientes capaces de economizar energía y aprovechar mejor las materias primas así como disminuir la generación de residuos reduciendo los costos de manufactura.

La sustitución de productos busca el remplazo de sustancias altamente tóxicas o peligrosas por otras que aporten los mismos beneficios y cuyo manejo a lo largo de su ciclo de vida sea más seguro y respetuoso del ambiente.

La recuperación y el reciclaje son tecnologías que no requieren de grandes inversiones por parte de los generadores de residuos ya que son rentables y se emplean materiales de fácil separación y purificación. El reciclaje se puede realizar tanto en la propia planta, fuera de la planta para recuperación comercial, o como intercambio de materiales entre plantas.

La segregación en la fuente es posiblemente el método más simple y económico de disminuir el volumen de generación de residuos peligrosos ya que se puede poner en práctica en el mismo sitio donde se generan. Esta acción se basa en el principio de prevención de contaminación de grandes volúmenes de residuos industriales no peligrosos con residuos peligrosos y en el manejo y disposición final de éstos últimos.

La LGEEPA define tratamiento como la acción de transformar los residuos por medio del cual se cambian sus características.

El tratamiento de los residuos peligrosos incluye el tratamiento térmico -ya sea por incineración o pirólisis-, el tratamiento biológico y el químico.

El tratamiento térmico ofrece ventajas como inducir cambios permanentes en los residuos peligrosos; reducir su volumen considerablemente y permitir la recuperación de energía debido a que es posible obtener importantes cantidades de vapor a alta presión, a partir de lo cual se puede generar calor o electricidad.

La incineración se lleva a cabo en presencia de oxígeno, en tanto que la pirólisis en ausencia del mismo. La incineración produce bióxido de carbono, agua y cenizas inorgánicas, mientras que en la pirólisis se obtienen sustancias resultantes de la ruptura térmica de las moléculas iniciales y se requiere de equipo más especializado.

Sumadas a éstas tecnologías se encuentran otras que operan a altas temperaturas y que incluyen reactores de sal fundida o arcos de plasma, oxidación húmeda y agua supercrítica.

El tratamiento biológico es un tratamiento muy similar al de las aguas residuales y se aplica a residuos peligrosos cuya toxicidad no es letal para los microorganismos. En este tipo de tratamiento destacan los lodos activados, lagunas de aireación, filtros, lagunas de estabilización, digestores anaerobios y compostaje entre otros.

Industrias como la de refinación y extracción de petróleo, química, farmacéutica, textil y de pulpa y papel han empleado con éxito la tecnología basada en el uso de microorganismos desarrollados para degradar sustancias tóxicas específicas.

Finalmente, el tratamiento químico se basa en la modificación química de las propiedades de los residuos peligrosos con lo cual las sustancias se convierten en no tóxicas y su solubilidad en agua se reduce. Dentro de dicho tratamiento se distingue la oxidación cianhídrica, la precipitación de metales pesados, la reducción de cromo y la neutralización ácida.

## 1.5 Disposición final.

La LGEEPA define la disposición final como la acción de depositar permanentemente los residuos en sitios y condiciones adecuados para evitar los daños al medio ambiente.

Debemos admitir que ningún método de confinamiento es totalmente seguro y en todos los casos se requiere de una evaluación previa sobre los impactos ambientales en la selección del sitio para disponer los residuos.

A lo largo del tiempo, se ha dado disposición final a los materiales resultantes del tratamiento de los residuos peligrosos así como los que pueden ser eliminados sin tratamiento previo de destoxificación, en confinamientos como cementerios industriales, lagunas superficiales, pozos profundos, minas abandonadas o en el mar, y aunque en algunos casos es posible alguno de estos tipos de disposición en otros no lo es. Es por ello que se debe tener sumo cuidado en el momento de seleccionar las opciones sobre la base del tipo de residuo que deberá estar sujeto a regulación y control para cada una de ellas a fin de prevenir riesgos.

Los cementerios industriales son confinamientos construidos bajo tierra en celdas o zanjas recubiertas con cemento y materiales plásticos, con el fin de evitar que fluyan los lixiviados al subsuelo y que penetre el agua de lluvia. En dichos confinamientos, los residuos se disponen a granel o en contenedores y, por medio de tubos, se dejan escapar los gases que se forman. Los lixiviados se recuperan por medio de una serie de tuberías perforadas que se entierran en los puntos más bajos del cementerio, bombeándolos para evitar que se fuguen hacia el entorno.

Las lagunas superficiales son el tipo de confinamiento menos adecuado debido a que se disponen en depresiones abiertas ya sea con o sin recubrimiento y presentan –entre otros riesgos- el que se evaporen las sustancias volátiles y se produzca el fenómeno de lixiviación.

La inyección en pozos profundos se ha utilizado en pozos abandonados cuyo fondo cuenta con formaciones geológicas adecuadas o pozos nuevos utilizando plantas de inyección. Dicha inyección se utiliza para disponer soluciones tóxicas y de aguas residuales.

Las minas abandonadas de sal o de hulla se emplean para enterrar residuos peligrosos que no conviene que sean dispuestos en cementerios industriales o que sean sometidos a tratamientos de destoxificación. Las minas de sal presentan como ventajas: la impermeabilidad a líquidos y gases ya que por su naturaleza higroscópica absorben grandes cantidades de agua; otra ventaja es el no favorecer la corrosión de los recipientes metálicos. En las minas de hulla, por su parte, no existe el riesgo de explosiones por gas metano, pero debe asegurarse el cierre permanente de las minas y

que los residuos que allí se depositen sean sólidos y estén envasados en recipientes herméticos para que no exista la posibilidad de reacción entre los residuos y su entorno geológico.

Los tiraderos en el mar sólo pueden ser utilizados cuando se disponen tipos particulares de residuos peligrosos. Dichos residuos no pueden ser: derivados organohalogenados y organosalicílicos, mercurio o sus derivados, cadmio, residuos carcinogénicos o plásticos que puedan interferir con la pesca o la navegación.

## *CAPÍTULO II. LEGISLACIÓN NACIONAL.*

Dentro de los tres sectores productivos: agrario, servicios e industrial, el más dinámico en cuanto a crecimiento y generación de residuos peligrosos, es el industrial. Dicho sector consume más de la tercera parte de la energía eléctrica producida, sin tomar en cuenta la compatibilidad de los procesos naturales con los industriales, traduciéndose en una gran generación de residuos peligrosos y una sobreexplotación de los recursos naturales, trayendo consigo alteración al medio ambiente y como consecuencia un deterioro en la calidad de vida, principalmente en las grandes ciudades, donde se ha dado una concentración de las actividades industriales.

### II.1 Marco jurídico de los residuos peligrosos.

Las disposiciones jurídicas que regulan la generación, el manejo y la disposición de los residuos peligrosos se encuentran plasmadas en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, así como en ordenamientos administrativos.

#### II.1.a Disposiciones constitucionales.

En los artículos 5º párrafo primero, 25º párrafo sexto, 27º párrafo tercero y 73º fracción XXIX, inciso G), de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, se establece el fundamento constitucional para regular el manejo de los residuos peligrosos.

En los tres primeros artículos se establece la libertad de trabajo, en que cada cual se puede dedicar a la actividad que más le acomode; el derecho a la propiedad privada y la obligación del Estado de apoyar e impulsar las actividades económicas; pero también se establece la facultad del Estado de imponer las modalidades que dicte el interés público para el mejor aprovechamiento en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y medio ambiente.

En el artículo 73º, se faculta al Congreso de la Unión, para expedir leyes que establezcan la competencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los Municipios, tanto en materia de protección al ambiente, como de preservación y restauración del equilibrio ecológico.

## II.1.b Leyes, Reglamentos y Normas Oficiales Mexicanas en materia de Residuos Peligrosos.

Las disposiciones Constitucionales señaladas en el punto anterior, han sido la base para la expedición de diversas leyes, en materia ecológica y del medio ambiente, entre ellas, la que nos ocupa, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA); y ésta a su vez, el fundamento para la expedición del Reglamento de dicha Ley en Materia de Residuos Peligrosos; a su vez, el mencionado Reglamento es el sustento de las ocho Normas Oficiales Mexicanas para residuos peligrosos que se han emitido hasta junio de 1998. Por lo que se refiere a los delitos ambientales estos se encuentran tipificados en el Código Penal para el Distrito Federal en materia de Fuero Común y para toda la República en materia de Fuero Federal.

La LGEEPA, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988; y reformada mediante Decreto publicado el 13 de diciembre de 1996 en el Diario Oficial de la Federación, ha tenido como predecesoras, la Ley Federal de Protección al Ambiente, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de enero de 1982 y la Ley Federal para prevenir y controlar la contaminación ambiental, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 12 de marzo de 1971.

Por su parte, el Reglamento de la LGEEPA en Materia de Residuos Peligrosos, fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 25 de noviembre de 1988.

Se han expedido ocho Normas Oficiales Mexicanas para Residuos Peligrosos, actualmente vigentes, siete fueron Publicadas en el Diario Oficial de la Federación el día 22 de octubre de 1993 y una el día 7 de noviembre de 1995 (ver APÉNDICE). Cabe señalar que dichas Normas Oficiales Mexicanas sustituyeron a sus predecesoras denominadas Normas Técnicas Ecológicas.

En materia internacional, México forma parte del Convenio de Basilea Sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación, el cual entró en vigor el 5 de mayo de 1992. Dicho Convenio regula, entre otras cosas, los movimientos transfronterizos de los residuos peligrosos, de los países que han signado el Convenio.

También nuestro país celebró con los Estados Unidos, el 14 de agosto de 1983, un Convenio sobre Cooperación para la Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente en la Zona Fronteriza, en el cual se establece, entre otras disposiciones, que a 100 kilómetros de ambos lados de las líneas divisorias terrestres y marítimas entre las partes, se podrán llevar a cabo acciones conjuntas de protección, mejoramiento y conservación del medio terrestre, acuático y del aire. Así como regulación de movimientos transfronterizos de materiales y residuos peligrosos y acciones conjuntas en caso de contingencias ambientales que afecten a ambos países.

## II.2 Sujetos en materia de Residuos Peligrosos.

Los sujetos obligados a cumplir con las disposiciones legales en materia de residuos peligrosos, son todas las personas físicas y morales, públicas o privadas que generen, manejen, importen o exporten residuos peligrosos. En el manejo de los residuos peligrosos se incluye su uso, recolección, almacenamiento, transporte, reuso, reciclaje, tratamiento y disposición final.

### II.2.a Autoridad competente en materia de Residuos Peligrosos.

En los artículos 5º, 6º, 7º, 8º y 9º de la LGEEPA se establecen las atribuciones ambientales que le corresponden a la Federación, los Estados, los Municipios y al Gobierno del Distrito Federal, concerniendo a la Federación la atribución exclusiva de regular y controlar la generación, manejo y disposición final de los residuos peligrosos que ejerce a través de la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) (artículo 32º bis de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal). Para atender dichas facultades se crearon dos organismos desconcentrados pertenecientes a dicha Secretaría, el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) (artículos 54º y 62º del Reglamento Interior de la SEMARNAP).

Las atribuciones que tiene el INE en la materia de residuos peligrosos, son:

- ☞ Formular y conducir la política general en materia de residuos peligrosos.
- ☞ Formular y proponer las normas, lineamientos, medidas, criterios y procedimientos en materia de residuos peligrosos.
- ☞ Expedir las autorizaciones relacionadas con la instalación y operación de sistemas para la recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, rehuso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final de residuos peligrosos.
- ☞ Autorizar el movimiento transfronterizo de residuos peligrosos.
- ☞ Proponer la celebración de convenios con los gobiernos de los Estados y Municipios; así como con los grupos sociales interesados, para el cumplimiento de las atribuciones del Gobierno Federal relativo al manejo de los residuos peligrosos.
- ☞ Promover la inversión privada en la creación de infraestructura, sistemas y mercados para el manejo de residuos peligrosos.
- ☞ Coadyuvar con la PROFEPA en la determinación de las medidas necesarias para la atención de emergencias ambientales; así como para la prevención y control de accidentes que involucren residuos peligrosos.

Por su parte, la PROFEPA posee las siguientes facultades en materia de residuos peligrosos:

- ⌘ Realizar visitas domiciliarias de inspección para vigilar el cumplimiento de las disposiciones legales en materia de residuos peligrosos.
- ⌘ Llevar el procedimiento administrativo en el que sea oído e inspeccionado en materia de residuos peligrosos.
- ⌘ Imponer las medidas técnicas para corregir las irregularidades detectadas en materia de residuos peligrosos; así como los plazos para su cumplimiento.
- ⌘ Sancionar por las irregularidades detectadas en las inspecciones realizadas, mediante resoluciones debidamente fundadas y motivadas.
- ⌘ Realizar visitas de verificación del cumplimiento de las medidas técnicas correctivas ordenadas, en materia de residuos peligrosos.
- ⌘ Denunciar ante el Ministerio Público Federal los actos, omisiones o hechos que impliquen la comisión de delitos en materia de residuos peligrosos.
- ⌘ Realizar auditorias, por sí misma o a través de terceros a las empresas publicas y privadas; así como a las entidades públicas, respecto a los sistemas de explotación, almacenamiento, transporte, producción, transformación, comercialización, uso y disposición de residuos peligrosos.
- ⌘ Emitir las recomendaciones que resulten de las auditorias que practique, determinando las medidas preventivas y correctivas, acciones, estudios, proyectos, obras, procedimiento y programas que deberá realizar la empresa o entidad auditada; así como los plazos para su cumplimiento.

- ⌘ Dar seguimiento a las acciones acordadas en los convenios derivadas de auditorías, para asegurar el cumplimiento de las medidas preventivas y correctivas que se determinen.

## II.2.b Generador de Residuos Peligrosos.

Generador es cualquier persona física o moral, pública o privada que con motivo de sus actividades genera residuos, y está obligado a determinar mediante pruebas y análisis si sus residuos son o no peligrosos, conforme a las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en materia de residuos peligrosos.

Como ya se indicó actualmente se encuentran vigentes 8 Normas Oficiales Mexicanas en materia de residuos peligrosos. La NOM-052-ECOL-1993 establece las características que deberá considerar quien haga la prueba o análisis para determinar si un residuo es o no peligroso; también en dicha Norma Oficial Mexicana se incluye una clasificación de residuos peligrosos atendiendo al proceso y giro industrial; así como un listado de 51 componentes tóxicos que hacen peligroso a un residuo. Con esto, se puede clasificar a los residuos peligrosos en: inorgánicos, orgánicos y orgánicos volátiles.

En la NOM-053-ECOL-1993 se indica el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción y poder determinar con base en la NOM-052 antes señalada, si un residuo es o no peligroso. Por su parte la NOM-054-ECOL-1993 establece el procedimiento para determinar si dos o más residuos peligrosos son incompatibles entre sí, para que se manejen de forma separada.

Todo generador de residuos peligrosos, de conformidad con los artículos 8º, 14º, 34º y 42º del Reglamento de la LGEEPA en Materia de Residuos Peligrosos, está obligado a:

- Ⓢ Inscribirse en el registro de generadores de residuos peligrosos a cargo del INE.
- Ⓢ Llevar una bitácora mensual sobre la generación de sus residuos peligrosos.

- ⊙ Manejar adecuadamente los residuos peligrosos, separando aquellos que sean incompatibles entre sí.
- ⊙ Envasar sus residuos peligrosos en recipientes de acuerdo con su estado físico, con sus características de peligrosidad y tomando en cuenta su incompatibilidad con otros residuos peligrosos, para evitar que durante el almacenamiento, operación de carga y descarga y transporte, no sufran ninguna pérdida o escape. Identificándolos adecuadamente con el nombre y características del residuo.
- ⊙ Almacenar sus residuos peligrosos en condiciones de seguridad y en áreas que reúnan los requisitos que más adelante se indicarán.
- ⊙ Transportar sus residuos peligrosos en los vehículos que determine la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y bajo las condiciones que más adelante se detallarán.
- ⊙ Dar a sus residuos peligrosos el tratamiento que corresponda de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de la LGEEPA así como en las Normas Oficiales Mexicanas en Materia de Residuos Peligrosos.
- ⊙ Dar a sus residuos peligrosos la disposición final, de acuerdo a lo detallado más adelante.
- ⊙ Remitir al INE, un informe semestral sobre los movimientos que hubiere efectuado con sus residuos peligrosos.
- ⊙ Una vez depositados los residuos peligrosos para disposición final, el generador, o en su caso, la empresa contratada para su manejo, deberá presentar un informe mensual, al INE, en el cual señalará, la cantidad, volumen y naturaleza de los residuos depositados, fecha de disposición final, ubicación del sitio de disposición final y sistemas de disposición final utilizados para cada tipo de residuo.

- © Cuando por cualquier causa se produzcan derrames, infiltraciones, descargas o vertidos de residuos peligrosos, durante su manejo, el generador, o en su caso la empresa que preste el servicio, deberá dar aviso inmediatamente de los hechos tanto al INE como a la PROFEPA.

### II.3 Almacenamiento de los Residuos Peligrosos.

Los artículos 3º, 15º, 16º, 17º, 18º, 19º, 20º y 21º del Reglamento de la LGEEPA en Materia de Residuos Peligrosos, regulan el almacenamiento de los residuos peligrosos, indicando que el almacenamiento, consiste en la actividad de retener temporalmente los residuos en tanto se procesan para su aprovechamiento, se entregan al servicio de recolección, o se les da disposición final.

Como mínimo cualquier almacén de residuos peligrosos deberá reunir los siguientes requisitos:

- a) Estar separado de las áreas de producción, servicios, oficinas y de almacenamiento de materias o productos terminados;
- b) Estar ubicado en zonas donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones;
- c) Contar con muros de contención, y fosas de retención para la captación de los lixiviados;
- d) Los pisos deberán contar con trincheras o canaletas que conduzcan los derrames a las fosas de retención, con capacidad para contener una quinta parte de lo almacenado;
- e) Contar con pasillos lo suficientemente amplios, que permitan el tránsito de montacargas mecánicos, electrónicos o manuales, así como el movimiento de los grupos de seguridad y bomberos en casos de emergencia;

- f) Contar con un sistemas de extinción contra incendios. En el caso de hidrantes, éstos deberán mantener una presión mínima de 6 kg/cm<sup>2</sup> ;
- g) Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los mismos, en lugares y formas visibles;
- h) No almacenar residuos peligrosos incompatibles; y
- i) No rebazar la capacidad instalada de almacenamiento.

Cuando se trate de áreas de almacenamiento cerradas, deberá de cumplirse ademas con lo siguiente:

- j) No deben existir conexiones con drenajes en el piso, válvulas de drenaje, juntas de expansión, albañales o cualquier otro tipo de apertura que pudieran permitir que los líquidos fluyan fuera del área protegida;
- k) Las paredes deben estar construidas con materiales no inflamables;
- l) Contar con ventilación natural o forzada. En los casos de ventilación forzada debe tener una capacidad de recepción de por lo menos seis cambios de aire por hora, y
- m) Estar cubiertas y protegidas de la intemperie y, en su caso, contar con ventilación suficiente para evitar acumulación de vapores peligrosos y con iluminación a prueba de explosión.

Cuando se trate de áreas de almacenamiento abiertas, además de cumplir con los requisitos mínimos, indicados de los incisos a) al i) antes citados, también deberán cumplir con lo siguiente:

- n) No estar localizadas en sitios por debajo del nivel de agua alcanzado en la mayor tormenta registrada en la zona, más un factor de seguridad de 1.5;

- o) Los pisos deben ser lisos y de material impermeable en la zona donde se guarden los residuos y de material antiderrapante en los pasillos. Estos deben ser resistentes a los residuos peligrosos almacenados;
- p) Contar con pararrayos;
- q) Contar con detectores de gases o vapores peligrosos con alarma audible, cuando se almacenen residuos volátiles; y
- r) No deberán almacenarse residuos peligrosos a granel, cuando éstos produzcan lixiviados.

Por último, todos los movimientos de entrada y salida de residuos peligrosos del área de almacenamiento deberán quedar registrados en una bitácora, en la cual se debe asentar: fecha del movimiento, origen y destino del residuo peligroso.

#### II.4 Transporte de los Residuos Peligrosos.

La transportación de los residuos peligrosos, es una acción que implica llevar a estos a otras instalaciones para su tratamiento o para la disposición final; la cual, la puede realizar por sí el generador de los residuos peligrosos o contratar a terceras personas, personas físicas o morales debidamente autorizadas para ello. Las disposiciones legales que regulan los movimientos de dichos residuos, están contenidas en los artículos del 23º al 29º del Reglamento de la LGEEPA en Materia de Residuos Peligrosos.

Para transportar residuos peligrosos a instalaciones de tratamiento o de disposición final, el generador deberá contar con un manifiesto expedido por el INE.

Por cada volumen de transporte, el generador deberá entregar al transportista un manifiesto en original, debidamente firmado, y dos copias del mismo.

El transportista conservará una de las copias que le entregue el generador, para su archivo, y firmará el original del manifiesto, mismo que entregará al destinatario, junto con una copia de éste, en el momento en que le entregue los residuos peligrosos para su tratamiento o disposición final.

El destinatario de los residuos peligrosos conservará la copia del manifiesto que le entregue el transportista, para su archivo, y firmará el original, mismo que deberá remitir de inmediato al generador.

El original del manifiesto y las copias del mismo, deberán ser conservadas por el generador, por el transportista y por el destinatario de los residuos peligrosos, durante diez años en los casos de generador y destinatario, y durante cinco años en el caso del transportista.

Si transcurrido un plazo de treinta días naturales contados a partir de la fecha en que la empresa de servicios de manejo correspondiente reciba los residuos peligrosos para su transporte, el generador no recibe copia del manifiesto debidamente firmado por el destinatario de los mismos, el generador deberá informar al INE de este hecho, para que dicho Instituto determine las medidas que procedan.

Cuando para el transporte de residuos peligrosos el generador contrate a una empresa de servicios de manejo, el transportista contratado estará obligado a:

- a) Contar con autorización del INE;
- b) Solicitar al generador el original del manifiesto correspondiente al volumen de residuos peligrosos que vayan a transportarse;
- c) Firmar el original del manifiesto que le entregue el generador, y recibir de este último las dos copias del manifiesto que correspondan;
- d) Verificar que los residuos peligrosos que le entregue el generador, se encuentren correctamente envasados e identificados en los términos de las normas técnicas ecológicas correspondientes;
- e) Sujetarse a las disposiciones sobre seguridad e higiene en el trabajo que correspondan; y
- f) Remitir al INE informe semestral sobre los residuos peligrosos recibidos para transporte durante dicho periodo.

El Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos prohíbe la transportación de dichos residuos por la vía aérea y obliga al transportista a cumplir con las demás reglamentaciones en materia de tránsito, salud y comunicaciones y transportes, de éstas cabe resaltar, el Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes es la autoridad encargada de aplicar este último Reglamento, el cual regula el transporte terrestre de los materiales y residuos peligrosos, el equipamiento de los camiones motores, las condiciones de seguridad, y establece las sanciones por su incumplimiento.

## II.5 Disposición final de los Residuos Peligrosos.

Una vez entregados los residuos peligrosos para su disposición final, ya no deben salir de los depósitos. El Reglamento de Residuos Peligrosos en su artículo 31º establece tres sistemas para la disposición final: Confinamientos controlados, Confinamientos en formaciones geológicas estables, y Receptores de agroquímicos.

Por lo que se refiere a la construcción del confinamiento controlado deberá comprender como mínimo: Celdas de confinamiento, Obras complementarias y, en su caso, Celdas de Tratamiento, sujetándose a las especificaciones establecidas en las correspondientes Normas Oficiales Mexicanas en materia de residuos peligrosos que se emitan al respecto.

Al respecto se han emitido 4 Normas Oficiales Mexicanas:

- ☛ NOM-055-ECOL-1993, que establece los requisitos que deben reunir los sitios donde se construirán las celdas de confinamiento, especificando los requisitos geohidrológicos, ecológicos, demográficos, sísmicos, topográficos y de acceso.
- ☛ NOM-056-ECOL-1993, indica los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias, relativas a áreas de acceso y espera, cerca perimetral y de seguridad, casetas de vigilancia, de pesaje y báscula, área de almacenamiento temporal, drenaje, instalaciones

de energía eléctrica, pozos de monitoreo, taller de mantenimiento, área administrativa y laboratorios.

- ✿ NOM-057-ECOL-1993, señala los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de las celdas de tratamiento.
- ✿ NOM-058-ECOL-1993, establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado y la forma en que se deben ejecutar las actividades relacionadas con los residuos peligrosos.

Respecto de los confinamientos en formaciones geológicas estables, el Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos, en su artículo 32º, indica que la localización y selección de sitios para este tipo de confinamientos deberán sujetarse a las Normas Oficiales Mexicanas Ecológicas que al respecto se emitan.

Cabe señalar que el Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos prohíbe la disposición final de bifenilos policlorados (BPC's) o de residuos que los contengan en confinamientos controlados y en cualquier otro sitio, dada su alta peligrosidad por su toxicidad y efectos cancerígenos que produce, los cuales deben destruirse a través de procedimientos químicos o incinerarse con métodos especiales.

## II.6 Importación y Exportación de Residuos Peligrosos.

Tanto la LGEEPA como su Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos le dan un tratamiento especial a este tema, lo cual se justifica por los movimientos transfronterizos de los residuos peligrosos de los países desarrollados a los subdesarrollados.

Los principios que establecen tanto la Ley y el Reglamento antes citados, respecto a las operaciones de importación y exportación de los residuos peligrosos, son los siguientes:

- a) Requieren permiso previo de la SEMARNAP todas las importaciones y exportaciones de residuos peligrosos;
- b) Se prohíbe la importación al territorio nacional de residuos peligrosos, cuando su único objeto sea la disposición final, y sólo se podrá autorizar la importación para reciclaje;
- c) Los residuos peligrosos generados en los procesos de producción, bajo el régimen de maquila, en los que se utiliza materia prima introducida al país bajo el régimen de importación temporal, deberán ser retornados al país de procedencia;
- d) No se autorizarán las exportaciones de residuos peligrosos cuyo único objeto sea su disposición final en el extranjero, si no se cuenta con el permiso del país receptor;
- e) No se autorizará el tránsito de residuos peligrosos por el territorio nacional, proveniente del extranjero y con destino a un tercer país, si no se cuenta con el consentimiento expreso del país receptor; y
- f) En todos los casos, las importaciones y exportaciones de residuos peligrosos deberán garantizar el debido cumplimiento de las disposiciones correspondientes; así como la reparación de los daños y perjuicios que pudieran causar.

## II.7 Delitos en materia de Residuos Peligrosos.

La LGEEPA obliga a la SEMARNAP, cuando tenga conocimiento de actos u omisiones que puedan constituir delitos ambientales, a denunciarlos ante la autoridad competente; también otorga dicha facultad de denuncia a favor de toda la ciudadanía.

Los delitos ambientales están establecidos en el título XXV del Código Penal para el Distrito Federal en materia de Fuero Común y para toda la República en materia de Fuero Federal. Al ser los residuos peligrosos materia de competencia federal, los tribunales competentes son también los federales.

Dicho Código en la fracción I del artículo 415, establece el delito en materia de residuos peligrosos, decretando que, a quien sin autorización de la SEMARNAP o contraviniendo los términos en que haya sido concedida, realice cualquier actividad con residuos peligrosos que ocasionen o puedan ocasionar daños a la salud pública, a los recursos naturales, la fauna, la flora o los ecosistemas, se le aplicará una pena de 3 meses a 6 años de prisión y una multa de mil a veinte mil días de salario mínimo general vigente en el Distrito Federal en el momento de imponer la sanción.

Además de lo anterior, el Juez podrá imponer alguna o algunas de las siguientes penas:

- a) La realización de las acciones necesarias para restablecer las condiciones de los elementos naturales que constituyen los ecosistemas afectados, al estado en que se encontraban antes de realizarse el delito;
- b) La suspensión, modificación o demolición de las construcciones, obras o actividades, según corresponda, que hubieren dado lugar al delito ambiental respectivo; y
- c) El retorno de los residuos peligrosos al país de origen, considerando lo dispuesto en los tratados y convenciones internacionales de que México sea parte.

En lo referente a las Normas Oficiales Mexicanas es recomendable que se adecuen a criterios modernos y funcionales que propicien un mercado ágil y accesible para el manejo de los

residuos. El contenido y sentido de una norma puede crear o distorsionar mercados y alentar o desincentivar su cumplimiento. Su eficacia y efectos colaterales deben ser evaluados a la luz de sus resultados y consecuencias.

En México todavía se encuentran normas cuyo sentido apunta mas bien a una sobreacción paranoica hacia los residuos y sus efectos nocivos potenciales, y no toma en consideración que éstos son parte de una cadena productiva a la que deben añadirse elementos de control y eficacia.

En particular, es conveniente modificar las NOM-052-ECOL-1993 y NOM-055-ECOL-1993, y expedir las relativas al tratamiento térmico y reciclaje de residuos. La primera, que establece las características de los residuos peligrosos según su peligrosidad, su fuente y tipo de componentes, volumen de generación y posibilidades comerciales de integración a procesos productivos. Una clasificación general como la existente, sólo propicia ineficiencia, sobrecostos y su incumplimiento o evasión, a la vez que provoca un desperdicio enorme de recursos potenciales. La segunda establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos. En su contenido está implícito un temor irracional. Establece una serie de condiciones exageradas, en aspectos geohidrológicos, climáticos, sísmicos y de separación de centros de población, instalaciones o ecosistemas. Sin embargo, también incluye de una manera casi tímida, la posibilidad de suplir características no adecuadas al sitio mediante la utilización de obras de ingeniería o técnicas de control y manejo comprobadas.

Las normas que se emitan deben promover y alentar actitudes de minimización y reciclaje, acompañadas de instrumentos económicos que incentiven estas prácticas.

### CAPÍTULO III. ESTRATEGIA DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS EN MÉXICO

La estrategia del manejo y eliminación de los residuos peligrosos se basa fundamentalmente en la autorización de nuevas plantas de procesos con tecnologías limpias, para reducir la generación de los residuos, así como en la creación de infraestructura de confinamientos que garantice plenamente su manejo adecuado, teniendo como puntos intermedios el reciclado, los tratamientos físicos, químicos, biológicos y la incineración (Figura 3). Los confinamientos controlados deben existir; es utópico pensar en la reducción a cero de los residuos peligrosos, de otra manera, se puede caer en situaciones de disposición clandestina de éstos. No debemos olvidar que una vez que tenemos el residuo peligroso, lo más importante es reducir su peligrosidad no importando el método que se utilice.

#### ESTRATEGIA DE MANEJO Y ELIMINACIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS

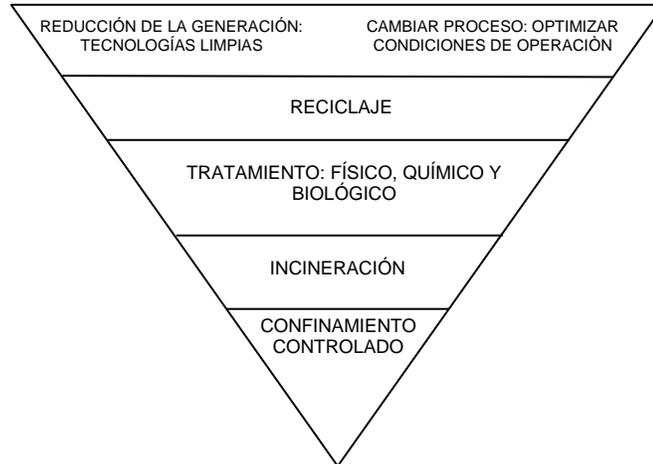


Figura 3

La infraestructura existente en México para el manejo de los residuos peligrosos es la siguiente: un confinamiento público de residuos industriales no peligrosos, dos confinamientos públicos y dos privados de residuos industriales peligrosos, cinco incineradores, 51 instalaciones de reciclaje 16 plantas de tratamiento y tres instalaciones de reuso energético.

La generación y el manejo inadecuado de los residuos industriales peligrosos tienen costos elevados para el generador y para la sociedad que son previsibles, por lo cual es preciso desarrollar acciones con tal fin. Para el generador, los costos derivan de la pérdida de la materia prima empleada en sus procesos, en forma de residuos, pero también, por el pago de sanciones y, en su caso, de limpieza de los sitios que contamine y de los daños que ocasione.

A su vez, el mal manejo de los residuos peligrosos crea costos para la sociedad, en la medida que deterioran los suelos y su fertilidad, se contaminan las fuentes de abastecimiento de agua, o se producen daños a la salud, la flora y la fauna como consecuencia de la exposición de dichos residuos. Por lo anterior se considera que generar residuos es antieconómico, al igual que destruir o confinar residuos reciclables a dichos residuos.

Basándose en lo anterior, la política nacional en materia de residuos peligrosos, promueve la reducción de la generación en la fuente, así como el reciclado o recuperación de los residuos que lleguen a generarse y, en caso de no ser esto posible, alienta su tratamiento y como última opción su confinamiento.

El bajo costo del confinamiento con respecto de las otras opciones, hace necesario el desarrollo de diversas iniciativas para alentar la otras formas de manejo, en particular la de reciclado. Es por ello, que se introdujo en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en diciembre de 1996, la disposición relativa a incluir en las autorizaciones para el establecimiento de confinamientos de residuos peligrosos, sólo los residuos que no puedan ser técnicamente y económicamente sujetos de reuso, reciclamiento o destrucción térmica o fisicoquímica (Art. 151).

El desarrollo de esquemas para el manejo integral y aprovechamiento de los residuos industriales peligrosos demanda que se conjunten esfuerzos destinados, entre otros, a contar con un sistema de información que permita conocer las actividades generadoras de residuos peligrosos, los tipos y volúmenes de los residuos generados, el lugar en el que se generan, así como la infraestructura disponible para su manejo en cada localidad y su capacidad instalada. Conviene saber también, los tipos y volúmenes generados de residuos reciclados y las tendencias de los mercados de reciclado. Como complemento, es deseable contrastar los costos

asociados al manejo inadecuado de los residuos peligrosos con los ingresos y empleos asociados a los servicios ambientales de manejo, lo cual implica crear indicadores de manejo adecuado e inadecuado.

Sólo una planeación coherente y bien sustentada permitirá que la infraestructura de servicios que se desarrolle en México para el manejo de los residuos peligrosos corresponda a las necesidades y particularidades de las entidades federativas y regiones del país; que opere aprovechando al máximo su capacidad instalada; que se desempeñe de manera ambientalmente adecuada y que sea bienvenida por parte de la sociedad.

Hasta ahora no se cuenta con un inventario preciso sobre el volumen total generado de residuos industriales peligrosos y que las estimaciones al respecto, hechas tomando en cuenta factores de emisión calculados en otros países para los distintos giros de la planta de industria de la transformación, fluctúan entre ocho y doce millones de toneladas anuales. Por su parte, los 10,649 generadores de residuos industriales peligrosos registrados hasta junio de 1998, manifiestan una generación aproximada de tres y medio millones de toneladas anuales (a los cuales se suma un total de más de tres millones y medio de litros anuales y un total de seis mil metros cúbicos al año).

El análisis de la composición de los residuos industriales peligrosos, excluyendo los generados por la minería, muestra que la proporción mayor corresponde a disolventes y lubricantes usados (35 y alrededor de 12 % respectivamente), dos tipos de residuos que pueden ser reciclados para ser utilizados en el mismo tipo de usos comunes o cuyo valor calorífico puede ser recuperado, como en el caso de los lubricantes, al ser empleados como combustible alternativo. Otros residuos frecuentemente generados; entre los cuales también se encuentran algunos reciclables, son los derivados de la fabricación de pinturas y barnices, de la soldadura, de las resinas, de ácidos y bases, de los derivados del petróleo, y diversas corrientes que contienen metales pesados.

A su vez, se considera que entre las principales actividades generadoras de residuos peligrosos se encuentran la industria química básica, que se estima genera más del 20 % del total, la petroquímica con más del 10 %, la industria de metales básicos y la metal mecánica con aproximadamente el 10 % cada una, la química secundaria y la electrónica y eléctrica, las dos con cerca del 8 % cada una.

En cuanto a las empresas de servicios de manejo de residuos industriales peligrosos, han sido autorizadas 118 empresas de recolección y transporte, 27 de acopio, 9 de alojamiento de bifenilos policlorados (BPC's), 20 de reciclado de disolventes gastados, 16 de reciclado de tambores usados, 15 de reciclado de lubricantes usados, 1 de reciclaje de líquido fijador fotográfico, 11 de reciclaje de metales, 6 de manejo integral para la preparación de combustible alterno, 3 para el tratamiento de aceites y minerales contaminados con BPC's, 20 para el tratamiento de residuos in situ, 3 para la incineración de residuos peligrosos, 4 para la disposición final y 2 para otros tratamientos. Dichas empresas no están distribuidas en todo el territorio nacional como sería deseable, sino que se concentran principalmente en la zona centro dada la gran densidad industrial de ésta; ello trae consigo que existan entidades federativas e incluso regiones que no cuentan prácticamente con infraestructura para el manejo controlado y ambientalmente adecuado de sus residuos industriales peligrosos, por lo cual tienen que transportar y pagar altos costos para llevar sus residuos a instalaciones lejanas.

Para poder controlar adecuadamente los residuos peligrosos es necesario utilizar una serie de formatos, permisos, avisos, etc. que nos indiquen ¿quién?, ¿cuánto?, ¿dónde?, genera, transporta, da tratamiento, incinera o da confinamiento a los residuos peligrosos.

### III.1 Requisitos.

#### ✧ Formatos

Existen ocho formatos que intervienen en el manejo de los residuos peligrosos y que son:

- a) Manifiesto para Empresas Generadoras de Residuos Peligrosos.
- b) Manifiesto de Entrega - Transporte - Recepción de Residuos Peligrosos.
- c) Manifiesto para Casos de Derrame de Residuos Peligrosos por Accidente.
- d) Reporte Semestral de Residuos Peligrosos Enviados para su Reciclaje, Tratamiento, Incineración o Confinamiento.
- e) Reporte Semestral de Residuos Peligrosos Recibidos para su Reciclaje o Tratamiento.
- f) Reporte Mensual de Residuos Peligrosos Confinados en Sitios de Disposición Final.
- g) Manifiesto para Empresa Generadora Eventual de Residuos de Bifenilos Policlorados (BPC's).
- h) Manifiesto para la Importación o Exportación de Materiales o Residuos Peligrosos.(ahora Aviso de Retorno de Residuos Peligrosos)

#### a) Manifiesto para Empresas Generadoras de Residuos Peligrosos.

El objetivo de éste manifiesto es identificar a las fuentes generadoras de residuos peligrosos, así como conocer los volúmenes anuales y tipos de dichos residuos.

En el momento en que una empresa genera residuos peligrosos, tiene la obligación de llenar dicho formato por residuo generado y por planta (en el caso de las empresas grandes que tienen varias plantas, cada planta debe presentar un manifiesto por cada residuo generado) con los siguientes datos:



Los requisitos para obtener el Manifiesto como Empresa Generadora de Residuos Peligrosos son:

Entregar en la Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas (DGMRAR) del Instituto Nacional de Ecología (INE), los siguientes documentos en original y copia:

- ▲ Pago ante la SHCP en el formato SHCP-5, clave 611 por concepto de registro de empresas generadoras de residuos peligrosos, conforme al derecho de prevención y control de la contaminación según el Art.174-P de la Ley Federal de Derechos.
- ▲ Análisis de laboratorio de los residuos peligrosos generados (cuando así se requiera según las NOM-052-ECOL-1993 y NOM-053-ECOL-1993).
- ▲ Diagrama de flujo del proceso productivo, indicando donde se generan dichos residuos peligrosos (cuando así se requiera).
- ▲ Este manifiesto se entregará una sola vez a menos que en el proceso se produzcan cambios que ameriten ser dados a conocer. Será responsabilidad de la empresa indicar dichos cambios.

Los problemas encontrados en el llenado de este formato:

- ⊕ Estado Físico: no pide especificar para el caso de "otros"
- ⊕ Potencial de Hidrógeno: Sólo aplica cuando el residuo es líquido.
- ⊕ Composición Química: Debería pedir un nombre "genérico" del residuo y posteriormente detallar su composición química. Sólo aplica cuando se caracteriza el residuo.
- ⊕ Manejo Dentro de la Empresa: En Almacenamiento no pide especificar para el caso de "Otros".

b) Manifiesto de Entrega-Transporte-Recepción de Residuos Peligrosos.

El objetivo es registrar y dar seguimiento a los movimientos de residuos peligrosos desde su generación hasta su disposición final, además de contar con información acerca de quiénes intervienen y son responsables de esos movimientos. Este manifiesto se realiza cuando la empresa Generadora no le da Disposición Final a sus residuos dentro de la misma empresa.



Requisitos para obtener dicho manifiesto:

- ▲ No se requiere pago ante la SHCP. Sólo se entrega en original y copia para revisión técnica del personal de la DGMRAR.
- ▲ Le entrega el generador en original y dos copias al transportista para que éste firme el original y los entregue al destinatario quien los firmará de recibido y entregará una copia al transportista y el original al generador en un lapso no mayor de 30 días naturales. (En el caso de que el generador no recibiera el original en el plazo señalado, deberá dar aviso a la SEMARNAP).
- ▲ Se entrega por cada embarque realizado de residuos peligrosos transportados y se conservará por 5 años en el caso del transportista y 10 años en los casos de generador y destinatario.

c) Manifiesto para Casos de Derrame de Residuos Peligrosos por Accidente.

El objetivo es establecer un registro para hacer el seguimiento de los casos de residuos y sustancias peligrosas derramadas por accidente, de las empresas involucradas y de las medidas correctivas empleadas para restablecer el equilibrio ecológico en las áreas afectadas.

Este manifiesto lo debe tener parcialmente lleno el transportista y en el caso de que ocurriera un accidente completar los datos en ese momento.

Requisitos para obtener dicho manifiesto:

- ▲ No se requiere pago ante la SHCP. Sólo se entrega en original y copia para revisión técnica de la DGMRAR.
- ▲ Lo entrega la empresa generadora de residuos peligrosos y en su caso, la empresa que preste el servicio de manejo en el momento del derrame de dichos residuos.



SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE,  
RECURSOS NATURALES Y PESCA  
INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE RESIDUOS  
MATERIALES Y RIESGO

MANIFIESTO PARA CASOS DE DERRAME  
DE RESIDUOS PELIGROSOS  
POR ACCIDENTE

PARA SER LLENADO POR  
SEMARNAP  
CODIGO DE IDENTIFICACIÓN

IDENTIFICACIÓN

RAZÓN SOCIAL DE LA EMPRESA: \_\_\_\_\_ TEL. \_\_\_\_\_

DIRECCIÓN Y C. P.: \_\_\_\_\_

MUNICIPIO O DELEGACIÓN: \_\_\_\_\_ EDO. \_\_\_\_\_

NOMBRE DEL TÉCNICO RESPONSABLE: \_\_\_\_\_ TEL. \_\_\_\_\_

FECHA Y HORA EN QUE OCURRIÓ EL ACCIDENTE: \_\_\_\_\_

LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL SITIO DONDE OCURRIÓ EL ACCIDENTE: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

CAUSAS QUE MOTIVARON EL DERRAME, INFILTRACIÓN, DESCARGA O VERTIDO: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL RESIDUO:

<p>ESTADO FÍSICO:</p> <p><input type="checkbox"/> SÓLIDO    <input type="checkbox"/> LÍQUIDO    <input type="checkbox"/> GASEOSO    <input type="checkbox"/> LODOS</p> <p><input type="checkbox"/> GEL    <input type="checkbox"/> POLVO    <input type="checkbox"/> OTROS _____</p> <p>POTENCIAL DE HIDRÓGENO pH:</p> <p><input type="checkbox"/> ÁCIDO    <input type="checkbox"/> BASE    <input type="checkbox"/> NEUTRO</p> <p>VOLUMEN O PESO DEL RESIDUO: _____</p>	<p>CARACTERÍSTICAS DE PELIGROSIDAD DE ACUERDO CON LA NOMRMA OFICIAL MEXICANA NOM-052-ECOL/93 Y CON LA NOM-053-ECOL/93:</p> <p><input type="checkbox"/> CORROSIVO    <input type="checkbox"/> TÓXICO</p> <p><input type="checkbox"/> REACTIVO    <input type="checkbox"/> INFLAMABLE</p> <p><input type="checkbox"/> EXPLOSIVO</p>
---	---

ACCIONES REALIZADAS PARA LA ATENCIÓN DEL ACCIDENTE: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

AYUDA QUE REQUIERE PARA LA ATENCIÓN DEL ACCIDENTE: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

MEDIDAS ADOPTADAS PARA LA LIMPIEZA Y RESTAURACIÓN DE LA ZONA AFECTADA: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

POSIBLES DAÑOS CAUSADOS A LOS ECOSISTEMAS: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

LUGAR Y FECHA

\_\_\_\_\_

NOMBRE Y FIRMA

NOTA: EN CASO DE RESIDUOS ALTAMENTE TÓXICOS Y PELIGROSOS, DEBERÁ INFORMAR DE INMEDIATO A LOS TELS. 553-29-77 Y 286-93-92.

d) Reporte Semestral de Residuos Peligrosos Enviados para su Reciclaje, Tratamiento, Incineración ó Confinamiento.

El objetivo es disponer de información acerca de la cantidad y naturaleza de los residuos peligrosos enviados por las empresas generadoras para su confinamiento o reciclaje, así como los sistemas empleados en uno u otro caso.

En caso de que la empresa no haya enviado residuos peligrosos en dicho período deberá dar aviso a las autoridades.

Los requisitos que se deben llenar son:

- ▲ No se requiere pago ante la SHCP. Sólo se entrega en original y copia para revisión técnica de la DGMRAR.
- ▲ Lo entrega la empresa generadora de residuos peligrosos.

e) Reporte Semestral de Residuos Peligrosos Recibidos para su Reciclaje, Tratamiento, Incineración ó Confinamiento.

El objetivo es disponer de información acerca de la cantidad y naturaleza de los residuos peligrosos confinados o reciclados, así como de los procedimientos utilizados para ello en las empresas operadoras de tales servicios.

Este reporte lo deben entregar tanto el transportista como el destinatario de los residuos peligrosos.

Los requisitos que se deben llenar son:

- ▲ No se requiere pago ante la SHCP. Sólo se entrega en original y copia para revisión técnica de la DGMRAR.
- ▲ Lo entrega la empresa receptora de residuos peligrosos.





f) Reporte Mensual de Residuos Peligrosos Confinados en Sitios de Disposición Final.

El objetivo es establecer una base de datos acerca de la cantidad y naturaleza de los residuos peligrosos depositados en sitios de confinamiento controlado, así como de los sistemas utilizados para su disposición final, para supervisar su operación.

Los requisitos que se deben llenar:

- ▲ No se requiere pago ante la SHCP. Sólo se entrega en original y copia para revisión técnica de la DGMRAR.
- ▲ Le entrega la empresa de confinamiento de residuos peligrosos a la Institución correspondiente.

g) Manifiesto para Empresa Generadora Eventual de Residuos de Bifenilos Policlorados (BPC's).

El objetivo es integrar una relación de empresas que posean equipos que contengan o estén contaminados con BPC's, para hacer el seguimiento de las medidas establecidas para su manejo y destrucción adecuados.

Los requisitos que se deben llenar:

- ▲ No se requiere pago ante la SHCP. Sólo se entrega en original y copia para revisión técnica de la DGMRAR.
- ▲ Lo remite la empresa que posea equipos que contengan o estén contaminados con bifenilos policlorados.

h) Manifiesto para la Importación o Exportación de Materiales o Residuos Peligrosos.

El objetivo es autorizar, registrar y dar seguimiento a los movimientos fronterizos tanto de importación como de exportación de materiales o residuos peligrosos, con el fin de contribuir a la disminución de la contaminación ambiental.





SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE,  
RECURSOS NATURALES Y PESCA  
INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE RESIDUOS  
MATERIALES Y RIESGO

MANIFIESTO PARA EMPRESAS GENERADORAS  
EVENTUALES DE RESIDUOS DE BIFENILOS  
POLICLORADOS (BPC's)

PARA SER LLENADO POR  
SEMARNAP  
CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN

IDENTIFICACIÓN

RAZÓN SOCIAL DE LA EMPRESA: \_\_\_\_\_ TEL. \_\_\_\_\_

DIRECCIÓN Y C. P.: \_\_\_\_\_

MUNICIPIO O DELEGACIÓN: \_\_\_\_\_ EDO. \_\_\_\_\_

GIRO SEGÚN CLAVE CMAP: \_\_\_\_\_

NOMBRE DEL TÉCNICO RESPONSABLE \_\_\_\_\_ TEL. \_\_\_\_\_

IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA PRESTADORA DE LOS SERVICIOS DE MANEJO:

RAZÓN SOCIAL DE LA EMPRESA: \_\_\_\_\_

REGISTRO ANTE SEMARNAP (CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN): \_\_\_\_\_

NOMBRE DEL RESPONSABLE \_\_\_\_\_ TEL. \_\_\_\_\_

SERVICIOS CONTRATADOS:

CAMBIO DE FLUIDO

ENVASADO

ALMACENAMIENTO TEMPORAL

OTROS \_\_\_\_\_

CARACTERÍSTICAS Y CANTIDADES DE LOS RESIDUOS DE BPC's O CONTENIENDO BPC's:

ASKAREL PURO

INERTEEN

PYRANOL

CLOPHEN

OTRO \_\_\_\_\_ Its. \_\_\_\_\_ kg.

FLUIDOS CONTAMINADOS:

CLASE DE FLUIDO:	CONTAMINACIÓN EN p.p.m.	Its.	kg.
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

SOLIDOS CONTAMINANTES O EMBEBIDOS:

TIPO DE SOLIDO: \_\_\_\_\_ kg.

TIPO DE SOLIDO: \_\_\_\_\_ kg.

CAPACITORES (\*):

MARCA: \_\_\_\_\_ POTENCIA: \_\_\_\_\_ KVAR TENSIÓN: \_\_\_\_\_ V

DIMENSIONES: \_\_\_\_\_ X \_\_\_\_\_ X \_\_\_\_\_ PESO TOTAL: \_\_\_\_\_ kg.

NOMBRE DEL FLUIDO: \_\_\_\_\_ AÑO DE FABRICACIÓN: \_\_\_\_\_

CANTIDAD DE FLUIDO: \_\_\_\_\_ Its. \_\_\_\_\_ kg.

ENVASADO Y CANTIDAD POR ENVASE:

TIPO DE ENVASE:

- TAMBORES METÁLICOS DE 200 lts.(55 gal):  
 OTROS: \_\_\_\_\_

IDENTIFICACIÓN Y CANTIDAD POR ENVASE (\*):

No. DE IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO	LTS.	kg.
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

IDENTIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS:

CAMBIO DE FLUIDO DE TRANSFORMADOR(ES) (\*):

MARCA	No. DE SERIE	POTENCIA (KVA)	TENSIONES (V/V)	AÑO
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____

CAMBIO DE FLUIDO DE OTRO EQUIPO (ESPECIFICAR CARACTERÍSTICAS):

\_\_\_\_\_

UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS CUYO FLUIDO FUE CAMBIADO:

CALLE Y No.: \_\_\_\_\_ ENTRE CALLE: \_\_\_\_\_ Y CALLE: \_\_\_\_\_  
COLONIA: \_\_\_\_\_ MUNICIPIO: \_\_\_\_\_ DELEGACIÓN: \_\_\_\_\_ ESTADO: \_\_\_\_\_

DESMONTAJE Y PUESTA FUERA DE SERVICIO:

LUGAR DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL PREVIO A SU INCINERACIÓN:

CALLE Y No.: \_\_\_\_\_ ENTRE CALLE: \_\_\_\_\_ Y CALLE: \_\_\_\_\_  
COLONIA: \_\_\_\_\_ MUNICIPIO: \_\_\_\_\_ DELEGACIÓN: \_\_\_\_\_ ESTADO: \_\_\_\_\_

CERTIFICACIÓN DEL GENERADOR: DECLARO QUE TODA LA INFORMACIÓN INCLUIDA EN ESTE MANIFIESTO ES COMPLETA Y VERDICA.

\_\_\_\_\_  
LUGAR Y FECHA

\_\_\_\_\_  
NOMBRE Y FIRMA DEL REPRESENTANTE

(\* ) EN CASO DE SER NECESARIO, AGREGAR HOJAS ADICIONALES.

Los requisitos para obtener el Manifiesto para la Importación o Exportación de Materiales o Residuos Peligrosos son:

- ⤴ Enviar un manifiesto para la importación o exportación de materiales o residuos peligrosos debidamente llenado (importación y exportación).
- ⤴ Anexar un croquis de localización de la empresa, dibujando las calles que lo rodean, colindancias y lugar que ocupa el predio dentro de ésta, así como el tipo de uso de suelo, de acuerdo con el plan maestro regulador de desarrollo municipal (importación y exportación).
- ⤴ Anexar en hoja tamaño carta un croquis de la ruta a seguir desde el puerto de entrada al país hasta el destino final, indicando las poblaciones más importantes por donde pasará el embarque (importación).
- ⤴ Anexar en hoja tamaño carta un croquis de la ruta a seguir desde el punto de carga hasta el destino final. Debe incluir el puerto de salida del país, indicando las poblaciones más importantes por donde pasará el embarque (exportación).
- ⤴ Indicar el nombre, la denominación o razón social y el domicilio del o de los transportistas; el modo de transportación y el tipo de contenedor a utilizar (importación y exportación).
- ⤴ Entregar copia del Acta Constitutiva y/o R.F.C. (importación y exportación).
- ⤴ Indicar el puerto terrestre, marítimo o aéreo por donde se solicita la entrada o salida de los materiales o residuos peligrosos (importación y exportación).
- ⤴ Anexar las especificaciones técnicas del material o residuo a importar o exportar (importación y exportación).
- ⤴ Anexar el diagrama de flujo y el equipo de proceso en el cual se utilizarán las materias primas; señalar los puntos de generación de emisiones al aire, agua y residuos, indicando las características de éstos y su disposición final (importación).
- ⤴ Indicar el proceso para la utilización o recuperación del residuo; anexar la descripción completa con diagrama de flujo (exportación).



SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES  
Y PESCA  
INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE MATERIALES, RESIDUOS Y ACTIVIDADES RIESGOSAS

**MANIFIESTO PARA LA IMPORTACIÓN Y EXPORTACIÓN  
DE MATERIALES O RESIDUOS PELIGROSOS**

MANIFIESTO

No. \_\_\_\_\_

A.- INFORMACIÓN GENERAL	
Nombre del Generador _____ No. INE _____ y/o No. EPA _____ Ubicación _____  Responsable _____ Cargo _____ Teléfono _____  Nombre del residuo _____	Aduana de entrada _____ DESTINATARIO: _____ Nombre de la empresa _____ No. INE _____ y/o No. EPA _____ Ubicación _____  Responsable _____ Cargo _____ Teléfono _____ Proceso para la utilización del material o recuperación del residuo _____  <div style="text-align: right; font-size: small;">(Anexar descripción completa con diagrama de flujo)</div>

B.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL MATERIAL O RESIDUO PELIGROSO			
Color _____ Olor <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Fuerte <input type="checkbox"/> Describe _____	Estado físico a 21°C <input type="checkbox"/> Sólido <input type="checkbox"/> Semisólido <input type="checkbox"/> Líquido <input type="checkbox"/> Multicapas <input type="checkbox"/> Bi-capas <input type="checkbox"/> Fase simple <input type="checkbox"/> Líquidos Libres <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Volumen _____ %	pH. <input type="checkbox"/> <2 <input type="checkbox"/> 7.1 - 10 <input type="checkbox"/> 2 - 4 <input type="checkbox"/> 10.1-12.5 <input type="checkbox"/> 4.1-6.9 <input type="checkbox"/> > 12.5 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> Exacto	Gravedad <input type="checkbox"/> < 0.3 <input type="checkbox"/> 1.2 - 1.4 <input type="checkbox"/> Específica <input type="checkbox"/> 0.3 - 1.1 <input type="checkbox"/> 1.4 - 1.7 <input type="checkbox"/> 1.1 - 1.2 <input type="checkbox"/> > 1.7 <input type="checkbox"/> Exacto  Punto de flama <input type="checkbox"/> < 21°C <input type="checkbox"/> > 93°C <input type="checkbox"/> 21 - 30°C <input type="checkbox"/> No inflamable <input type="checkbox"/> Copa cerrada <input type="checkbox"/> 30 - 60°C <input type="checkbox"/> Exacto <input type="checkbox"/> Copa abierta <input type="checkbox"/> 60 - 93°C

C.- COMPOSICIÓN QUÍMICA (suma Total 1 - hasta 100%)	
_____	%
_____	%
_____	%
_____	%
_____	%
_____	%
_____	%
_____	%
_____	%
_____	%

D.- METALES (total ppm) y pruebas de extracción (mg/l.)	
Arsénico (As) _____	Selenio (Se) _____
Bario (Ba) _____	Plata (Ag) _____
Cadmio (Cd) _____	Cobre (Cu) _____
Cromo (Cr) _____	Niquel (Ni) _____
Mercurio (Hg) _____	Zinc (Zn) _____
Plomo (Pb) _____	Talio (Tl) _____
Cromo hexavalente (Cr <sup>6+</sup> ) _____	

E.- OTROS COMPONENTES TOTAL (ppm)	
Cianuros _____	BPC's _____
Sulfitos _____	Fenólicos _____

F.- INFORMACIÓN DE EMBARQUE	
Empresa Transportadora _____	No. INE _____
Ubicación _____	
Tipo de Transporte _____	
Tipo de Contenedor _____	Cap. _____
Ruta a seguir _____	
Estado físico en que se transporta	
<input type="checkbox"/> Peso líquido _____ (ton)	
<input type="checkbox"/> Peso sólido _____ (ton)	
Peso total _____ (ton)	

G.- CARACTERÍSTICAS PELIGROSAS	
<b>REACTIVIDAD</b> <input type="checkbox"/> Sensible al choque <input type="checkbox"/> Reacciona con el agua <input type="checkbox"/> Pirofórico <input type="checkbox"/> RADIOACTIVO <input type="checkbox"/> OTROS _____	<input type="checkbox"/> CORROSIVO <input type="checkbox"/> EXPLOSIVO <input type="checkbox"/> TÓXICO <input type="checkbox"/> INFLAMABLE <input type="checkbox"/> BIOLÓGICO INFECCIOSO <input type="checkbox"/> NINGUNA

H.- INFORMACIÓN DE MANEJO ESPECIAL	
_____	
_____	
_____	
_____	
(si es necesario, anexar páginas adicionales)	

Por este medio certifico que toda información incluida en esta y todos los documentos adicionales es completa y que todos los peligros conocidos o sospechados están declarados.	
_____ Nombre y firma autorizada del Gestor	_____ Nombre y firma del técnico de la empresa
Fecha de recepción _____	



Pagar la fianza por el monto fijado por la SEMARNAP, con vigencia de 90 días como mínimo, a partir de la autorización de la Guía Ecológica que el solicitante deberá hacer para garantizar el cumplimiento de los términos y condiciones de la propia Guía y de las leyes, del reglamento y demás disposiciones aplicables, así como para reparar los daños que pudieren causarse, aún en el extranjero, a fin de que los afectados reciban la reparación que les corresponda (importación y exportación).

- ▲ Anexar copia de licencia de funcionamiento emitida por la SEMARNAP, incluyendo los anexos (importación y exportación).
- ▲ Anexar la lista de clientes, en caso de comercializar las materias primas o residuos (importación y exportación).
- ▲ Describir las medidas de emergencia que se tomarán en el caso de presentarse derrames en tránsito o debido a siniestro (importación y exportación).
- ▲ Anexar autorización, por parte de la SECOFI, para la importación de los productos (sólo para el registro de perfil de calidad y autorización de etiquetas de aceites lubricantes para motor a gasolina o diesel con base en la NOM-L-21-1990) (importación).
- ▲ Anexar carta de aceptación de los residuos por parte de la empresa y el gobierno del país destinatario (exportación).
- ▲ Indicar el número de registro de la empresa destinataria de los residuos (exportación), ante la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de América (EPA).
- ▲ La composición química total de los materiales o residuos estará ajustado al 100 por ciento.
- ▲ La autorización que conceda la SEMARNAP tendrá una vigencia de 90 días naturales a partir de su otorgamiento. Una vez efectuada la operación de exportación, deberá notificarse a la SEMARNAP, dentro de los 15 días naturales a la fecha en que se hubiere realizado.

En caso de dictaminar favorablemente, la SEMARNAP expide una Guía Ecológica que autoriza la movilización transfronteriza de los materiales o residuos peligrosos en cuestión, a través de la DGMRAR-INE o de sus delegaciones en los estados de la República Mexicana.

Para cada volumen de importación o exportación de materiales o residuos peligrosos se requerirá la Guía Ecológica, misma que deberá

presentarse por los interesados a la DGMRAR de la SEMARNAP. Dicha solicitud deberá contener los siguientes datos y anexos:

- ▲ Nombre, denominación o razón social y domicilio del solicitante y de quien pretenda importar o exportar los materiales o residuos.
- ▲ Nombre, denominación o razón social y domicilio del generador de los materiales o residuos peligrosos y del propietario de los mismos.
- ▲ Nombre, denominación o razón social y domicilio del o de los transportistas y datos de identificación de los vehículos a ser utilizados, incluyendo el modo de transportación y el tipo de contenedor a utilizar.
- ▲ Nombre, denominación o razón social y domicilio del destinatario de los materiales o residuos peligrosos; lugar donde se les tratará, reciclará o reusará; descripción del proceso de tratamiento, reciclaje o reuso que se les dará y utilización lícita de la que serán objeto.
- ▲ Lista, composición y cantidad detallada de los materiales o residuos peligrosos que se pretenda importar o exportar.
- ▲ Lugar de partida de destino de los transportes a utilizar y ruta que seguirán.
- ▲ Puerto terrestre, marítimo o aéreo por donde se solicita el ingreso o salida de importación o exportación, respectivamente.
- ▲ Certificación de las autoridades competentes del país de procedencia, que indique el grado de peligrosidad de los materiales o residuos peligrosos y los requisitos a cuyo cumplimiento se sujetará la autorización de exportación y las medidas de protección y seguridad, para su transportación y almacenaje.
- ▲ Copia de la documentación en trámite para obtener la autorización del país de destino, en caso de exportación del país de destino, en caso de exportación de los materiales o residuos peligrosos, traducida al español y debidamente certificada o legalizada.
- ▲ Descripción del proceso de generación de los materiales o residuos peligrosos.
- ▲ Una relación detallada de otras autorizaciones, permisos o requisitos que se estén tramitando, ante otras autoridades nacionales competentes en cumplimiento de otras leyes, reglamentos o disposiciones aplicables a la importación o exportación de que se trate.

Las empresas que pretendan manejar residuos peligrosos, requieren solicitar autorización y deberán llenar los siguientes requisitos:

- ▲ El formato de solicitud se debe presentar en original y dos copias en la DGMRAR del INE. Previamente, se deberá presentar una Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) en los términos del Art. 28 de la LGEEPA y de los relativos al Reglamento en Materia de Impacto Ambiental.
- ▲ La autorización del manejo de los residuos peligrosos es por tiempo indefinido, tanto para brindar dicho servicio a terceros, como para hacerlo para la misma empresa. La información que recibe la DGMRAR es evaluada mediante un dictamen general para ser autorizada. Si la empresa no cumple con los requisitos, su solicitud es rechazada. En el caso de que una empresa con autorización viole lo establecido por la legislación vigente, dicha autorización se cancela.
- ▲ El formato consta de un cuadro de datos generales para ser llenado por la DGMRAR, y de nueve requisitos que deben presentar las empresas para la autorización correspondiente.
- ▲ Las empresas prestadoras de servicios en la materia deberán dirigirse a la DGMRAR del INE, para solicitar la autorización. Para ello se requiere proporcionar la información solicitada en el Formato de Manejo de Residuos Peligrosos, que a continuación se detalla:

1) Datos del representante de la empresa.

- ⊕ Datos del suscrito.
- ⊕ Domicilio para recibir y oír notificaciones.

2) Información general de la empresa.

- ⊕ Nombre y razón social.
- ⊕ Ubicación (calle y número).
- ⊕ R.F.C.
- ⊕ Licencias con que cuenta (dependencia, número y fecha de inicio de operaciones).
- ⊕ Actividad que realiza(rá) la empresa.
- ⊕ Personal que labora(rá) para la empresa.

### 3) Croquis o plano de localización.

En un plano u hoja tamaño carta, deberá aparecer la siguiente información:

- ⊕ La manzana y el lugar que ocupa el predio dentro de ésta.
- ⊕ El nombre de las calles que rodean el predio.
- ⊕ El tipo de zona (industrial, habitacional, etc.) donde se ubica el predio. Deberá anexarse copia de la licencia de uso de suelo correspondiente.
- ⊕ Las distancias aproximadas en dirección de zonas habitacionales o centros de reunión más próximos. La ubicación de líneas de alta tensión, gasoductos, cuerpos de agua más próximos al predio donde se tratará el residuo; los pozos de abastecimiento de agua y/o las líneas de conducción de agua potable.
- ⊕ Relación de personas físicas o morales que generan el residuo que manejará la empresa. El nombre, la dirección, los tipos y características de los residuos: cantidades y clave CRETIB (corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable y biológico-infeccioso) de los mismos. Asimismo, deberá informarse qué residuos peligrosos y por cuánto tiempo serán almacenados por la empresa generadora. Se deberá aclarar si el generador cuenta con los manifiestos correspondientes de generación, el de Entrega -Transporte - Recepción y confinamiento de Residuos Peligrosos.

Para la Recolección y Transporte se requiere:

- ⊕ Realizar una descripción de la forma en que se recolecta el residuo para su posterior almacenamiento, reciclaje, incineración, disposición final o reuso sin tratamiento.
- ⊕ Dar información sobre los datos generales de la empresa transportista, los vehículos empleados, la protección de los operarios; los equipos y las medidas de seguridad en el transporte, y sus registros y permisos otorgados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). Así mismo se especificarán las rutas y horarios que siguen los transportes desde el sitio de generación hasta el lugar donde se va a almacenar o a procesar el residuo.

Para el Almacenamiento se requiere:

- ⊕ Realizar una descripción detallada de la forma en la que se almacenan los residuos. Se ubicará la zona de almacenamiento, con respecto a otras áreas; y se informará acerca de las medidas de seguridad (u obras en el área). Así mismo, se indicará lo relativo a las redes de drenaje y de agua potable conectadas; los sitios de almacenamiento y las características de los locales (capacidad de almacenamiento, materiales con que están contruidos, ventilación, techos, pisos e iluminación).

En el caso del Tratamiento de Residuos Peligrosos se requiere:

- ⊕ Presentar una descripción detallada de las operaciones y/o procesos que realiza la empresa para transformar los residuos con fines productivos. Se presentará un diagrama de flujo de las operaciones efectuadas y los puntos donde se generan los residuos o contaminantes.
- ⊕ Presentar una relación con las características generales de los equipos, los instrumentos o maquinaria empleada en el tratamiento de los residuos; los planos de ubicación de las áreas de tratamiento y del conjunto en general.
- ⊕ Presentar una descripción detallada de la forma en que se disponen los residuos resultantes del tratamiento dado a los residuos peligrosos. Específicamente en lo que se refiere a cantidades generadas, características del residuo y manejo que se le dará para su disposición final.

Para el Reuso se necesita:

- ⊕ Presentar una relación de las personas físicas o morales que dan reuso a residuos tratados, específicamente en lo que respecta a cantidades, tipo y características de residuos por reusar.
- ⊕ Presentar una descripción detallada de la forma, proceso o actividad en la que se emplean los residuos peligrosos no tratados, así como de las cantidades empleadas.

Finalmente, para los Confinamientos Controlados de Residuos

Peligrosos, se requiere:

- ⊕ Características del sitio seleccionado para construir o donde ya opera el confinamiento en cuanto a los aspectos geohidrológicos, hidrológicos, ecológicos, climáticos, sísmicos, topográficos y accesos con que cuenta.
- ⊕ Características de las obras complementarias con que cuenta o contará el confinamiento en lo referente a áreas, cercas, casetas, drenajes, instalaciones, servicios, señalamientos, pozos de monitoreo y laboratorio; medidas de control de contingencia y área de amortiguamiento; celdas de confinamiento y tratamiento y zonas restringidas.
- ⊕ Además, deberá presentar una descripción detallada de la forma en que opera el confinamiento, desde que llega el residuo hasta su confinamiento final en la celda respectiva; específicamente en lo referente a registros y bitácoras de recepción de residuos; pesaje, análisis, tratamiento y confinamiento en celdas y monitoreos.

### III.2 Equipos, recipientes y dispositivos.

Los equipos utilizados para el manejo de los residuos peligrosos pueden ser tanto de seguridad personal como de seguridad en el transporte.

Los equipos de seguridad personal se clasifican en 4 niveles de la A a la D, dependiendo del nivel de riesgo que conlleva el manejar ciertos residuos. El nivel A, es el máximo nivel de seguridad pues implica un riesgo muy alto de daño respiratorio, cutáneo u ocular, dicho equipo de seguridad consta de: equipo de respiración autónoma, ropa totalmente cerrada y de material resistente a químicos, guantes y botas resistentes a químicos, ropa, guantes y botas desechables sobre el equipo básico, casco de seguridad y radiocomunicador portátil bidireccional.

El nivel B, es un nivel de riesgo muy alto en cuanto al daño respiratorio pero menor al daño cutáneo. El equipo de seguridad consta de: equipo de respiración autónoma, ropa de material resistente a químicos, guantes y botas resistentes a químicos, botas desechables externas, casco con protector facial e intercomunicador bidireccional y un sobretodo.

El nivel C, implica un nivel de riesgo menor en cuanto al daño respiratorio con respecto al equipo nivel B, pero del mismo tipo en cuanto a protección ocular y cutánea. Para utilizar dicho equipo, se requiere de un conocimiento previo de las concentraciones de contaminantes atmosféricos. El equipo de seguridad consta de: mascarilla de cara completa con purificador (filtro) de aire, ropa resistente a químicos, guantes y botas resistentes a químicos, botas desechables, casco de seguridad con protector facial, mascarilla de escape e intercomunicador bidireccional, además de un sobretodo.

Finalmente, el nivel D no conlleva riesgos de daño respiratorio, cutáneo u ocular. El equipo consta de guantes, botas de seguridad resistentes a químicos, botas desechables, lentes de seguridad, casco de seguridad con protector facial, mascarilla de escape y un sobretodo.

Para el transporte de los residuos, se podrían utilizar, por ejemplo, cargadores frontales, montacargas, camiones de volteo, trailers, camiones cisterna, vagones de tren y barcos.

Se deben tener en cuenta, por supuesto, las características particulares de cada material para poder elegir el envase y embalaje que serán utilizados para su movimiento.

Dichas características están indicadas en el Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos así como en las Normas Oficiales Mexicanas establecidas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) en materia de Residuos Peligrosos.

Cabe señalar, que la clasificación que utiliza la SCT en cuanto a las características de los residuos peligrosos es diferente al CRETIB que utiliza la SEMARNAP siendo éstas:

<b>CLASE</b>	<b>DENOMINACIÓN</b>
1	Explosivos.
2	Gases comprimidos, refrigerados, licuados o disueltos a presión.
3	Líquidos inflamables.
4	Sólidos inflamables.
5	Oxidantes y peróxidos orgánicos.
6	Tóxicos agudos (venenosos) y agentes infecciosos.
7	Radiactivos.
8	Corrosivos.
9	Varios.

Las características que rigen la construcción de los recipientes que pueden contener residuos peligrosos son dictadas por la norma NOM-024-SCT2/94 en la que podemos encontrar los envases utilizados así como su capacidad máxima y/o masa neta máxima (en su caso).

### III.3 Acciones realizadas

Los avances en cuanto al manejo de los residuos peligrosos en México son significativos sobretudo en los últimos años. La creación de la LGEEPA, el Reglamento en materia de Residuos Peligrosos, las siete NOM's de la SEMARNAP, los ocho formatos con sus respectivos instructivos, tres decretos y dos acuerdos para importación y exportación de materiales y residuos peligrosos, plaguicidas y sustancias químicas, el Reglamento de Transporte de Materiales Peligrosos de la SCT, además de las NOM's en materia de transporte de residuos peligrosos, así como NOM's de la Secretaría de Salud y de la Secretaría de Energía en materia de Residuos Peligrosos; además de acuerdos y convenios a escala internacional son una prueba de ello.

Aunque existen avances importantes, todavía falta mucho por hacer: una reforma al formato de Generación de Residuos Peligrosos, agilizar los trámites en cuanto a la Importación y Exportación de Residuos Peligrosos, un formato para el Aviso de

Guía Ecológica, así como para las bitácoras de Generación y de movimientos de Entrada - Salida de los Residuos Peligrosos para las empresas generadoras de dichos residuos.

Para poder lograr lo anterior, la colaboración entre los dos organismos encargados de controlar su manejo (PROFEPA e INE) debe estrecharse más, debido a que existe una falta de coordinación entre el organismo que se encarga de la vigilancia y el encargado de crear las normas y recibir los documentos.

En cuanto a las normas, se debe promover la creación de normas voluntarias que estimulen el cumplimiento creciente de objetivos ambientales y la competitividad industrial, fortaleciendo a la vez las capacidades de autogestión y la cultura de responsabilidad ambiental de las empresas.

Se debe incentivar tanto con instrumentos económicos como con instrumentos normativos e informativos la minimización, estabilización y neutralización de los residuos peligrosos además de privilegiar las oportunidades para reciclaje y aprovechamiento de tal forma que sean una opción competitiva antes del confinamiento.

En adición a lo anterior, debido al vasto y complejo horizonte de procesos, corrientes y tipos de residuos que genera la industria, además de que la producción de residuos no es homogénea entre regiones y ramas industriales, se requiere el establecimiento de programas que diferencien las prioridades básicas de cada uno con el objetivo de atacar sus problemas por separado.

## *CAPÍTULO IV. EL CONFINAMIENTO COMO PARTE FINAL DE LA SOLUCIÓN.*

El confinamiento de los residuos peligrosos, parte final en su ciclo de vida, es un sitio controlado y regulado, diseñado específicamente para tratar y depositar los residuos peligrosos de un modo seguro y sin riesgos a la salud y al medio ambiente. Un sitio de confinamiento es esencialmente un corte elongado en una superficie de terreno donde tambores y contenedores de residuos son colocados para su disposición final. Los residuos son típicamente depositados en capas a lo largo de una unidad del sitio para luego ser compactadas posteriormente para reducir su volumen (sólo para residuos a granel). Las capas deben ser cubiertas todos los días para evitar posibles daños a la salud o al medio.

Una preocupación fundamental sobre los confinamientos es que los materiales peligrosos retienen sus propiedades por largos períodos de tiempo, significando un riesgo potencial para el futuro en caso de desastres naturales u otros factores no previstos. Un confinamiento está limitado a aceptar ciertos residuos, los residuos explosivos, biológico-infecciosos, radioactivos, BPC's y gases comprimidos no se pueden depositar en un confinamiento.

Este capítulo describe la normatividad sobre los confinamientos controlados en cuanto a los tipos de confinamiento, la selección del sitio y construcción, la operación y mantenimiento, las medidas de seguridad y el tiempo de vida de los mismos.

### IV.1 Tipos de confinamiento

Las alternativas de disposición de residuos peligrosos, como se vió en el capítulo "Ciclo de Vida" son: cementerios industriales o confinamientos, lagunas superficiales, inyección de pozos profundos, minas abandonadas o tiraderos en el mar. En México, solamente se han autorizado cementerios industriales que a partir de éste momento llamaremos confinamientos.

Existen materiales o residuos que no se permite su confinamiento, de modo que la única alternativa que existe para residuos como BPC's u hospitalarios es la incineración en hornos de cemento. Posteriormente, las cenizas resultantes de la incineración deberán ser envasadas o confinadas.

## IV.2 Selección del sitio y construcción

### IV.2.1 Selección del sitio.

La selección del sitio (NOM-055-ECOL-1993) engloba los siguientes estudios básicos: geohidrológicos, climáticos, demográficos y sísmicos, además se tienen limitantes ecológicas, topográficas y de acceso.

Dichos estudios buscan evitar el contacto tanto geológico como hidráulico y atmosférico con los residuos peligrosos de tal modo que no se contamine a la población ni al medio.

Dentro de los estudios geohidrológicos, se debe buscar que el sitio no tenga conexión con acuíferos, pero, si no se cumple, el acuífero debe ubicarse a gran profundidad o ser un acuífero confinado con características del material entre la superficie y el acuífero tales, que no permitan que algún elemento contaminante llegue al acuífero. Además se debe cumplir que el tiempo de flujo de la superficie al manto freático sea tan grande que el lixiviado tarde en traspasar la capa de suelo.

El sitio se debe ubicar fuera de llanuras de inundación con un período de retorno pequeño, y alejado tanto en desnivel como longitudinalmente de corrientes de agua, la cuenca de aportación debe ser pequeña y cerrada o ubicarse dentro de la cuenca hidrológica aguas debajo de grandes asentamientos humanos y zonas con alta densidad industrial.

Los estudios climáticos ubican a las zonas posibles de confinamiento donde los vientos dominantes no transporten las emanaciones a los centros de población, la precipitación media anual no sea muy grande, exista una infiltración muy pobre, y la evaporación exceda la lluvia promedio mensual.

Los estudios demográficos buscan ubicar los sitios de confinamiento lejos de los centros de población proyectando el crecimiento de éstos últimos y limitando las distancias entre el confinamiento y los asentamientos humanos.

Los estudios sísmicos ubican al sitio en zona asísmica de preferencia o en zonas de baja sismicidad para evitar daños al sitio de confinamiento e infiltraciones de los residuos hacia el subsuelo.

Los requisitos ecológicos buscan resguardar las zonas de patrimonio cultural así como especies en peligro de extinción ubicando los confinamientos en zonas donde el impacto ambiental sea mínimo para los recursos naturales; las restricciones topográficas ubican a los sitios en zonas con pendientes ligeras.

Finalmente, el camino que comunica al sitio con las vías federales o estatales debe ser transitable en todo momento así como contar con buenas condiciones de seguridad.

#### IV.2.2 Construcción.

La construcción del confinamiento la dividiremos en dos partes, primero hablaremos de la construcción de las obras complementarias del confinamiento y posteriormente de la construcción de las celdas de confinamiento; los requisitos que se deben cumplir para dicha construcción están indicados en las normas NOM-056-ECOL-1993 y NOM-057-ECOL-1993.

##### IV.2.2.1 Construcción de obras complementarias.

Las obras complementarias de un confinamiento son: áreas de acceso y espera, cerca perimetral y de seguridad, caseta de vigilancia, caseta de pesaje, laboratorio, caminos, área de almacenamiento temporal, área de emergencia, área de limpieza, drenaje, instalación de energía eléctrica, pozos de monitoreo, área de amortiguamiento, taller de mantenimiento, área administrativa, servicio de primeros auxilios, servicios sanitarios y colocación de accesos.

Las áreas de acceso y espera buscan controlar las entradas y salidas de personal y vehículos del confinamiento. El área de acceso debe cumplir con un ancho mínimo y el área de espera deberá tener capacidad suficiente tanto para estacionar los vehículos como para la espera de turno.

Las cercas tanto perimetral como de seguridad, delimitan respectivamente, el sitio de confinamiento y el área de celdas o zonas restringidas.

La caseta de vigilancia debe ubicarse a la entrada del confinamiento y deberá contar, con dimensiones mínimas de 4m<sup>2</sup>.

La caseta de pesaje debe contar con una superficie mínima tal que aloje el indicador de la báscula, el archivo de datos y el mobiliario necesario para el registro; la báscula debe ubicarse cerca de la entrada del confinamiento así como contar con dimensiones suficientes para dar servicio a la unidad de transporte de mayor capacidad de carga; puede ser de operación manual o semiautomática y debe contar con divisiones mínimas.

El laboratorio debe contar con los dispositivos y equipos necesarios para la toma de muestras, verificar la composición y características de peligrosidad de los residuos, así como para realizar los análisis de lixiviados y pruebas de campo, además de contar con condiciones mínimas de seguridad.

Los caminos podrán ser de dos tipos: exteriores e interiores. Los caminos exteriores son caminos de acceso, que comunican al sitio con las vías principales de comunicación y deben garantizar el tránsito a todo tipo de vehículos que acudan al confinamiento en cualquier época del año; asimismo, cuando se haga necesaria la colocación de una carpeta asfáltica deberán contar con los requisitos establecidos. Los caminos interiores, por su parte, deben facilitar la doble circulación de los vehículos que transporten los residuos peligrosos hasta el frente de operación de las celdas de confinamiento y podrán ser de tipo temporal o permanente y suficientes en número para dar acceso a las celdas en operación. Si la carga de diseño lo requiere, el camino interior deberá ser integrado por base y sub-base con las condiciones señaladas por las normas de construcción.

El área de almacenamiento temporal se destina para la recepción de residuos peligrosos incompatibles en los siguientes casos: cuando sea necesario su tratamiento previo, no exista celda disponible o no sea posible realizar su confinamiento en forma inmediata.

El área de emergencia se destinará a residuos peligrosos ya sea que provengan de alguna contingencia, requieran de almacenamiento temporal por un período no mayor de tres meses, deban estabilizarse o ser retirados a otro confinamiento que cumpla los requisitos de seguridad que señalen las NOM's aplicables.

El área de limpieza estará destinada para el aseo de los vehículos de transporte, equipos y materiales utilizados en la operación del confinamiento. Cada una de las tres áreas antes mencionadas debe cumplir con requisitos específicos de ubicación, capacidad, señalización, etc.

Las obras de drenaje pueden ser exteriores o interiores y deberán sujetarse tanto a condiciones de diseño topográficas, hidráulicas y constructivas; el drenaje exterior se destinará para captar y conducir aguas pluviales y el interior deberá utilizarse para captar y conducir separadamente las aguas residuales de las zonas restringidas del confinamiento controlado y las procedentes de las oficinas administrativas y áreas de servicio para los trabajadores.

Las instalaciones de energía eléctrica tienen por objetivo la satisfacción de las necesidades de iluminación de las áreas que lo ameriten, así como para el funcionamiento de los equipos y maquinaria que lo requieran. Dicha iluminación puede ser interior o exterior con condiciones específicas para cada tipo.

Los pozos de monitoreo son destinados a los lixiviados y a las aguas subterráneas y su número estará determinado por las dimensiones del confinamiento.

El área de amortiguamiento deberá destinarse a usos pasivos como áreas verdes. No se podrá utilizar para estacionamiento de vehículos, descarga de residuos, instalaciones del confinamiento controlado o áreas recreativas.

El taller de mantenimiento dará servicio a la maquinaria pesada y vehículos y deberá contar con cobertizo, almacén para herramientas partes y refacciones para reparaciones mecánicas de tipo común.

El área administrativa deberá contar con el espacio suficiente para la instalación de las oficinas.

El servicio de primeros auxilios requiere contar con el espacio suficiente, mobiliario, equipo, material y medicamentos conforme a las disposiciones legales que se apliquen; del mismo modo, los servicios sanitarios se instalarán conforme a las disposiciones legales aplicables.

El área de acceso, caseta de vigilancia, de pesaje, el laboratorio, taller de mantenimiento y área administrativa deben ubicarse de preferencia en la parte contraria a la máxima incidencia (sotavento) y dirección de los vientos.

#### IV.2.2.2 Construcción de celdas de confinamiento.

En la construcción de las celdas interviene además, la construcción de los sistemas de captación de lixiviados y de venteo.

En las celdas de confinamiento sólo se pueden depositar residuos peligrosos previstos en la NOM-052-ECOL-93 con excepción de los que contienen sulfuros y cianuros reactivos, bpc's con concentraciones mayores a 50 ppm, dibenzo-dioxinas-policlorados, dibenzo-furanos-policlorados, hexas o aquellos con características de inflamabilidad (NOM-057-ECOL-93). No podrán depositarse residuos incompatibles de acuerdo con la NOM-054-ECOL-1993 ni residuos explosivos sin haber sido estabilizados. Se debe tomar en cuenta, para residuos depositados a granel, que el porcentaje de agua no exceda el límite establecido; tampoco se podrán depositar residuos con contenido de aceite mayor a 5%, o menor a éste si contienen mas de 25% de humedad.

Las celdas deberán contar con muros de contención, con espacio suficiente para poder asegurar el acceso y maniobras del equipo que movilizará los residuos, con pendientes iguales o mayores al ángulo de reposo del material; la cubierta de la celda constará de dos capas: la inferior de arcilla con espesor, grado de compactación y humedad del material determinados; y la capa superior de suelo vegetal. Si los residuos son susceptibles de generar gases o vapores, además se deberá contar con una capa subyacente de grava.

El sistema de captación de lixiviados constará de colector, subcolector, cárcamo y pozos de monitoreo de lixiviados como mínimo y estará construido de tal manera que los lixiviados sean conducidos del subcolector hacia el colector para que éste a su vez los conduzca al cárcamo del pozo de monitoreo.

Deberá existir un sistema de captación por cada 1000m<sup>2</sup> de celda; asimismo, cada subcolector deberá cubrir la décima parte del área servida por el sistema.

Los detalles tanto del pozo de monitoreo como de los detalles del tubo de captación de lixiviados se podrán ver en las figuras 4 y 5 de las páginas siguientes.

El sistema de captación contará con dos pozos de monitoreo independientes que servirán tanto para captar los lixiviados conducidos por los colectores sobre la membrana como para captar los lixiviados que penetren la primera barrera de impermeabilización.

El pozo de monitoreo deberá contar con sistema de extracción de lixiviados ya sea mecánico o eléctrico.

A diferencia del sistema de captación de lixiviados, existirá un sistema de venteo por cada 300 m<sup>2</sup> de celda, cada subcolector cubrirá una sexta parte del área de la celda y el tubo de venteo deberá terminar en cuello de ganso.

# POZO DE MONITOREO PARA LIXIVIADOS

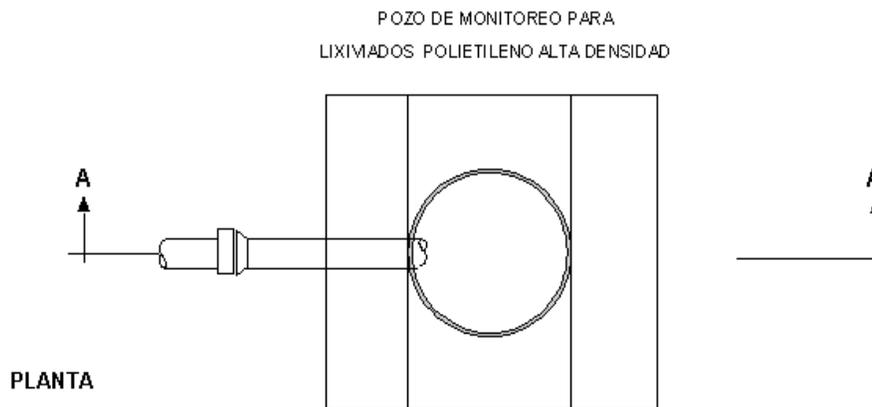
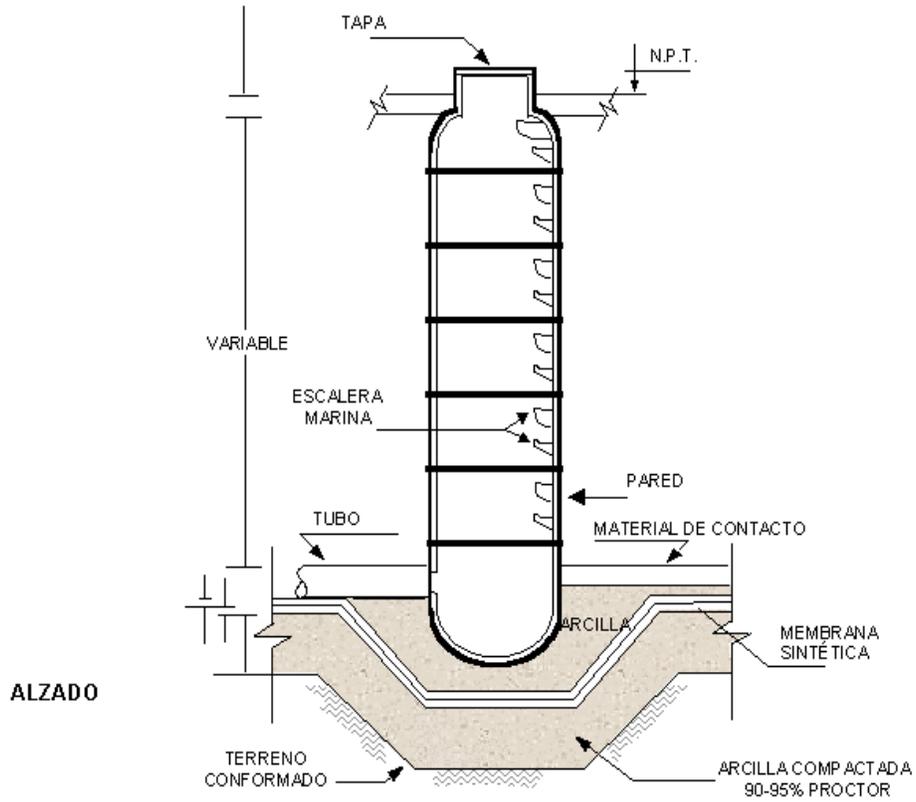


FIGURA 4

## DETALLES DEL TUBO PARA LA CAPTACION DE LIXIVIADOS

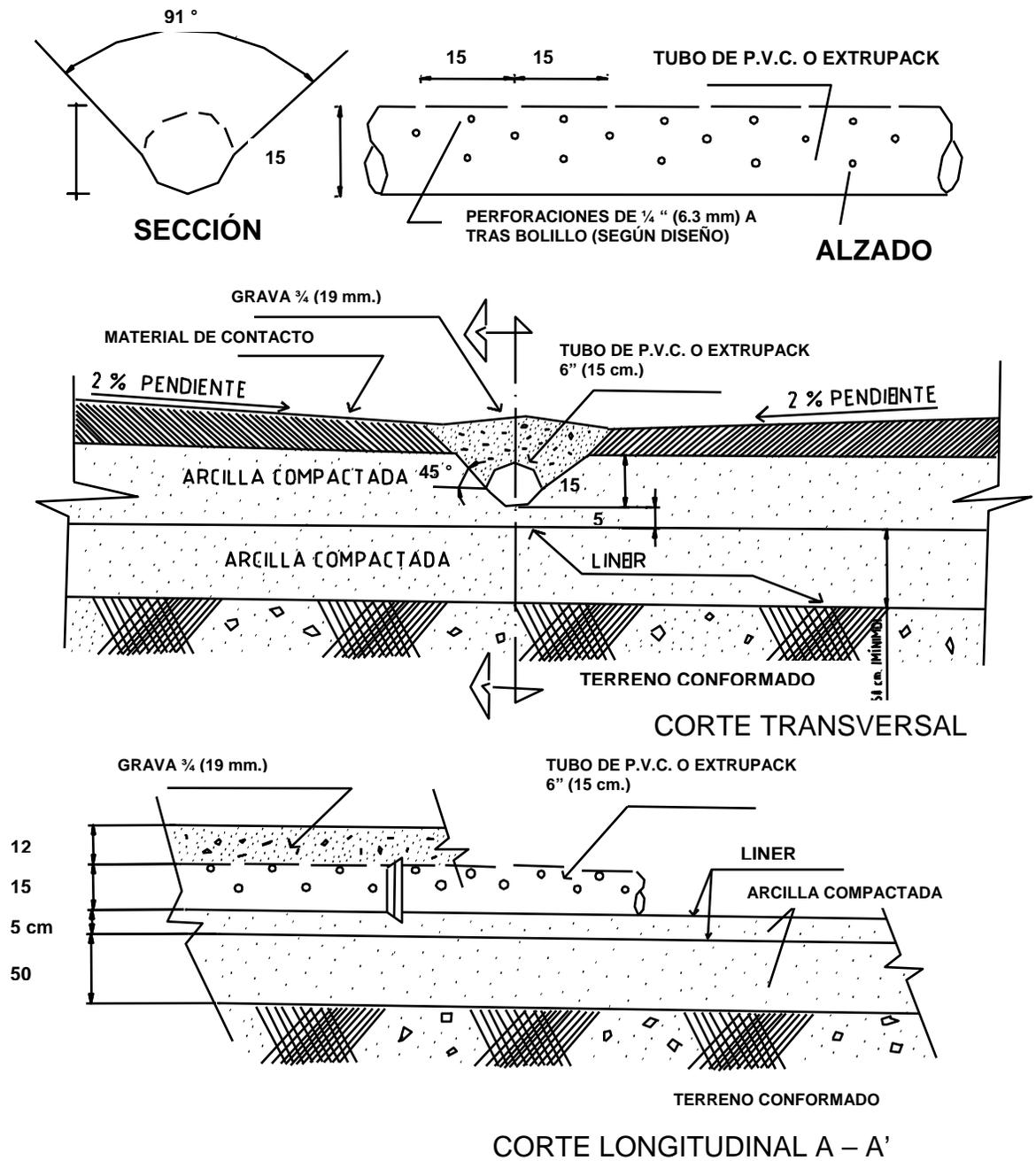


FIGURA 5

En la construcción de un confinamiento intervienen cuatro estudios básicos:

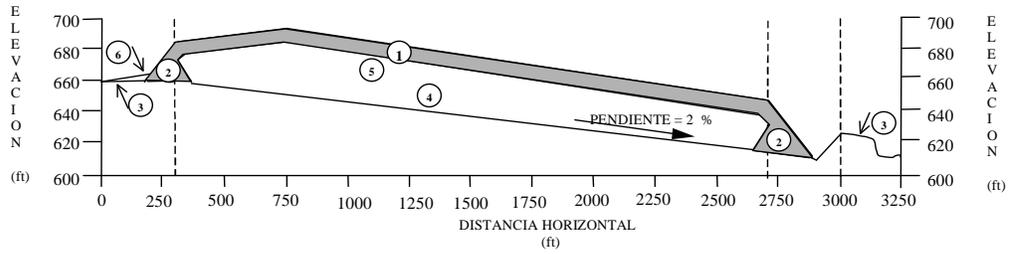
- ✧ Dimensionamiento general.
- ✧ Planeación y definición del número de macroceldas.
- ✧ Diseño de los frentes de trabajo
- ✧ Calendarización y utilización del sitio.

El primer punto, dimensionamiento general, es definir la profundidad máxima, superficie útil y las secciones más adecuadas para la preparación del sitio. La profundidad así como el nivel, sobre o bajo el nivel del suelo, se definirán de acuerdo con las características del sitio. En relación con un estudio realizado por R. Caldwell (ver bibliografía), el excavar una parte y la otra que se encuentre sobre el nivel del suelo, produce ventajas tanto económicas como constructivas y los resultados se muestran en las figuras 6, 7, 8 y 9.

El segundo punto dentro de la construcción de un confinamiento es la planeación y definición del número de macroceldas, que estarán determinados por el tamaño del terreno y la cantidad de residuos que se tiene planeado confinar.

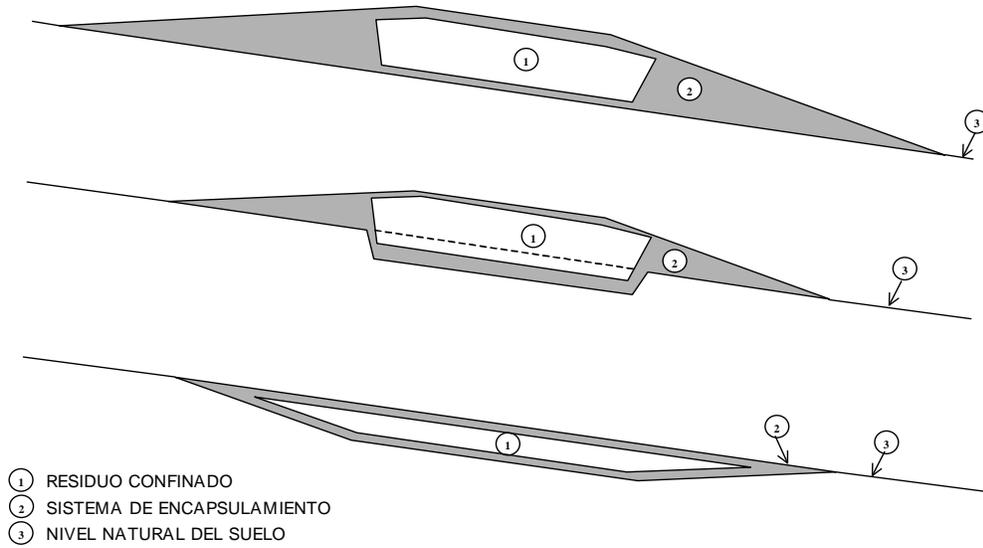
En la construcción de una celda de confinamiento debemos siempre de pensar en dos frentes de trabajo, de modo que en caso de emergencia, se pueda utilizar el otro como vía de escape.

Finalmente, la calendarización y utilización del sitio que nos permitirá llevar ordenadamente las obras dentro del confinamiento.



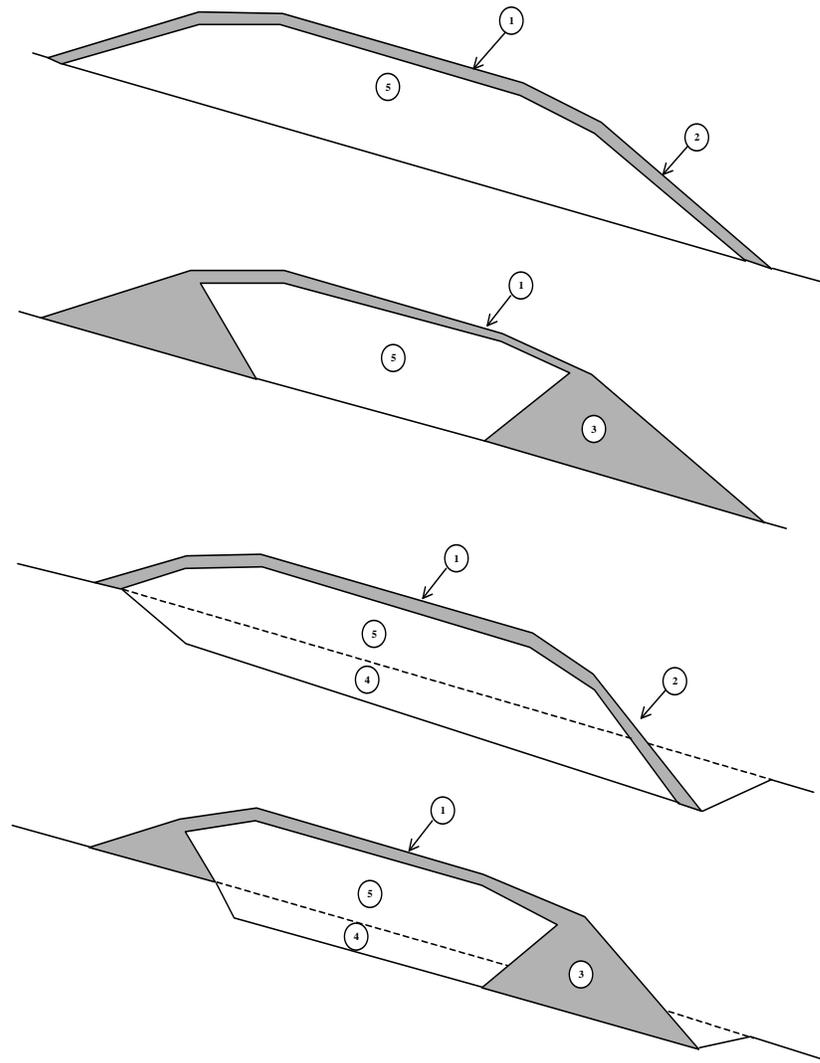
- ① CUBIERTA
- ② DIQUE LIMPIO DE RESIDUO
- ③ NIVEL NATURAL DEL SUELO
- ④ ZONA DE EXCAVACIÓN
- ⑤ RESIDUO CONFINADO
- ⑥ REMATE FUERA DE LA CELDA

EL RESIDUO PUEDE SER ENCAPSULADO SOBRE, PARCIAL O COMPLETAMENTE BAJO



- ① RESIDUO CONFINADO
- ② SISTEMA DE ENCAPSULAMIENTO
- ③ NIVEL NATURAL DEL SUELO

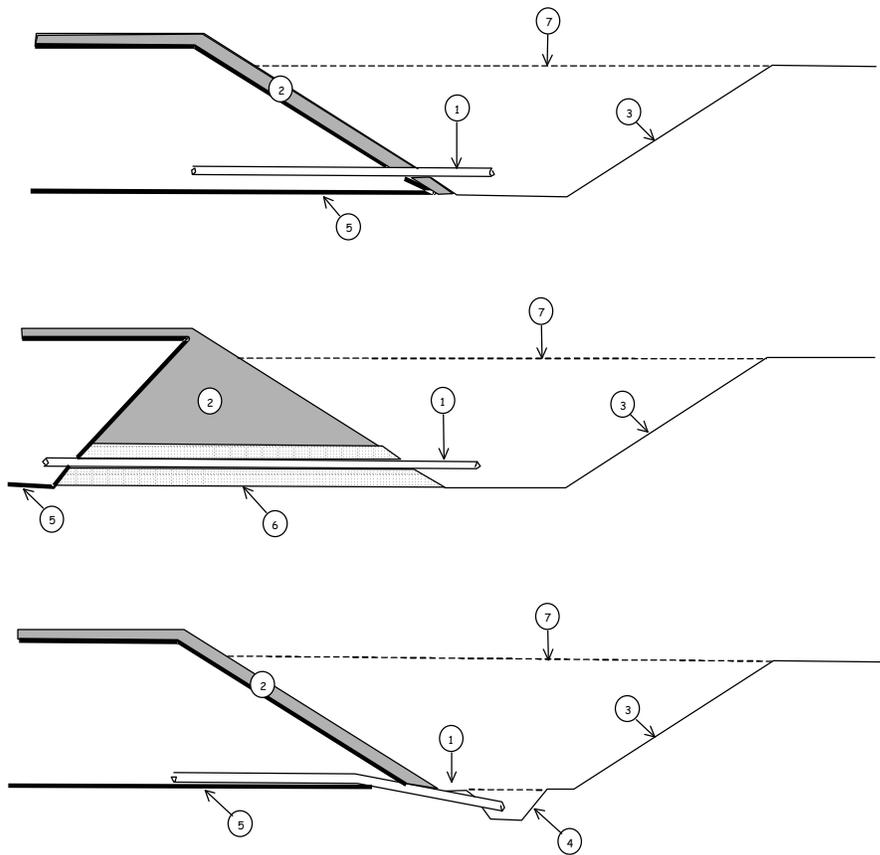
Figura 6



- ① CUBIERTA SUPERIOR
- ② CUBIERTA LATERAL
- ③ DIQUE LIMPIO DE RESIDUO
- ④ ZONA DE EXCAVACIÓN
- ⑤ RESIDUO CONFINADO

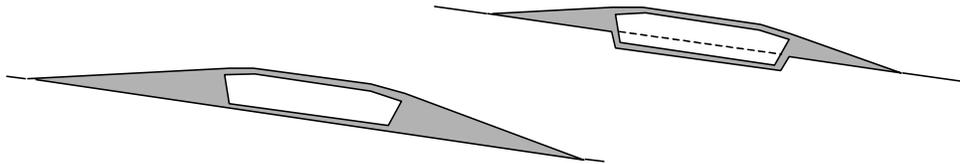
NOTA: La inclinación se debe a la pendiente necesaria del terreno según la NOM-055-ECOL-1993, en su apartado 5.1.7.1.

Figura 7



- |   |                                       |   |  |
|---|---------------------------------------|---|--|
| ① | TUBO COLECTOR DE LIXIVIADOS           | ⑤ | LINER  |
| ② | SISTEMA PERIMETRAL DE ENCAPSULAMIENTO | ⑥ | ZONA DE MATERIAL POROSO EN LA BASE DEL DIQUE QUE, A LARGO PLAZO, ACTÚA COMO ACUÍFERO NATURAL PARA PREVENIR UN EFECTO DE TINA |
| ③ | TALUD DE EXCAVACIÓN                   | ⑦ | NIVEL NATURAL DEL SUELO  |
| ④ | ZANJA COLECTORA                       |   |  |

Figura 8



CRITERIO DE EVALUACIÓN	%
FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN	6
EVITAR TRAER DE OTRAS ZONAS EL MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	5
CONTROL DE LIXIVIADOS	22
REDUCCIÓN DE CIMIENTOS	16
REDUCCIÓN DE HUELLA	14
MEJORAMIENTO EN EL DISEÑO DE LA CELDA	37

#### COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS

ALTERNATIVA	EVALUACIÓN (%)
SOBRE EL NIVEL DEL SUELO	57
PARCIALMENTE BAJO EL NIVEL DEL SUELO	76

#### CONCLUSIONES (VENTAJAS)

##### PARCIALMENTE BAJO EL NIVEL DEL SUELO

- MEJORAMIENTO EN EL DISEÑO DE LA CELDA
- REDUCCIÓN DE LA ALTURA DE LA CELDA
- EVITA EL TRAER MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN DESDE OTRAS ZONAS

##### SOBRE EL NIVEL DEL SUELO

- CONTROL DE LIXIVIADOS
- CONSTRUCCIÓN

Figura 9

### IV.3 Operación y mantenimiento.

En cuanto a la operación de las celdas de confinamiento, se debe observar lo siguiente:

La estiba de residuos peligrosos envasados no deberá exceder una altura de 7 (siete) metros.

Deberán existir frentes de trabajo diferentes para el depósito de residuos envasados y a granel además de que la confluencia de ambos frentes deberá estar claramente delimitada, aunado a esto, se deberá contar con un sistema de coordenadas para la ubicación de los residuos.

Los residuos peligrosos envasados se deberán depositar por grupos, tomando en cuenta sus características físico – químicas.

Los residuos peligrosos colocados en la celda a granel, se deberán compactar asegurando siempre un 80 % de la prueba proctor y cubrirse con tierra después de cada operación.

Si existen lixiviados en el primer pozo de monitoreo, se debe detener el depósito de los residuos hasta haber extraído los mismos, darles un tratamiento previo y depositarlos en la misma celda; si los lixiviados aparecen en el segundo pozo, se les debe dar el mismo tratamiento que los del primer pozo y cerrar la celda.

Una vez cerrada la celda, se deberá verificar la presencia de lixiviados cada 30 días por lo menos.

En la operación de un confinamiento controlado es muy importante registrar todos los datos necesarios en cada una de las bitácoras, éstas son:

- Bitácora de recepción foliada para registrar las entradas y salidas de los residuos así como de los vehículos de transporte.
- Bitácora de pesaje y talonario foliados para hacer constar el peso de los residuos a depositar.
- Bitácora de registro de laboratorio en el que se anotan los resultados del muestreo y análisis de la verificación de los residuos a depositar.
- Plano general que represente e identifique la asignación de áreas y celdas de confinamiento.

- Bitácora de registro de monitoreo foliado para hacer constar los casos de detección de los posibles lixiviados, emisiones de gases y vapores generados en el interior de las celdas de confinamiento, así como la calidad de las aguas subterráneas.

Cada bitácora incluye datos específicos que se indican a detalle en la norma NOM-058-ECOL-1993.

El plano general de asignación de áreas tomará en cuenta las características CRETIB de los residuos así como su incompatibilidad y presentación ya sea en envase o a granel; de acuerdo con sus características, se depositarán en el área correspondiente a su clasificación:

- a) Residuos con contenido menor al 30 % de humedad.
- b) Lodos estabilizados orgánicos e inorgánicos.
- c) Sólidos orgánicos o inorgánicos envasados o a granel.
- d) Residuos reactivos.
- e) Residuos explosivos.

Los residuos que rebasen las concentraciones máximas permisibles, requieren de tratamiento antes de ser confinados, dicho tratamiento se dará conforme a la NOM aplicable.

Cuando la capacidad de una celda de confinamiento ha sido alcanzada se deberá proceder a su cierre cubriéndose superficialmente y dotándola de pendientes de escurrimiento de aguas para evitar encharcamientos; así mismo se tomarán medidas para evitar erosión en terraplén y taludes.

En cuanto al sistema de impermeabilización con membranas plásticas, los criterios que se deben incluir en su diseño son:

1. Esfuerzo de tensión por el peso propio de la membrana.
2. Esfuerzo de compresión debido al peso propio de los residuos sobre la membrana.
3. Esfuerzo de tensión generado por la fricción debida al crecimiento vertical del confinamiento.
4. Esfuerzo cortante debido al asentamiento del confinamiento por la estabilización de los residuos.
5. Esfuerzo de flexión por asentamientos diferenciales que se presentan en el piso del confinamiento.

*Esfuerzo de tensión por el peso propio de la membrana.*

A partir del Detalle No. 1 del Diagrama de Definiciones, se establece el siguiente sistema de fuerzas:

$$E_1 = F_1 - R_2 = 0$$

Desarrollando los términos de esta expresión, se tiene:

$$R_2 = R \operatorname{sen} \alpha$$

$$F_1 = R_1 \tan \rho_s = (R \cos \alpha) \tan \rho_s$$

$$R = \gamma_m * (H * \operatorname{sen} \alpha) * e$$

Donde:

e: Espesor de la membrana artificial (m).

$\gamma_m$ : Peso específico de la membrana artificial (Ton./m<sup>3</sup>)

$\rho_s$ : Ángulo de fricción interna del suelo que sustentará la membrana artificial.

El esfuerzo de tensión estará dado por la siguiente expresión:

$$t_1 = E_1 / e$$

Donde:

t<sub>1</sub>: [Ton./m<sup>2</sup>]  
E<sub>1</sub>: [Ton./m]  
e: [m]

Cabe aclarar que este tipo de esfuerzos de tensión, presenta su mayor sollicitación, justo después de haber concluido la instalación de la membrana y antes de iniciar con la disposición de los residuos.

*Esfuerzo de compresión debido al peso propio de los residuos sobre la membrana.*

Considerando el Detalle No. 2 del Diagrama de Definiciones, el esfuerzo de compresión quedará definido por la siguiente expresión:

$$T_c = E_2$$

Donde:

$$E_2 = [\gamma_r * (H - H_1)] + [\gamma_L * H_1] + [\gamma_s * (1 - (h/100)) * H_1]$$

Donde:

$\gamma_r$ : Peso volumétrico de los residuos dentro del confinamiento. [Ton./m<sup>3</sup>]  
 $\gamma_L$ : Peso volumétrico de los lixiviados. [Ton./m<sup>3</sup>]  
 $\gamma_s$ : Peso volumétrico seco de los residuos. [Ton./m<sup>3</sup>]  
h: Humedad propia de los residuos, antes de su disposición dentro del confinamiento. (% en peso).  
H: Espesor de los residuos sólidos dentro del relleno (m)  
H<sub>1</sub>: Espesor de los residuos saturados con lixiviados (m)

Este tipo de esfuerzo alcanzará su condición de trabajo más crítica, justo al término de la vida útil del confinamiento, que es cuando se tendrá una mayor carga de residuos sobre la membrana.

*Esfuerzo de tensión generado por la fricción debida al crecimiento vertical del confinamiento.*

Con base al Detalle No. 3 del Diagrama de Definiciones, se puede formular el sistema de fuerzas siguiente:

$$E_3 = F_3 - F_2$$

Desglosando los términos de esta expresión, se tiene:

$$F_3 = R_4 \tan \rho_R = ( R_3 \cos \alpha ) \tan \rho_R$$

$$F_2 = R_4 \tan \rho_S = ( R_3 \cos \alpha ) \tan \rho_S$$

$$R_3 = \gamma_R * (1/2 * L_1 * L_2)$$

Donde:

$\rho_R$ : Ángulo de fricción interna de los residuos.

El esfuerzo de la tensión quedará definido por la siguiente ecuación:

$$t_2 = E_3 / e$$

$t_2$ : [Ton./m<sup>2</sup>]

$E_3$ : [Ton./m]

$e$ : [m]

Se debe mencionar que este tipo de esfuerzos, se presentarán casi permanentemente durante toda la operación del confinamiento, incrementando su magnitud y haciéndose más críticos conforme se incrementen residuos.

*Esfuerzo cortante debido al asentamiento del confinamiento por la estabilización de los residuos.*

El Detalle No. 4 del Diagrama de Definiciones muestra las fuerzas que se deben considerar para el cálculo del esfuerzo cortante:

$$t_{CR} = E_4 = P_1 \tan \rho_R = ( P \cos \alpha ) \tan \rho_R$$

$$P = \gamma_R ( H - \Delta H )$$

Este tipo de esfuerzos, normalmente se presentan una vez que

la vida útil del confinamiento ha concluido, pero sobre todo cuando dicho confinamiento se encuentre en plena fase de estabilización.

*Esfuerzo de flexión por asentamientos diferenciales que se presentan en el piso del confinamiento.*

Considerando el Detalle No. 5 del Diagrama de Definiciones se puede establecer el siguiente sistema de fuerzas:

$$(E_5 * \cos \alpha_1) - (S_1 + S_2) = 0$$
$$E_5 = (S_1 + S_2) / \cos \alpha_1$$

Desglosando los términos, tenemos:

$$S_1 = (\gamma_R * H) \tan \rho_R$$
$$S_2 = (\gamma_S * H) \tan \rho_S$$

Donde:

- S1: Reacción de la membrana debido al esfuerzo de flexión (ton/m)
- S2: Fuerza debido a la adherencia de la membrana con el suelo (ton/m)
- H: Espesor de los residuos dentro del relleno (m)

El esfuerzo de flexión quedará expresado por la siguiente ecuación:

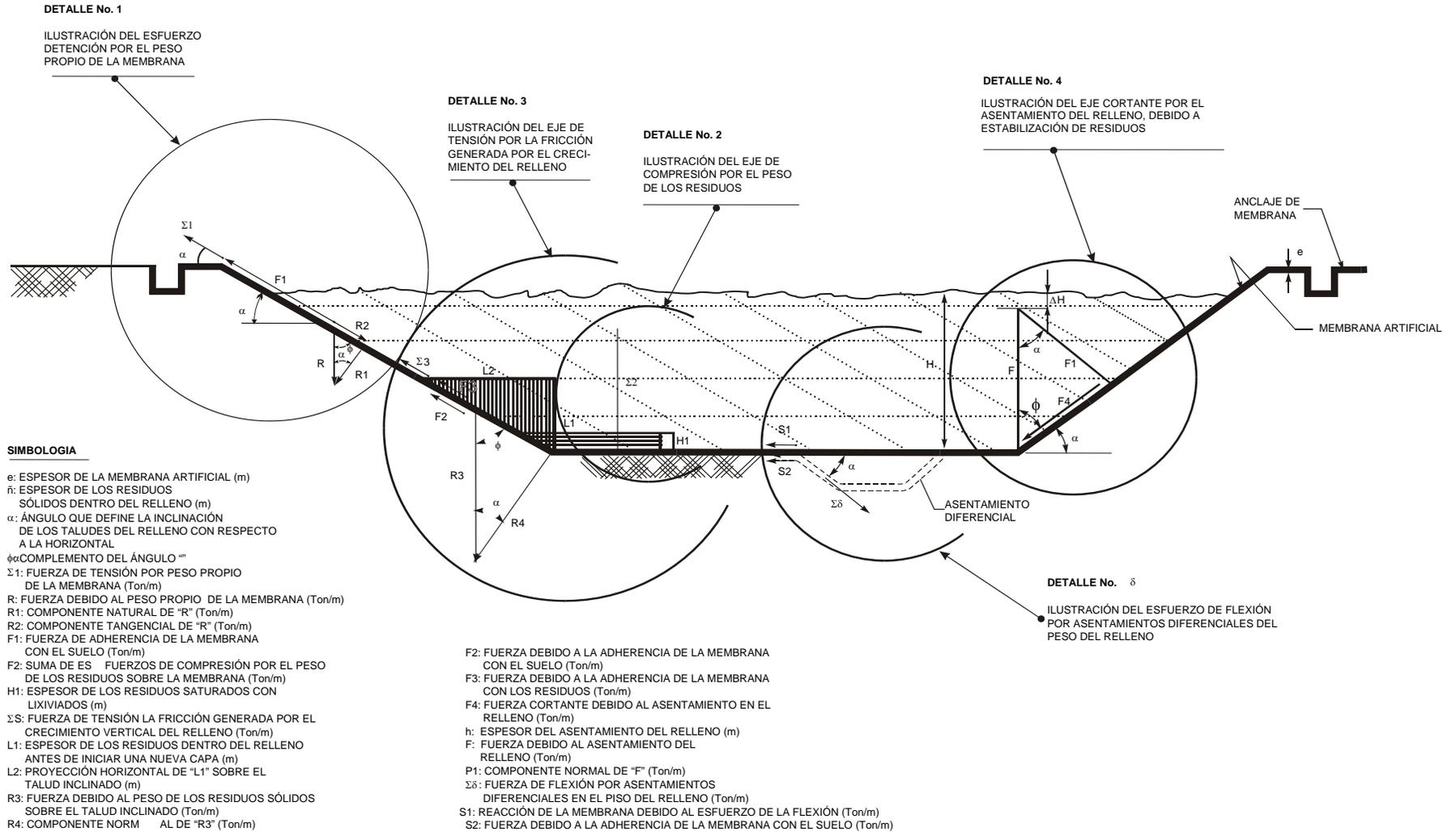
$$t_f = E_5 * L$$

Donde:

- t<sub>f</sub>: [Ton / m]
- E<sub>5</sub>: [Ton / m<sup>2</sup>]
- L: Longitud de la membrana que se ve afectada por la fuerza de flexión. (m)

Estos esfuerzos, aunque pueden presentarse en cualquier momento, incluso al iniciar la operación del confinamiento, son más factibles de presentarse al término de la vida útil de esta obra, debido a que la carga de los residuos sobre el suelo será mucho mayor. Estos asentamientos, normalmente son debidos a falla en la compactación de los materiales que soportarán al confinamiento, aunque en ocasiones éstos asentamientos tienen su origen en fallas de capas más profundas, sobre todo en zonas con suelos calcáreos.

# DIAGRAMA DE DEFINICIONES PARA ANALISIS DE ESFUERZOS DE TRABAJO DEL SISTEMA DE IMPERMEABILIZACION



El mantenimiento con que debe contar un confinamiento comienza cuando se inician las operaciones y finaliza cuando se termina la post-clausura.

Es muy importante este mantenimiento debido a la alta probabilidad de que se produzcan roturas de las membranas y aparezcan lixiviados en los pozos, por lo que tendríamos que extraer los lixiviados, determinar su composición, darles tratamiento e introducirlos de nuevo en la celda.

#### IV.4 Medidas de seguridad.

Las medidas de seguridad son muy importantes pues sin éstas se puede poner en peligro no sólo al personal que labora en las instalaciones del confinamiento sino producir verdaderos desastres ecológicos que podrían afectar ecosistemas enteros.

El laboratorio deberá localizarse fuera, tanto del área administrativa como del área de celdas de confinamiento y deberá contar con extractores de aire, iluminación a prueba de explosión, pisos antiderrapantes, materiales de construcción no inflamables, lavajos y regadera, área de instrumentos, mesas con instalación eléctrica, tarjas de acero inoxidable, tanque o fosa de recepción de aguas de lavado de equipo, campana de extracción y cuarto de albergue de gases para análisis.

Todos los operadores deberán contar con equipo de protección personal y conocer los riesgos que tienen al no usarlo, tanto en operaciones normales como en atención a contingencias.

En el confinamiento se deberá contar con un programa de atención a contingencias para los casos que se pudieran desarrollar dentro del confinamiento en su operación normal.

Dentro del área de emergencias se ubicarán residuos que provengan de alguna contingencia. Los residuos no deberán permanecer por un período mayor a tres meses en dicha área, debiéndose determinar su sistema de disposición final antes de que finalice dicho período.

En cuanto a los señalamientos, éstos se deberán colocar en cantidad suficiente y en sitios visibles de manera que se permita la correcta operación del confinamiento.

Los señalamientos en un confinamiento deben colocarse a una distancia no menor de 60 m. ni mayor de 150 m. del punto de interés y son de tres tipos: informativo, preventivo y restrictivo.

Los de tipo informativo estarán ubicados cerca de lugares de interés como caseta de pesaje, báscula, etc. y deberán pintarse con letras y biseles negros en fondo blanco en placas de 0.60 por 0.40 m.; los preventivos deberán ubicarse cerca de curvas o entronques, tener fondo amarillo con letras y biseles negros y colocarse en placas de 0.60 por 0.60 m.; y finalmente, los de tipo restrictivo deberán indicar la velocidad permitida, sentido de circulación y zona de prohibición de estacionamiento de vehículos, pintarse con letras y biseles rojos en fondo blanco y colocarse en placas de 0.45 por 0.60 m.

#### IV.5 Vida útil.

En proyectos de Ingeniería Civil como carreteras, presas, acueductos, sistemas de agua potable, alcantarillado, etc. la vida útil se determina en función de la vida de los materiales con que están hechos, al final de ésta, se realizan nuevas obras o se remodelan las anteriores para que se puedan volver a utilizar.

En un confinamiento de residuos peligrosos, los residuos deberán permanecer por cientos de años y no podrán realizarse otras obras cuando el confinamiento alcance su máxima capacidad. Es por ello que su vida útil depende básicamente del área disponible para depositar los residuos.

Como veremos más adelante, la recuperación de la inversión se obtiene mucho antes de finalizar el primer año de vida del proyecto inclusive haciendo nuevos gastos en cuanto a equipo se refiere, por ello lo único que nos determinará la vida útil de los confinamientos es el área en la cual éstos podrán ser depositados.

## *CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA.*

Antes de realizar cualquier proyecto, es necesario evaluar técnica y económicamente su rentabilidad, de modo que nos podamos dar cuenta de la posibilidad de llevarlo a cabo.

La viabilidad económica de un confinamiento, requiere conocer primero, la cantidad anual de residuos peligrosos que se generan en la zona, los lugares en que se produce una mayor cantidad de éstos y los posibles sitios donde se ubicará el confinamiento.

La necesidad de confinar los residuos peligrosos es imperiosa y en nuestro país sólo existen dos confinamientos controlados que son: el de CYTRAR ubicado en Hermosillo, Sonora y el de RIMSA en Mina, Nuevo León los que se encuentran a más de 1000 Km de distancia del D.F., Estado de México y Veracruz, que son estados donde se generan cerca del 50 % de los residuos a escala nacional. Del 50 % restante, el 20 % se genera en los estados de la frontera norte y el otro 30 % en el resto del país.

Para fines de este estudio, y dado que todas las cantidades son estimadas, utilizaremos los valores del estudio realizado por el INE. en 1992. De acuerdo con el estudio, se generan cerca de 14,500 ton/ día equivalentes a 5'292,500 ton/año. De éstos, la suma de los residuos reciclados mas confinados es cercana a 270,000 ton/año, por lo que nos quedarían alrededor de 5'000,000 ton. sin recibir disposición adecuada.

Para disponer estos residuos, acondicionaremos siete sitios distribuidos en todo el país que tendrán capacidad para almacenar los residuos que se generan y una vida útil de 10 años cada uno quedando repartidos de la siguiente forma:

Los estados fronterizos del norte utilizarían los dos sitios que se encuentran disponibles, con capacidad de almacenar 500,000 ton/año cada uno.

Para el Distrito Federal se acondicionaría un sitio en el Estado de Hidalgo con capacidad de 1'000,000 ton/año; para el Estado de México, un sitio en Querétaro y otro en Tlaxcala con capacidad de 500,000 ton/año cada uno; y para el sureste incluyendo Veracruz, se acondicionaría un sitio en Coatzacoalcos con capacidad de 1'000,000 ton/año.

Para el resto del país, se ubicaría un sitio en San Luis Potosí con capacidad de 1'000,000 ton/año.

Los análisis de costos y gastos de operación de los confinamientos de 500,000 y 1'000,000 de toneladas anuales se muestran en la siguiente página.

Para poder conocer la viabilidad del proyecto, haremos uso del Valor Presente (VP) y del Valor Futuro (VF) para cada uno de los confinamientos y los resultados son \*:

### **VALOR PRESENTE Y FUTURO EN CONFINAMIENTOS DE 500,000 TON/AÑO.**

Valor Presente

$$V_P (i) = V_i + CA (P/A, i, n)$$

Donde:

- $V_p$  : Valor presente (\$)
- $i$  : Tasa de interés anual (%)
- $V_i$  : Valor inicial (\$)
- $CA$  : Costo anual (\$) = Ingresos – Gastos de Operación
- $(P/A)$  : Valor presente en pagos de serie uniforme
- $n$  : Vida útil (años)
- $(P/A, i, n)$  :  $((1+i)^n - 1) / i * (1+i)^n$

$$V_p (25 \%) = -(8'000,000 + 2(9'090,000)) + (378'000,000 - 144'343,400) (3.5705)$$

$$V_p (25 \%) = \$ 808'090,880.30$$

## Valor Futuro

$$V_F(i) = V_i * (F/P, i, n) + CA * (F/A, i, n)$$

Donde:

- $V_F$  : Valor futuro (\$)
- $i$  : Tasa de interés anual (%)
- $V_i$  : Valor inicial (\$)
- $CA$  : Costo anual (\$) = Ingresos – Gastos de Operación
- $(F/P)$  : Valor futuro en pago único
- $(F/A)$  : Valor futuro en pagos de serie uniforme
- $n$  : Vida útil (años)
- $(F/P, i, n)$  :  $(1+i)^n$
- $(F/A, i, n)$  :  $((1+i)^n - 1) / i$

$$V_f(25\%) = -(8'000,000 + 2(9'090,000)) * (9.8132) + (378'000,000 - 144'343,400) * (33.253)$$
$$V_f(25\%) = \$ 7,512'873,214.00$$

## VALOR PRESENTE Y FUTURO EN CONFINAMIENTOS DE 1'000,000 TON/AÑO.

$$V_p(25\%) = -50'360,000 + (756'000,000 - 288'187,608) * (3.5705)$$
$$V_p(25\%) = 1,619'964,145.60$$

$$V_f(25\%) = -50'360,000 * (9.8132) + (756'000,000 - 288'187,608) * (33.253)$$
$$V_f(25\%) = 15,061'972,719.00$$

\* NOTA: Las cifras vienen de las tablas en las páginas 96 y 97.

La celda que utilizaremos como modelo tendrá las dimensiones mostradas en la página 98 y nos servirá para almacenar cerca de 55,800 ton. cada una por lo que necesitaríamos nueve celdas por año por confinamiento en los confinamientos de 500,000 ton. y por consiguiente, 18 celdas en los confinamientos de 1'000,000 ton.

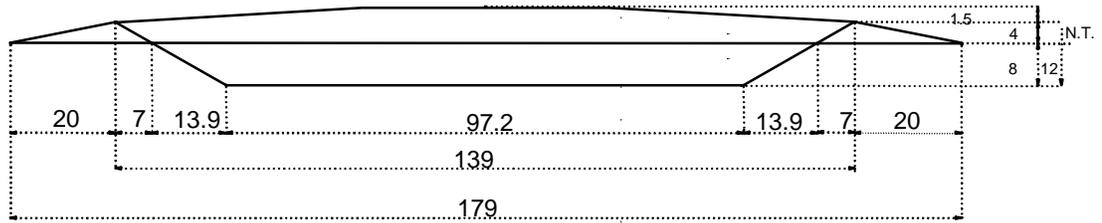
ANÁLISIS DE COSTOS Y GASTOS DE OPERACIÓN DE UN CONFINAMIENTO DE 500,000 TON/AÑO

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	TOTAL
<b><u>INVERSIÓN</u></b>				
Terreno y acondicionamiento (oficinas, señalamientos, cercas, pozos, laboratorio y celdas)	172	Ha		\$ 8,000,000.00
Maquinaria (2 Retroexcavadoras, 2 cargadores frontales, montagargas, trailer, 4 camiones de volteo)		lustro		\$ 9,090,000.00
<b>Costos y Gastos totales por Inversión</b>				<b>\$ 17,090,000.00</b>
<b><u>OPERACIÓN</u></b>				
Personal (22 personas: Gerente, Control, 2 secretarias, laboratorio (2), seguridad (2), y brigadas)	12	mes	87,800.00	\$ 1,053,600.00
Material para cubierta y reforestación	638028	m <sup>3</sup>	200	\$ 127,605,600.00
Liner (Geomembrana y Geotextil con instalación, soldado y pruebas)	345087	m <sup>2</sup>	45.45	\$ 15,684,204.15
<b>Gastos totales por Operación (Anual)</b>				<b>\$ 144,343,404.15</b>
<b><u>INGRESOS</u></b>				
60% de los residuos manejados a granel (bolsas, sacos, etc.)	300000	ton	900	\$ 270,000,000.00
40% de los residuos manejados en envase (tambos 200 l.)	200000	ton	540	\$ 108,000,000.00
<b>Ingresos totales (Anuales)</b>				<b>\$ 378,000,000.00</b>

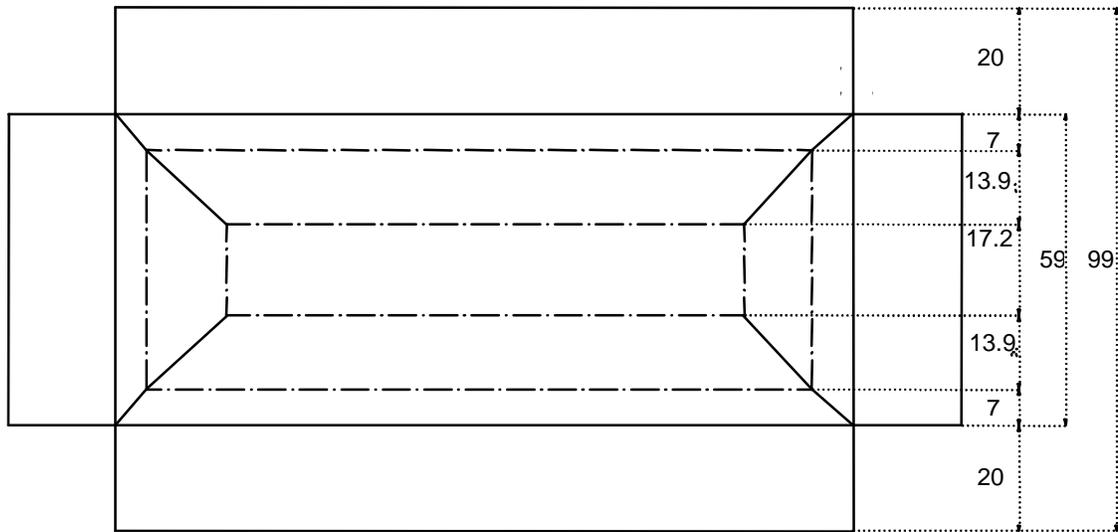
**ANÁLISIS DE COSTOS Y GASTOS DE OPERACIÓN DE UN CONFINAMIENTO DE 1'000,000 TON/AÑO**

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	TOTAL
<b><u>INVERSIÓN</u></b>				
Terreno y acondicionamiento (oficinas, señalamientos, cercas, pozos, laboratorio y celdas)	344	Ha		\$ 14,000,000.00
Maquinaria (4 Retroexcavadoras, 4 cargadores frontales, 2 montagargas, 2 trailers, 8 camiones de volteo)		lustro		\$ 18,180,000.00
<b>Costos y Gastos totales por Inversión</b>				<b>\$ 32,180,000.00</b>
<b><u>OPERACIÓN</u></b>				
Personal (39 personas: Gerente, Control (2), 4 secretarias, laboratorio (2), seguridad (2), y brigadas)	12	mes	134,000	\$ 1,608,000.00
Material para cubierta y reforestación	1276056	m <sup>3</sup>	200	\$ 255,211,200.00
Liner (Geomembrana y Geotextil con instalación, soldado y pruebas)	690174	m <sup>2</sup>	45.45	\$ 31,368,408.30
<b>Gastos totales por Operación (Anual)</b>				<b>\$ 288,187,608.30</b>
<b><u>INGRESOS</u></b>				
60% de los residuos manejados a granel (bolsas, sacos, etc.)	600000	ton	900	\$ 540,000,000.00
40% de los residuos manejados en envase (tambo 200 l.)	400000	ton	540	\$ 216,000,000.00
<b>Ingresos totales (Anuales)</b>				<b>\$ 756,000,000.00</b>

### DIMENSIONES DE CELDA EN METROS

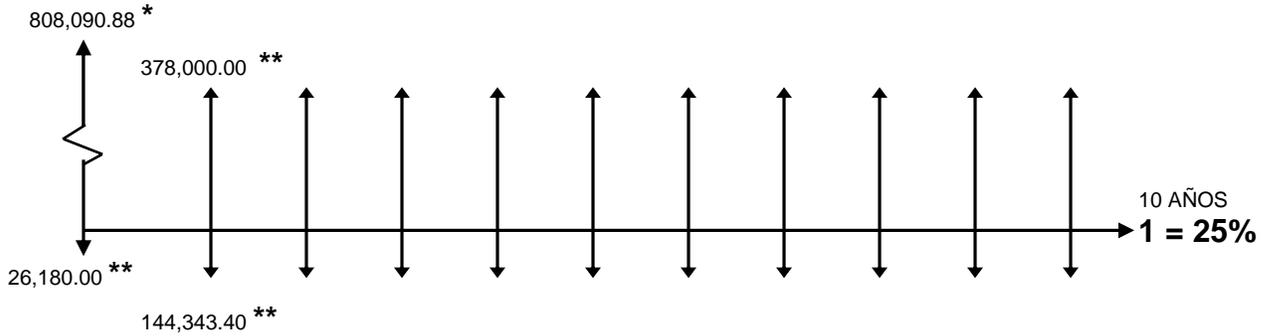


VISTA LATERAL

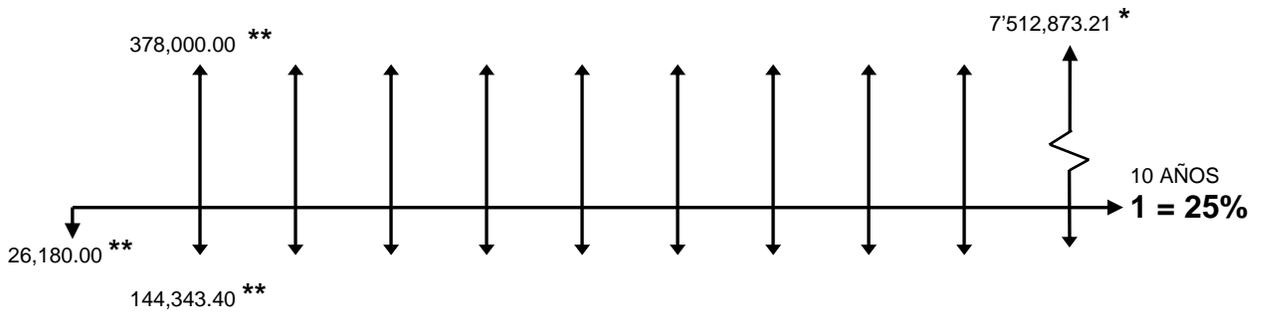


VISTA SUPERIOR

**VALOR PRESENTE PARA UN CONFINAMIENTO CON  
CAPACIDAD DE 500,000 TON/AÑO  
(EN MILES DE PESOS)**



**VALOR FUTURO PARA UN CONFINAMIENTO CON  
CAPACIDAD DE 500,000 TON/AÑO  
(EN MILES DE PESOS)**

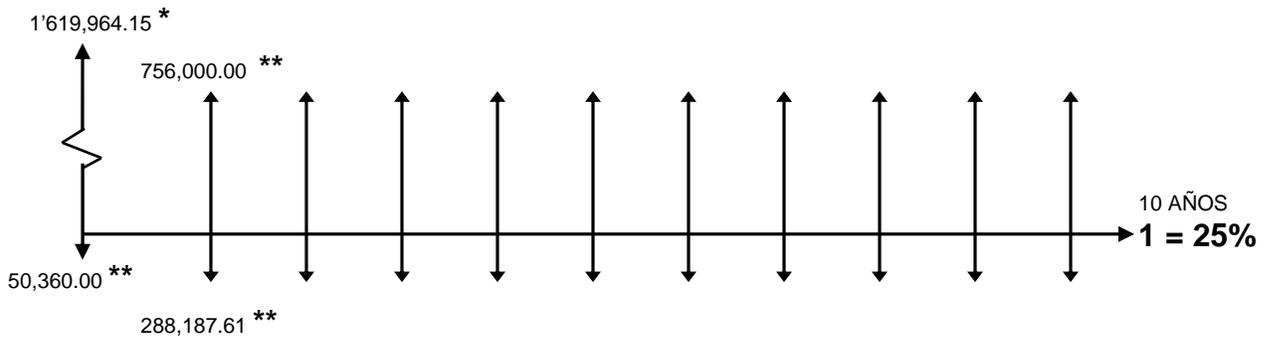


NOTAS:

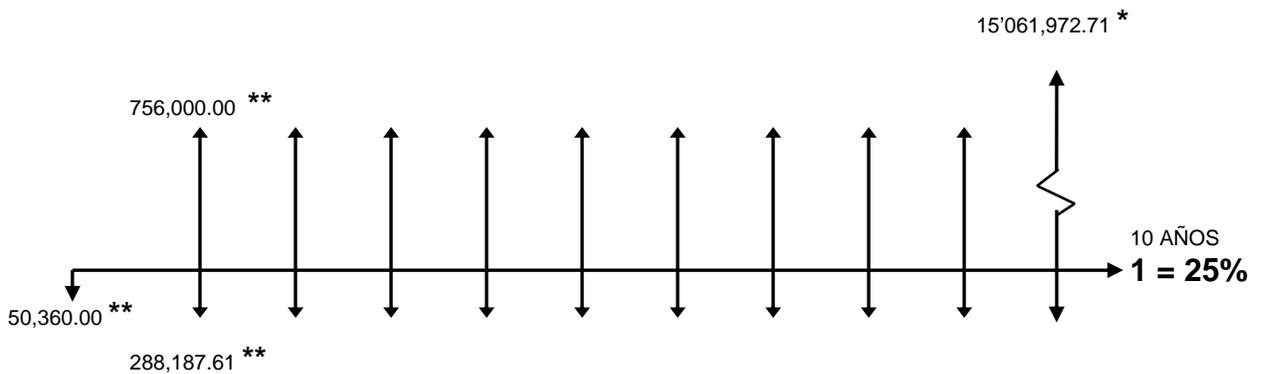
\* Ver página 94, 95

\*\* Ver página 96

**VALOR PRESENTE PARA UN CONFINAMIENTO CON  
CAPACIDAD DE 1'000,000 TON/AÑO  
(EN MILES DE PESOS)**



**VALOR FUTURO PARA UN CONFINAMIENTO CON  
CAPACIDAD DE 1'000,000 TON/AÑO  
(EN MILES DE PESOS)**



NOTAS:

\* Ver página 95

\*\* Ver página 97

En base a los resultados obtenidos del análisis de ingresos y egresos podemos decir que el proyecto es a todas luces viable pues la inversión, aunque es muy grande en un principio, en muy corto plazo (menos de un año) se recupera y se obtienen ganancias importantes.

## *CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.*

La preocupación por los residuos peligrosos en el mundo entero es hoy una realidad debido a que el avance en la tecnología ha introducido nuevos productos químicos más difíciles de eliminar. En primera instancia, se observa una mejoría en cuanto a la legislación, firma de tratados y convenios internacionales que propician un trato más respetuoso con el medio ambiente.

En segundo término, el desarrollo de reglamentos y normas que especifican el manejo correcto de dichos residuos ha dado como resultado una mayor preocupación por parte de los generadores para realizar una gestión adecuada de los mismos, desde una reducción en la generación, pasando por el reciclaje y tratamiento hasta la incineración y el confinamiento.

En México, aunque dicha preocupación comenzó en los años ochenta, se han tenido avances significativos en cuanto al manejo de los residuos se refiere. Sin embargo, falta mucho por hacer. Como primer punto, es necesario determinar exactamente la cantidad de residuos generados por año, el tipo de residuos y la zona del país donde se genera de modo que, a partir de dichos datos, sea posible establecer los tipos de reducción, las formas de reciclaje y tratamiento y el número de sitios de éstos además de los de incineración y confinamiento.

Como segundo punto, para los casos de confinamiento, es necesario determinar las especificaciones, ya sea por medio de una norma u otro mecanismo aplicable, de otros tipos de confinamiento como por ejemplo, confinamientos en formaciones geológicas estables.

Como tercer punto, ya conocida la generación de los residuos y específicamente para el caso que se tenga que confinar los residuos, aumentar la infraestructura en cuanto a confinamientos públicos se refiere, que estén distribuidos en todo el territorio nacional de modo que no se tenga que recorrer cerca de 1000 Km o más para llevar los residuos al sitio de disposición más cercano.

En cuanto a la legislación existente, cabe hacer notar que es necesaria una revisión en los puntos siguientes:

- ✓ El formato de generación que, como ya se explicó, no incluye todos los datos necesarios para poder conocer el residuo que se genera.
- ✓ Los trámites en cuanto a la Importación - Exportación de los residuos deberían simplificarse de modo que no sean tan laboriosos.
- ✓ Incorporar a los formatos existentes un formato de Aviso de Guía Ecológica ya que los generadores que lo realizan, incluyen los datos que quieren y no siempre los necesarios para llevar el control transfronterizo de los residuos.
- ✓ Así mismo, se deberán elaborar formatos para las bitácoras de Generación y de Movimientos de Entrada – Salida de los residuos para empresas generadoras.
- ✓ En la NOM-055-ECOL-1993 en el punto 5.1.5 que versa sobre crecimiento de centros de población dice: “ La distancia del límite del centro de población debe ser como mínimo de 25 Km para poblaciones mayores de 10,000 habitantes con proyección al año 2010”. Lo que no dice, es a partir de que fecha se realiza la proyección, o sea que, ¿a cuantos años se proyecta el crecimiento de la población?
- ✓ En la NOM-056-ECOL-1993 en el punto 10.3 que indica la construcción de caminos exteriores del confinamiento dice: “Cuando por requerimientos de carga de diseño y volumen de tránsito de los caminos exteriores, se haga necesaria la colocación de una carpeta asfáltica, ésta superficie de rodamiento deberá estar definida por el trazo del camino incluyendo cortes y terraplenes, misma que definirá la subrasante”, y en el punto 10.5 dice: “Los caminos exteriores e interiores deben estar diseñados y construidos conforme a los criterios básicos de la tabla 1” en donde dicha tabla señala que la superficie de rodamiento para un camino exterior deberá ser revestida por lo que existe una incongruencia entre estos dos puntos.

- ✓ En la misma norma, ahora en el punto 17.4.2 dice: “Los pozos de monitoreo se instalarán fuera del predio del confinamiento, a una distancia entre 50 y 150 m. a partir del límite de éste”. Dicho punto crea un conflicto pues se presta a que las personas con la propiedad de los otros predios no den permiso de construir dichos pozos en su terreno y si el predio se adquiriera formando parte de los terrenos del confinamiento aunque no existieran celdas en dicho límite, los pozos estarían dentro del confinamiento.

Es necesario promover la creación de normas voluntarias como instrumentos para incentivar el cumplimiento de los objetivos ambientales y la competitividad industrial, fortaleciendo a la vez las capacidades de autogestión y cultura de responsabilidad ambiental de las empresas. Del mismo modo, se debe incentivar la minimización, estabilización y neutralización de los Residuos Peligrosos además de privilegiar las oportunidades para el reciclaje y aprovechamiento con instrumentos tanto económicos como normativos de manera que se conviertan en una opción competitiva antes del confinamiento.

Se requiere además, el establecimiento de programas que diferencien las prioridades de cada sector industrial con el objetivo de atacar los problemas específicos de cada uno por separado.

Finalmente, es necesaria una campaña de concientización en el ámbito nacional sobre el manejo adecuado de los residuos y sobre los efectos que pudiese causar un mal manejo. En dicha campaña, se deberá hacer hincapié en la importancia de los confinamientos de residuos peligrosos como un método seguro.

## BIBLIOGRAFÍA

Semarnap, Profepa. *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (Delitos Ambientales)*, 1ª edición, México D.F., 1997.

Sedesol. *Residuos Peligrosos en el Mundo y en México*, 1ª edición, México D.F., 1993.

División de Educación Continua, Facultad de Ingeniería U.N.A.M. *Diseño y Operación de Sistemas de Disposición Final de Residuos Sólidos y Peligrosos*, México D.F., 1996.

Rivero, Ponciano y González. *Los Residuos Peligrosos en México*, 1ª reedición, PUMA, México D.F., 1997.

Instituto Nacional de Ecología. *Programa para la minimización y manejo integral de los Residuos Peligrosos en México 1996 - 2000*, 1ª reimpresión, D.F., 1997.

Comité RESNA. *Recomendaciones para el Manejo Sostenible de Residuos Peligrosos en México y E.E.U.U.*

México – E.U.A. *Programa Frontera XXI*, SEMARNAP, 1ª edición, México D.F., 1996.

Instituto Nacional de Ecología. *Segundo curso regional para promover el desarrollo de programas estatales de minimización y manejo integral de residuos peligrosos*. Toluca, Edo. De Mex., 1998.

Leyes y Códigos de México. *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*, 8ª edición, PORRÚA, México D.F., 1993.

Rivero, Garfias y González. *Residuos Peligrosos*. 1ª edición, PUMA, México D.F., 1996.

Comisión Promotora de Inversiones Ambientales. *Áreas de oportunidad en el Sector Ambiental de la Economía*, 1ª edición, SEMARNAP, SECOFI, México D.F., 1997.

Caldwell, Reith. *Principles and Practice of Waste Encapsulation*, 1ª edición, Michigan, E.U.A. 1993.

Profepa. *Identificación, Caracterización y Priorización de Sitios Contaminados con Residuos Peligrosos*, IMASA, León Guanajuato, 1997.

Béjar y Asociados. *Control y Manejo de Materiales Peligrosos*, 1ª edición, San Diego, CA. E.U.A., 1992.

Profepa / dhta / ITESM *Manejo y Disposición de Residuos Peligrosos*, México, 1995

## *APÉNDICE*

### NORMAS EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS.

#### ⊕ NORMAS DE LA SEMARNAP

NOM-052-ECOL/1993 22/10/93 Que establece 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.

NOM-053-ECOL/1993 22/10/93 Que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

NOM-054-ECOL/1993 22/10/93 Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la norma oficial mexicana NOM-052-ECOL/1993.

NOM-055-ECOL/1993 22/10/93 Que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto los radiactivos.

NOM-056-ECOL/1993 22/10/93 Que establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.

NOM-057-ECOL/1993 22/10/93 Que establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para residuos peligrosos.

NOM-058-ECOL/1993 22/10/93 Que establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado para residuos peligrosos.

NOM-O87-ECOL/1995 07/11/95 Que establece los requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos biológico-infecciosos que se generan en establecimientos que presten atención médica. ACLARACIÓN: 12/06/96

⊕ NORMAS DE LA S.C.T.

NOM-OO5-SCT2/1994 24/07/95 Información de emergencia para el transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

NOM-OO7-SCT2/1994 18/08/95 Marcado de envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos.

NOM-OO6-SCT2/1994 23/08/95 Aspectos básicos para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al autotransporte de materiales y residuos peligrosos.

NOM-OO3-SCT2/1994 21/08/95 Para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos. Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos.

NOM-OO9-SCT2/1994 25/08/95 Compatibilidad para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1 explosivos.

NOM-O18-SCT2/1994 25/08/95 Disposiciones para la carga, acondicionamiento y descarga de materiales y residuos peligrosos en unidades de arrastre ferroviario.

NOM-EM-O20-SCT2/1995 30/08/95 Requerimientos generales para el diseño y construcción de autotanques destinados al transporte de materiales y residuos peligrosos, especificaciones SCT 306, SCT 307 y SCT 312.

NOM-O04-SCT2/1994 13/09/95 Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos. ACLARACIÓN: 02/02/96

NOM-O25-SCT2/1994 22/09/95 Disposiciones especiales para las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1 explosivos.

NOM-O10-SCT2/1994 25/09/95 Disposiciones de compatibilidad y segregación, para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

NOM-O11-SCT2/1994 25/09/95 Condiciones para el transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos en cantidades limitadas. ACLARACIÓN : 12/08/96

NOM-O19-SCT2/1994 25/09/95 Disposiciones generales para la limpieza y control de remanentes de sustancias y residuos peligrosos en las unidades que transportan materiales y residuos peligrosos.

NOM-O21-SCT2/1994 25/09/95 Disposiciones generales para transportar otro tipo de bienes diferentes a las sustancias, materiales y residuos peligrosos, en unidades destinadas al traslado de materiales y residuos peligrosos.

NOM-O23-SCT2/1994 25/09/95 Información técnica que debe contener la placa que portarán los autotanques, recipientes metálicos intermedios para granel (RIG) y envases de capacidad mayor a 450 litros que transportan materiales y residuos peligrosos.

NOM-O28-SCT2/1994 04/10/95 Disposiciones especiales para los materiales y residuos peligrosos de la clase 3 líquidos inflamables transportados.

NOM-O24-SCT2/1994 16/10/95 Especificaciones para la construcción y reconstrucción, así como los métodos de prueba de los envases y embalajes de las sustancias, materiales y residuos peligrosos.

NOM-O27-SCT2/1994 23/10/95 Disposiciones generales para el envase, embalaje y transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la división 5.2 peróxidos orgánicos.

NOM-O43-SCT2/1994 23/10/95 Documento de embarque de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

NOM-O02-SCT2/1994 30/10/95 Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados.

NOM-O51-SCT2/1995 21/11/97 Especificaciones especiales y adicionales para los envases y embalajes de las sustancias peligrosas de la división 6.2 agentes infecciosos.

NOM-O32-SCT2/1995 10/12/97 Para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos. Especificaciones y características para la construcción y reconstrucción de contenedores cisterna destinados al transporte multimodal de materiales de las clases 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9.

NOM-O20-SCT2/1995 17/11/97 Requerimientos generales para el diseño y construcción de autotanques destinados al transporte de materiales y residuos peligrosos, especificaciones SCT 306, SCT 307 y SCT 312.

⊕ NORMAS DE LA S.T.P.S.

NOM-005-STPS-1993 03/12/93 Condiciones de seguridad en centros de trabajo para almacenamiento, transporte y manejo de sustancias inflamables y combustibles.

NOM-008-STPS-1993 03/12/93 Condiciones de seguridad e higiene para producción, almacenamiento y manejo de explosivos en centros de trabajo.

NOM-009-STPS-1993 13/06/94 Condiciones de seguridad para almacenamiento, transporte y manejo de sustancias corrosivas, irritantes y tóxicas en los centros de trabajo.

NOM-010-STPS-1993 08/07/94 Condiciones de seguridad e higiene en centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.

## NOM-056-ECOL-1993

### 4 DEFINICIONES

- 4.1 *Celda de confinamiento*. El espacio creado artificialmente dentro de un confinamiento controlado para la disposición final de residuos peligrosos.
- 4.2 *Celda de tratamiento*. El espacio creado artificialmente para reducir la peligrosidad y volumen de los residuos peligrosos.
- 4.3 *Obras complementarias*. El conjunto de obras de apoyo necesarias para llevar a cabo la correcta operación del confinamiento controlado.
- 4.4 *Zonas restringidas*. Las áreas del confinamiento controlado que requieren de equipo de protección personal, conocimiento del riesgo y entrenamiento preciso para permanecer en ellas.

### 5 ÁREAS DE ACCESO Y ESPERA

- 5.1 Las áreas de acceso y espera tienen como propósito el control de entradas y salidas del personal y vehículos del confinamiento controlado.
- 5.2 El área de acceso debe tener un ancho de 8.00 m como mínimo.
- 5.3 El área de espera deberá tener la capacidad suficiente para el estacionamiento de los vehículos que transporten residuos peligrosos y que requieran esperar turno de acceso.

### 6 CERCA PERIMETRAL Y DE SEGURIDAD

- 6.1 La cerca perimetral del confinamiento controlado deberá construirse con alambre de púas de cinco hilos de 1.50 m de alto, a partir del nivel del suelo con postes de concreto o tubo galvanizado debidamente empotrados.
- 6.2 La cerca de seguridad para zonas restringidas del confinamiento controlado deberá ser de malla tipo ciclónica de 5 cm de separación, soportada con postes de tubo galvanizado de 2 pulgadas de diámetro, colocados como máximo cada 3 m entre sí y con una altura mínima de 2.60 m.

### 7 CASETA DE VIGILANCIA

La caseta de vigilancia deberá instalarse a la entrada del confinamiento controlado y tendrá dimensiones mínimas de 4 m<sup>2</sup>.

### 8 CASETA DE PESAJE Y BASCULA

- 8.1 La caseta de pesaje contará con una superficie mínima de 16 m<sup>2</sup> para alojar el dispositivo indicador de la báscula y el mobiliario necesario para el registro y archivo de datos.
- 8.2 La báscula deberá ubicarse cerca de la entrada del confinamiento controlado y contar con:
  - 8.2.1 Superficie de dimensiones suficientes para dar servicio a la unidad de transporte de mayor capacidad de carga y capacidad mínima de 60 toneladas.
- 8.3 La báscula podrá ser de operación manual o semiautomática, con divisiones mínimas de 2 a 5 Kg; precisión de 2 a 4 Kg y su instalación deberá apegarse a las especificaciones del fabricante.

### 9 LABORATORIO

- 9.1 El laboratorio de análisis físico - químico deberá contar con los dispositivos y equipos necesarios para la toma de muestreos, verificar la composición y características de peligrosidad de los residuos, así como para realizar los análisis de lixiviados y pruebas de campo.

9.2 El laboratorio debe reunir como mínimo las condiciones siguientes:

- 9.2.1 Localizarse fuera del área administrativa y de las celdas de confinamiento.
- 9.2.2 Contar con extracción de aire, con arreglos de bocatoma para las mesas de trabajo y vacío para flujo laminar.
- 9.2.3 Iluminación a prueba de explosión.
- 9.2.4 Pisos antiderrapantes y sellados.
- 9.2.5 Mesas de trabajo con instalación eléctrica.
- 9.2.6 Materiales de construcción no inflamables.
- 9.2.7 Tarja de acero inoxidable.
- 9.2.8 Tanque de recepción de agua para lavado de equipo.
- 9.2.9 Regadera de emergencia.
- 9.2.10 Lavaojos.
- 9.2.11 Cuarto de albergue de gases para análisis.
- 9.2.12 Múltiple de cinturón para sujeción de cilindros.
- 9.2.13 Estantería para el almacenamiento de reactivos.
- 9.2.14 Campana de extracción con flujo laminar.
- 9.2.15 Área de instrumentos.
- 9.2.16 Tanque o fosa de recepción de aguas de lavado de equipo.

## **10 CAMINOS**

- 10.1 Los caminos serán de dos tipos, exteriores e interiores.
- 10.2 Los caminos exteriores deben cumplir como mínimo las especificaciones siguientes:
  - 10.2.1 Ser de tipo permanente.
  - 10.2.2 Garantizar el tránsito a todo tipo de vehículos que acudan al confinamiento en cualquier época del año.
- 10.3 Cuando por requerimientos de carga de diseño y volumen de tránsito de los caminos exteriores, se haga necesaria la colocación de una carpeta asfáltica, esta superficie de rodamiento deberá estar definida por el trazo del camino incluyendo cortes y terraplenes, misma que definirá la subrasante. En este caso, para recibir la carpeta se deberán construir:
  - 10.3.1 Una sub-base con un espesor mínimo de 12 cm formada de material natural producto de la excavación o explotación de bancos de materiales.
  - 10.3.2 Una base con espesor de 12 cm de grava controlada y arena compactada al 95% mínimo de la prueba Proctor.
  - 10.3.3 El espesor de la carpeta asfáltica, cuya finalidad es proporcionar una superficie estable, uniforme, impermeable y de textura apropiada, se calculará en función del valor relativo de soporte del suelo, de la carga de diseño y del volumen de tránsito.

- 10.4 Los caminos interiores deben cumplir las especificaciones siguientes:
- 10.4.1 Facilitar la doble circulación de vehículos que transporten los residuos peligrosos, hasta el frente de operación de las celdas de confinamiento.
- 10.4.2 Ser de tipo temporal o permanente y suficientes en número para dar acceso a las celdas en operación.
- 10.4.3 Cuando sea requerido por carga de diseño, el camino interior estará integrado por base, sub-base, de acuerdo con las especificaciones establecidas en el punto 10.3 de esta norma oficial mexicana.
- 10.5 Los caminos exteriores e interiores deben estar diseñados y construidos conforme a los criterios básicos de la tabla 1.

CLASE DE CAMINO	CAMINO EXTERIOR			CAMINO INTERIOR	
	PLANO Y MONTAÑOSO	MONTAÑOSO	MUY ACCIDENTADO	PLANO ONDULADO	PLANO
CARÁCTERÍSTICAS					
VEL. DISEÑO EN KM/H	60	40	30	40	50
GRADO MÁXIMO	11°00'	24°30'	44°00'	23°00'	11°00'
RADIO MÍNIMO EN M.	105	47	26	50	60
ANCHO DE CORONA EN M.	6	6	6	6	6
PENDIENTE MÁXIMA EN %	8	9	10	5	8
CARGA DE DISEÑO	HS – 20			HS – 10	
SUPERFICIE DE RODAMIENTO	REVESTIDA			TERRACERÍA	

**TABLA 1**

## 11 ÁREA DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL

- 11.1 El área de almacenamiento temporal estará destinada para la recepción de residuos peligrosos incompatibles: cuando sea necesario el tratamiento previo, no haya celda disponible o cuando no sea posible en forma inmediata realizar su confinamiento.
- 11.1.1 Esta área deberá:
- 11.1.1.1 Tener una capacidad mínima de siete veces el volumen promedio de residuos peligrosos que diariamente se reciban.
- 11.1.1.2 Contar con los compartimentos suficientes para la separación de los residuos, según sus características de incompatibilidad.
- 11.1.1.3 Estar techada con material no inflamable, contar con equipo contra incendios y plataformas para la descarga de envases y embalajes.
- 11.1.1.4 Tener capacidad para estibar como máximo tres tambores de 200 l. conteniendo residuos peligrosos.
- 11.2 En el área de almacenamiento temporal no se deberán depositar residuos peligrosos a granel.

## 12 ÁREA DE EMERGENCIA

- 12.1 El área de emergencia estará destinada para la recepción de residuos peligrosos que:
- 12.1.1 Proviengan de alguna contingencia.

- 12.1.2 Requieran de almacenamiento temporal por un período no mayor de tres meses.
- 12.1.3 Deben estabilizarse para su depósito en celdas especiales o, en su defecto, para ser retirados a otro confinamiento que cumpla con los requisitos de seguridad que señalen las normas oficiales mexicanas aplicables.
- 12.2 El área de emergencia deberá:
  - 12.2.1 Estar ubicada en un lugar separado de las demás obras complementarias.
  - 12.2.2 Tener una superficie de 20 m<sup>2</sup> como mínimo.
  - 12.2.3 Estar techada con material no inflamable.
  - 12.2.4 Contar con los compartimentos suficientes para mantener separados los residuos peligrosos en función de sus características físico-químicas y tóxicas.

### **13 AREA DE LIMPIEZA**

- 13.1 El área de limpieza estará destinada para el aseo de vehículos de transporte, equipos y materiales utilizados en la operación del confinamiento y deberá reunir las condiciones siguientes:
  - 13.1.1 Estar ubicada a distancia del área administrativa y cerca de las celdas del confinamiento.
  - 13.1.2 Contar con iluminación suficiente.
  - 13.1.3 Estar dotada con equipo de agua y aire a presión.
  - 13.1.4 Tener pisos con acabado rugoso y juntas estructurales debidamente selladas a la losa de desplante.
  - 13.1.5 Tener instaladas en los pisos canaletas y rejillas con pendiente de un 2% para conducir los líquidos a un depósito con capacidad suficiente para captar los líquidos que se generen.
  - 13.1.6 Ser de fácil aseo y evitar espacios muertos.

### **14 DRENAJE**

- 14.1 Las obras de drenaje serán de tipo exterior e interior.
- 14.2 Las obras de drenaje exterior, conforme a las condiciones topográficas del sitio, deben ser a base de canales abiertos con diques o muros de contención y sujetarse a las bases siguientes:
  - 14.2.1 En condiciones topográficas suaves deben emplearse canales abiertos para el desvío de las corrientes provenientes de las áreas circundantes.
  - 14.2.2 En el caso de que el terreno sea plano el contorno se deberá proteger mediante muros de contención.
  - 14.2.3 Los canales exteriores deben revestirse con mortero, cemento - arena en proporción 1:3 o mediante un zampeado de piedra junteada con mortero, cemento - arena en proporción 1:5. La velocidad del agua dentro de los canales no debe ser menor de 0.60 m/seg, ni mayor de 3.00 m/seg.
- 14.3 Las obras de drenaje interior deberán:
  - 14.3.1 Construirse mediante canales de sección triangular con taludes 3:1, rellenos con grava de 3 cm de tamaño máximo, para evitar socavaciones.
  - 14.3.2 Captar las aguas pluviales y conducir las a una celda con impermeabilización natural o sintética en la base.

14.4 En los drenajes exteriores e interiores la dimensión de canales se efectuará mediante la fórmula de Manning, obteniendo el gasto de diseño a partir del Método Racional Americano o la fórmula de Burkli-Ziegler.

14.4.1 Fórmula del Método Racional Americano:

$$Q = C i A / 0.36$$

Donde:

Q = Gasto máximo en l/s

C = Coeficiente de escurrimiento

i = Intensidad de lluvia en mm/h

A = Área por drenar en Ha

0.36 = Factor de conversión

14.4.2 Fórmula de Burkli-Ziegler:

$$Q = 27.78 C i S^{1/4} A^{3/4}$$

Donde:

Q = Gasto máximo en l/s

C = Coeficiente de escurrimiento (sin dimensiones)

i = Intensidad de lluvia en cm/h

S = Pendiente del terreno en milésimas

A = Area por drenar en Ha

## 15 INSTALACIONES DE ENERGIA ELECTRICA

15.1 Las instalaciones de energía eléctrica tendrán por objeto satisfacer las necesidades de iluminación de las áreas que lo ameriten, así como para el funcionamiento de los equipos y maquinaria que lo requieran.

15.2 La iluminación será interior y exterior, con base a las condiciones siguientes:

15.2.1 En la iluminación interior, la cantidad de luces necesarias se determinará en atención a las áreas a iluminar y a las actividades que en las mismas se realicen.

15.2.2 La iluminación exterior debe ser perimetral, con postes colocados a una distancia mínima de 50 m y altura mínima de 3 m. La instalación de las líneas de conducción será subterránea incluyendo la acometida.

15.3 El confinamiento deberá contar con una fuente de energía eléctrica para emergencias, que deberá reunir los siguientes requisitos:

15.3.1 Estar ubicada en un lugar que permita la ventilación directa o la extracción de humos y gases por chimeneas.

15.3.2 No estar instalada en lugares con atmósferas peligrosas.

15.3.3 Tener la capacidad suficiente para el servicio a las áreas indispensables.

15.3.4 Tener una instalación que permita que la carga del tanque de combustible se realice por tubería.

15.4 Para la selección de la fuente de energía eléctrica para emergencias se aplicará la tabla 2 o su equivalente:

TIPO	FUENTE DE ENERGÍA Y OPERACIÓN	CARACTERÍSTICAS	APLICACIÓN
CORRIENTE ALTERNA	FUENTE DE ENERGÍA ININTERRUMPIBLE	120 V. ED UNA FASE 3 HILOS	SISTEMAS DE CONTROL E INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
CORRIENTE DIRECTA	SISTEMA CENTRAL DE BATERÍAS: RECARGABLES, AUTOMÁTICO E INSTANTÁNEO	120 V. ED UNA FASE 2 HILOS	ALUMBRADO EN CUARTOS DE CONTROL O CONSOLAS DE MANDO
CORRIENTE ALTERNA	PLANTAS GENERADORAS CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA, MANUALES O AUTOMÁTICAS	220/127 V. ó 440/254 V. 3 FASES 4 HILOS	ENERGÍA Y ALUMBRADO GENERAL

**TABLA 2**

## 16 SEÑALAMIENTOS

16.1 Los señalamientos deberán instalarse en el área de acceso, en los caminos exteriores e interiores, andadores y zonas restringidas.

16.2 Los señalamientos deberán ser de tres tipos: informativo, preventivo y restrictivo.

16.2.1 Los señalamientos de tipo informativo deberán:

16.2.1.1 Estar ubicados en sitios próximos a la caseta de pesaje, báscula y demás lugares de interés, a una distancia no menor de 60 m, ni mayor de 150 m de dicho sitio.

16.2.1.2 Colocarse sobre placas de 0.60 x 0.40 m.

16.2.1.3 Ser de colores en fondo blanco con biseles y letras negras.

16.3 Los señalamientos de tipo preventivo deberán:

16.3.1 Estar ubicados en los sitios próximos a curvas o entronques, a una distancia no menor de 60 m, ni mayor de 150 m, en todos los casos.

16.3.2 Colocarse sobre placas de 0.60 x 0.60 m.

16.3.3 Ser de colores en fondo amarillo con biseles y letras negras.

16.4 Los señalamientos de tipo restrictivo deberán:

16.4.1 Indicar la velocidad permitida, el sentido de circulación y el señalamiento de los sitios en los que se prohíban el estacionamiento de vehículo.

- 16.4.2 Colocarse sobre placas de 0.45 x 0.60 m.
- 16.4.3 Ser de colores en fondo blanco con biseles y letras rojas.
- 16.5 Las placas de señalamientos deberán estar fijas en postes tubulares galvanizados de 5 cm de diámetro, con una altura de 1.50 m a partir del nivel del piso a la parte inferior del señalamiento.
- 16.6 El anclaje de los postes para los señalamientos fijos debe tener su base a 0.30 m de profundidad; en los señalamientos móviles pueden emplearse llantas de automóvil rellenas de concreto o crucetas de solera de acero con sección en ángulo.

## **17 POZOS DE MONITOREO**

- 17.1 Los pozos de monitoreo serán para lixiviados y para aguas subterráneas.
- 17.2 Los pozos de monitoreo para lixiviados deberán:
  - 17.2.1 Estar ubicados dentro o fuera de la celda de confinamiento, considerando el sentido de las pendientes.
  - 17.2.2 Estar cimentados e impermeabilizados como se especifica en la norma oficial mexicana correspondiente.
  - 17.2.3 Reunir las características a que se refiere la norma oficial mexicana NOM-057-ECOL-1993 y conforme a las especificaciones establecidas en los anexos 1 y 2 de esta norma oficial mexicana.
  - 17.2.4 Las emanaciones y vapores generados en el pozo de monitoreo deberán ser monitoreados, extraídos, analizados y tratados si es el caso, debiendo quedar asentada la información en bitácora.
- 17.3 El número de pozos se determinará por las dimensiones del confinamiento.
- 17.4 Los pozos de monitoreo para las aguas subterráneas deberán tener las características siguientes:
  - 17.4.1 La ubicación de los pozos se definirá por el sentido de circulación de las aguas subterráneas.
  - 17.4.2 Los pozos se instalarán fuera del predio del confinamiento, a una distancia entre 50 y 150 m a partir del límite de éste.
  - 17.4.3 La profundidad de los pozos será cuando menos de 10 metros por abajo del nivel dinámico del acuífero o bien, a 150 m.
  - 17.4.4 Tener como mínimo un diámetro de 10 cm y estar ademados en toda su longitud, mediante tubos de acero.
  - 17.4.5 Contar con un sistema de bombeo, cuya potencia se calculará en función de la profundidad del nivel freático.

## **18 AREA DE AMORTIGUAMIENTO**

El área de amortiguamiento deberá diseñarse y construirse en un espacio perimetral interior de por lo menos 12 m de ancho.

## **19 TALLER DE MANTENIMIENTO**

19.1 El taller de mantenimiento será para el servicio de reparaciones de maquinaria pesada y vehículos, y deberá:

19.1.1 Estar ubicado cerca de las celdas de confinamiento.

19.1.2 Contar con cobertizo para el resguardo de maquinaria pesada y vehículos que incluya un almacén o bodega para las herramientas básicas, partes y refacciones que se requieran en las reparaciones mecánicas de tipo común.

## **20 AREA ADMINISTRATIVA**

20.1 El área administrativa deberá contar con el espacio suficiente para la instalación de sus oficinas.

## **21 SERVICIO DE PRIMEROS AUXILIOS**

21.1 El servicio de primeros auxilios deberá contar con el espacio suficiente, mobiliario, equipo, material y medicamentos que se requieran, conforme a las disposiciones legales aplicables.

## **22 SERVICIOS SANITARIOS**

22.1 Los servicios sanitarios se instalarán conforme a las disposiciones legales aplicables.

## **23 COLOCACION DE ACCESOS**

23.1 El área de acceso, la caseta de vigilancia, la caseta de pesaje, el laboratorio, el taller de mantenimiento y el área administrativa deberán ubicarse de preferencia, en la parte contraria a la máxima incidencia y dirección de los vientos, es decir, a sotavento.

## NOM-057-ECOL-1993

### 4 DEFINICIONES

- 4.1 *Celda*. El espacio creado natural o artificialmente dentro de un confinamiento controlado, apto para recibir residuos peligrosos compatibles.
- 4.2 *Cubierta*. El material o materiales que se colocan en forma de capas en la parte superior de la celda, para aislar los residuos peligrosos de la intemperie.
- 4.3 *Estabilizar*. Proceso físico, químico o biológico que al ser aplicado a un residuo, se logra la inactivación de éste.

### 5 DISEÑO Y CONSTRUCCION DE CELDAS

- 5.1 Para el diseño y construcción de las celdas de confinamientos controlados se deberán observar los siguientes requisitos:
- 5.1.1 Las celdas deben contar con sistemas de captación de lixiviados.
- 5.1.2 Las celdas que contengan residuos que en su proceso de estabilización generen gases o vapores deben contar con sistemas de venteo.
- 5.1.3 Cuando en las celdas se depositen residuos peligrosos envasados, la estiba no debe exceder de una altura de 7 metros, podrá ser mayor la estiba cuando se justifique técnicamente y las características físicas del sitio lo permitan.
- 5.1.4 Las celdas deben impermeabilizarse en los términos de la norma oficial mexicana aplicable.
- 5.1.5 Los muros de contención deben tener un espesor de 60 cm de concreto, con una resistencia de 240 kg/ cm<sup>2</sup> o su equivalente en otros materiales.
- 5.1.6 En las dos terceras partes del perímetro de la celda, como mínimo, debe existir un espacio suficiente para asegurar el acceso y maniobras del equipo necesario para movilizar los residuos.
- 5.1.7 Las pendientes de los taludes de la celda deben ser igual o menores al ángulo de reposo del material del propio talud.
- 5.1.8 Deberá efectuarse un análisis estructural de los taludes y fondo de la celda, que considere la acción de las siguientes cargas: presión de relleno, cargas de construcción, operación, reparación y sismo. Si la compactación resultara menor del 95% de la prueba Proctor, deberán efectuarse las obras de ingeniería complementarias para alcanzar este porcentaje. El coeficiente sísmico del diseño será de 0.3 en todos los casos.
- 5.1.9 La cubierta de la celda constará de dos capas. La inferior de arcilla, con un espesor, grado de compactación y humedad del material para obtener un coeficiente de permeabilidad  $1 \cdot 10^{-7}$  cm/seg; o con un material sintético equivalente en su permeabilidad; la capa superior de suelo vegetal de 40 cm de espesor. En el caso de celdas que contengan residuos susceptibles de generar gases o vapores además de las capas mencionadas, deberá considerarse una capa subyacente de grava, con un espesor mínimo de 25 cm.
- 5.2 Restricciones. Además de lo dispuesto en el punto anterior, deberán considerarse en el diseño y construcción de la celda, las siguientes restricciones:
- 5.2.1 Sólo podrán depositarse en la celda los residuos peligrosos previstos en la norma oficial mexicana NOM-052-ECOL-1993, con excepción de los que contengan sulfuros y cianuros reactivos, bifenilos policlorados con concentraciones > 50 ppm. dibenzo-dioxinas-policlorados y dibenzo-furanos-policlorados, hexas (hexacloro-benceno, hexaclo-etano y hexacloro-butadieno) o aquéllos que tengan características de inflamabilidad.

- 5.2.2 En una misma celda no podrán depositarse residuos peligrosos incompatibles en los términos de la norma NOM-054-ECOL-1993.
- 5.2.3 Sólo podrán depositarse en la celda residuos explosivos estabilizados.
- 5.2.4 Los residuos inflamables cuyo punto de inflamación sea igual o inferior a 60°C, sólo podrán depositarse estabilizados.
- 5.2.5 Sólo podrán depositarse en la celda residuos peligrosos a granel cuando el porcentaje de agua en los mismos no exceda del 30%. Los que excedan este porcentaje deberán depositarse envasados.
- 5.2.6 No podrán depositarse residuos peligrosos cuyo contenido de aceite sea superior al 5%.
- 5.2.7 Los residuos cuyo contenido de aceite sea igual o inferior al 5%, no podrán depositarse en la celda si contienen más del 25% de humedad.

## **6 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE LIXIVIADOS**

- 6.1 El sistema debe estar compuesto de colector, subcolector, cárcamo y pozos de monitoreo de lixiviados como mínimo.
- 6.2 Todos los subcolectores deben conducir los lixiviados hacia el colector y éste a su vez descargará en el cárcamo de los pozos de monitoreo del lixiviado.
- 6.3 El colector y los subcolectores deben ser de 15 y 10 cm de diámetro como mínimo, respectivamente.
- 6.4 Debe existir un sistema de captación de lixiviados por cada 1 000 m' de celda o fracción de la misma.
- 6.5 La pendiente de escurrimiento del colector y subcolectores de lixiviados no deben ser menor del 2% en dirección al cárcamo.
- 6.6 Para el desplante del sistema de impermeabilización y del tubo captador del lixiviado previa preparación de la excavación, se conformará el terreno sobre el cual se tenderá una capa de arcilla de 50 cm de espesor compactada a 90% de la prueba Proctor, sobre la cual se colocará el sistema de impermeabilización sintético, la cual tendrá que ser protegida con otra capa de arcilla de 5 cm de espesor compactada al 90% de la prueba Proctor donde se colocará el sistema de captación y recolección del lixiviado teniendo que ser empacado con arcilla la parte inferior (no perforada) del tubo captador dejando la parte media superior (perforada) libre de arcilla con un ángulo de 45° la cual será cubierta con grava de 3/4 de pulgada (19 mm) hasta la parte superior de la base de la celda, posteriormente se colocará el material de contacto que cubrirá toda la base de la celda teniendo un espesor mínimo de 12 cm en el tubo captador y con una pendiente de 12% para su drenado.
- 6.7 La resistencia de las paredes y del piso del colector y subcolectores deberá ser igual a la de las paredes de la celda.
- 6.8 El sistema de captación debe ser tal, que cada subcolector captará la décima parte del área servida por el sistema.
- 6.9 La velocidad de captación y escurrimiento del sistema debe ser mayor que la de velocidad de difusión en las paredes y pisos de la celda.
- 6.10 El cárcamo
  - 6.10.1 La capacidad del cárcamo debe calcularse en función de las dimensiones de la celda y de la precipitación pluvial promedio del sitio de confinamiento, así como la forma en que vayan a depositarse los residuos peligrosos en la celda. En cualquier caso, el volumen del cárcamo no deberá ser inferior a un metro cúbico.

- 6.10.2 El sistema de captación de lixiviados debe contar con dos pozos de monitoreo independientes, uno para captar los lixiviados conducidos por los colectores sobre la membrana y otro para captar los lixiviados que penetren la primera barrera de impermeabilización.
- 6.11 Cada pozo de monitoreo debe estar dotado de un sistema mecánico o eléctrico para la extracción de lixiviados.

## **7 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE VENTEO**

- 7.1 El sistema de venteo se sujetará a los siguientes requisitos:
  - 7.1.1 Debe existir un sistema de venteo por cada 300 m<sup>2</sup> de celda o fracción.
  - 7.1.2 Los conductos de venteo deben tener como mínimo 20 cm. de diámetro
  - 7.1.3 Los subcolectores de captación de gases deben situarse a una altura máxima de 2 metros.
  - 7.1.4 El tubo colector y el primer subcolector deben colocarse a una distancia del fondo de la celda, equivalente al 20% de la altura de la misma.
  - 7.1.5 Cada subcolector debe cubrir un área equivalente a la sexta parte del área total de la celda.
  - 7.1.6 El tubo de venteo debe terminar en cuello de ganso.

## **8 CUBIERTA**

Los suelos contaminados con residuos peligrosos no deberán utilizarse como parte de la cubierta de las celdas, ni en obras exteriores de un confinamiento controlado.

## **9 OPERACION**

- 9.1 En la operación de la celda de confinamiento se observarán además de los requisitos de diseño, los siguientes:
  - 9.1.1 Se operará un frente de trabajo para el depósito de residuos peligrosos envasados y otro diferente para el depósito de los residuos a granel. La confluencia de ambos frentes debe estar claramente delimitada. En su caso, estos frentes deben quedar separados.
  - 9.1.2 Los residuos peligrosos deben descargarse y colocarse en la celda en forma controlada, sin ser golpeados, arrastrados o arrojados.
  - 9.1.3 Los residuos peligrosos envasados deben depositarse por grupos, tomando en cuenta sus características físico - químicas.
  - 9.1.4 No podrán depositarse residuos envasados junto con residuos que hubieran sido depositados a granel, cuando los últimos puedan deteriorar los envases.
  - 9.1.5 No podrán colocarse residuos envasados en recipientes metálicos junto con aquéllos que contengan agua libre en el porcentaje permitido para ser depositados a granel.
  - 9.1.6 Los residuos peligrosos colocados a granel en la celda, deberán compactarse periódicamente para asegurar un 80% de la prueba Proctor y cubrirse con tierra después de cada operación.

- 9.1.7 Debe evitarse la operación de celdas en caso de precipitación pluvial.
- 9.1.8 No deben depositarse residuos peligrosos mientras existan lixiviados en el primer pozo de monitoreo a que se refiere el punto 6.10.2 de esta norma oficial mexicana. Para efectuar el depósito deben extraerse previamente los lixiviados.
- 9.1.9 Cuando existan lixiviados en el segundo pozo de monitoreo que se señala en el punto 6.10.2 de esta norma, debe suspenderse el depósito de residuos peligrosos en la celda y cerrarla.
- 9.1.10 Cuando existan lixiviados en los pozos de monitoreo deberá determinarse su composición y darle el tratamiento en los términos de la norma oficial mexicana aplicable para que sean dispuestos en la misma celda que los generó.
- 9.1.11 Una vez cerrada la celda deberá verificarse la presencia de lixiviados por lo menos cada 30 días.
- 9.1.12 No deberá circular equipo mecánico con peso que exceda de 10 toneladas sobre las celdas de confinamiento controlado que contengan residuos peligrosos envasados.
- 9.1.13 Para contar con un control sobre el llenado de las celdas se utilizará un sistema de coordenadas para su ubicación.

## **10 EQUIPO DE PROTECCION**

- 10.1 Los operarios de las celdas de confinamiento controlado deberán contar con el equipo de protección personal que establezcan las disposiciones aplicables y las normas oficiales mexicanas de seguridad correspondiente.

## NOM-058-ECOL-1993

### 4 DEFINICIONES

- 4.1 *Celda de confinamiento*. El espacio creado artificialmente para la disposición final de residuos peligrosos.
- 4.2 *Celda de tratamiento*. El espacio creado artificialmente para reducir la peligrosidad y volumen de los residuos peligrosos, así como para disminuir el riesgo de fuga de contaminantes.
- 4.3 *Lodo*. La mezcla de líquido y sólido en proporciones normales de 3 a 7 % en peso de sólido y el resto de agua u otro líquido.
- 4.4 *Obras complementarias*. El conjunto de obras de apoyo para llevar a cabo la correcta operación de un confinamiento controlado.
- 4.5 *Zonas restringidas*. Las áreas del confinamiento controlado que requieran de equipo de protección personal, conocimiento de riesgo y entrenamiento específico para permanecer en ellas.

### 5 REGISTROS

- 5.1 Para la operación de un confinamiento controlado, además de cumplir con lo dispuesto en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, su Reglamento en materia de Residuos Peligrosos y las normas oficiales mexicanas aplicables, se deberá:
  - 5.1.1 Llevar una bitácora de recepción foliada para registrar las entradas y salidas de los residuos, así como de los vehículos para su transporte.
  - 5.1.2 Llevar un libro de registro de pesaje y talonario foliados para hacer constar el peso de los residuos a depositar.
  - 5.1.3 Llevar un libro de registro de laboratorio en el que se anoten los resultados del muestreo y el análisis de la verificación de los residuos a depositar.
  - 5.1.4 Tener un plano general que represente e identifique el proceso de asignación de las áreas y celdas del confinamiento.
  - 5.1.5 Llevar un libro de registro de monitoreo foliado para hacer constar los casos de detección de posibles lixiviados, emisiones de gases y vapores generados en el interior de las celdas de confinamiento, así como de la calidad de las aguas subterráneas.

### 6 OPERACIÓN

- 6.1 Para la recepción de residuos en un confinamiento controlado, el transportista presentará al destinatario el manifiesto correspondiente en original y una copia debidamente firmados por el generador y el propio transportista.
  - 6.1.1 El destinatario deberá verificar en relación con el manifiesto presentado por el transportista.
    - 6.1.1.1 Que en el formato autorizado por la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca estén registrados los datos de los rubros indicados en el mismo.
    - 6.1.1.2 Que los residuos especificados en el documento, deben corresponder a los que vayan a ser depositados en el confinamiento controlado de conformidad con la autorización respectiva.
    - 6.1.1.3 Que en forma preliminar, la textura, peso volumétrico, envase, identificación y en general, las especificaciones del residuo correspondan a las señaladas en el manifiesto.
    - 6.1.1.4 Que el residuo por recibir no contenga trazas de material radiactivo.

## 6.2 Pesaje

6.2.1 Una vez realizada la verificación preliminar del volumen de residuos de que se trate. El destinatario procederá al pesaje de los mismos para comprobar que la cantidad en peso corresponda a lo señalado en el manifiesto.

6.2.2 Una vez realizado el pesaje, el destinatario deberá asentar en el libro de registro y en el talonario foliados los datos siguientes:

6.2.2.1 Fecha y hora de recepción.

6.2.2.2 Características del residuo.

6.2.2.3 Número de placas y económico del vehículo de transporte.

6.2.2.4 Procedencia del residuo.

6.2.2.5 Peso bruto, tara y neto en Kg.

6.2.2.6 Número de registro Y firma del transportista.

6.2.3 En el caso de que el volumen de residuos a depositar cumpla con los requisitos de recepción y pesaje a que se refiere el numeral 6.2 de esta norma oficial mexicana, el destinatario procederá a su registro en la bitácora de recepción foliada, asentando los datos siguientes:

6.2.3.1 Fecha y hora de recepción.

6.2.3.2 Nombre del generador,

6.2.3.3 Características del residuo.

6.2.3.4 Procedencia del residuo.

6.2.3.5 Cantidad en peso y volumen.

6.2.3.6 Número de registro y firma del transportista.

6.2.3.7 Observaciones.

6.2.4 En el caso de que el volumen de residuos a depositar no cumpla con alguno de los requisitos a que se refieren los numerales 6.1 y 6.2 de esta norma oficial mexicana, el destinatario deberá dar aviso al generador y notificar a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

## 6.3 Análisis

6.3.1 Verificado el cumplimiento de los requisitos de recepción y pesaje de los residuos, el destinatario procederá al muestreo, análisis y clasificación de los mismos.

6.3.2 Para llevar a cabo el análisis se tomarán muestras representativas de los residuos que permitan verificar las propiedades físicas y químicas de los mismos.

6.3.3 La toma de muestras representativas de los residuos se deberá realizar por el personal técnico del laboratorio en el área de acceso y espera del confinamiento.

6.3.4 El muestreo y manejo de muestras, análisis y clasificación de los residuos debe realizarse por personal técnico con experiencia en el manejo de los mismos conforme a lo establecido en las normas oficiales mexicanas aplicables.

6.3.5 El análisis de las muestras de los residuos según se trate de lodos, sólidos orgánicos e inorgánicos deberá realizarse en el laboratorio del confinamiento controlado, para verificar sus características de acuerdo a la siguiente tabla

**INDICADORES PARA EL ANALISIS DE VERIFICACION DE RESIDUOS  
EN UN CONFINAMIENTO CONTROLADO**

<b>INDICADOR</b>	<b>LODOS</b>	<b>SÓLIDOS ORGÁNICOS</b>	<b>SÓLIDOS INORGÁNICOS</b>
Ph	X		
Gravedad Específica		X	X
Agua (%)	X	X	X
Aceite	X	X	X
Reactividad al agua		X	X
Inflamabilidad	X	X	X

6.3.6 Una vez realizado el muestreo y análisis de verificación de los residuos, el responsable del laboratorio anotará en el libro de registro correspondiente los datos siguientes:

6.3.6.1 Método de muestreo.

6.3.6.2 Técnica de laboratorio utilizada.

6.3.6.3 Resultados del análisis.

6.3.6.4 Fecha.

6.3.6.5 Nombre y firma del técnico analista.

6.3.7 En caso de que en los análisis de verificación de los residuos se detecte alguna diferencia con lo expresado en el manifiesto, el responsable del confinamiento controlado deberá dar aviso al generador y notificar a la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

6.3.8 Con base en los resultados obtenidos del análisis de verificación de los residuos, el responsable del laboratorio procederá a la clasificación de los mismos para determinar de acuerdo a su estado físico, presentación, incompatibilidad y peligrosidad, su tratamiento o disposición final.

**6.4 Tratamiento**

6.4.1 Una vez realizado el análisis de verificación y clasificación de los residuos, el responsable del confinamiento procederá al tratamiento de aquéllos que rebasen las concentraciones máximas permisibles conforme a la norma oficial mexicana aplicable y fijará, estabilizará o reducirá su peligrosidad y riesgo de fuga. El tratamiento se aplicará a los residuos y sus lixiviados.

6.4.2 El tratamiento para los residuos y sus lixiviados se efectuará conforme a lo establecido en las normas oficiales mexicanas aplicables.

**6.5 Asignación del área y celdas de confinamiento.**

6.5.1 Analizados, clasificados y, en su caso, tratados los residuos, el destinatario deberá proceder en forma inmediata a depositarlos en el área y celda.

6.5.2 Para la asignación del área de los residuos, se tomarán en cuenta las características de los mismos, en cuanto a corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad al ambiente, inflamabilidad y biológico infeccioso, así como su incompatibilidad y presentación en envase o a granel.

6.5.3 De acuerdo con las características de los residuos a que se refiere el numeral 6.5.2 se depositarán según sea el caso, en el área y celdas de confinamiento específicamente destinadas para:

6.5.3.1 Residuos con contenido menor al 30 % de humedad.

- 6.5.3.2 Lodos estabilizados orgánicos e inorgánicos.
- 6.5.3.3 Sólidos orgánicos o inorgánicos, envasados o a granel.
- 6.5.3.4 Residuos reactivos.
- 6.5.3.5 Residuos explosivos.
- 6.5.4 Previamente a la descarga de los residuos en el área y celdas asignadas, el responsable del confinamiento deberá verificar:
  - 6.5.4.1 La correcta ubicación del área y celda de confinamiento asignadas.
  - 6.5.4.2 El envasado de los residuos e identificación de los envases y embalajes conforme a las normas oficiales mexicanas aplicables.
  - 6.5.4.3 El uso del equipo de protección por el personal que lleva a cabo la descarga de los residuos y la disponibilidad del equipo de seguridad para la atención a contingencias.
- 6.5.5 La descarga de los residuos sólidos a granel o envasados en la celda de confinamiento asignada se deberá realizar con el equipo correspondiente como son tolvas, ductos, montacargas y tubos.

En el caso de descarga de sólidos a granel, el espesor de los residuos en las celdas de confinamiento estará dado hasta alcanzar una compactación mínima del 80% de la prueba Proctor y cubrirse con tierra después de cada operación.

Si se trata de envases, éstos deben ser empacados perimetralmente con tierra, así como tener una capa horizontal de separación y compactada al 80 % de la prueba Proctor.

## 6.6 Cierre de celda

- 6.6.1 Las celdas de confinamiento cuya capacidad ha sido alcanzada deberán cubrirse y contar en la parte superior con una placa de identificación resistente a la intemperie, en la que se asienten los datos siguientes: clave de la celda, nombre y cantidad de los residuos depositados, nombre de los generadores y fechas de inicio de operación y cierre de la celda.

El área y las celdas de confinamiento deberán estar identificadas en el plano general.

- 6.6.2 Una vez cerrada la celda del confinamiento:

- 6.6.2.1 Se le dotará con una cubierta superficial con pendientes de escurrimientos de aguas para evitar encharcamientos.

- 6.6.2.2 Se tomarán las medidas necesarias para evitar la erosión de los materiales en el terraplén y taludes, para que los residuos no queden al descubierto.

## 7 MONITOREO

- 7.1 Una vez realizada la disposición final de los residuos en las celdas de confinamiento, el responsable deberá llevar a cabo el monitoreo, permanente en los pozos de monitoreo y sistemas de venteo a que se refieren las normas oficiales mexicanas aplicables para la detección de los posibles lixiviados y de las emisiones de gases y vapores generados en el interior de las celdas de confinamiento, así como de la calidad de las aguas subterráneas.

- 7.2 Cuando como consecuencia del monitoreo se detecte la existencia de lixiviados, éstos deberán extraerse de los pozos correspondientes para su análisis, tratamiento y posterior confinamiento, de preferencia en la misma celda donde se produjeron o en otra compatible. El responsable del confinamiento controlado deberá adoptar las medidas de corrección procedentes.

- 7.3 El responsable del confinamiento controlado deberá asentar en el libro de registro de monitoreo foliado, los datos siguientes:

7.3.1 Fecha de muestreo.

7.3.2 Celda identificada.

7.3.3 Características generales de los lixiviados, gases o aguas subterráneas muestreadas.

7.3.4 Resultados de los análisis.

7.3.5 Nombre y firma del responsable.

## **8 OBRAS COMPLEMENTARIAS**

8.1 Las entradas y salidas de los vehículos para el transporte de los residuos, del personal, del equipo, de los materiales y de la maquinaria que se utilicen en la operación del confinamiento controlado, se realizará por un sólo acceso, sin perjuicio del número de salidas de emergencia que se indiquen en el programa de atención a contingencias.

8.2 El responsable del confinamiento controlado deberá:

8.2.1 Vigilar las entradas y salidas de los vehículos que transportan los residuos, del personal, del equipo, de los materiales y de la maquinaria al interior del confinamiento controlado.

8.2.2 Evitar el paso de personas ajenas a las actividades propias del confinamiento controlado, así como de los animales.

8.2.3 Controlar el acceso a las zonas restringidas del confinamiento controlado.

8.3 Los caminos interiores deberán estar disponibles de acuerdo al avance de las actividades en la operación de las áreas y celdas del confinamiento controlado, conservarse libres de obstrucciones, limpios y en buen estado, con los señalamientos correspondientes.

8.4 La velocidad de circulación de vehículos al interior del confinamiento controlado, no deberá ser mayor del 50% de la velocidad de diseño que establece la norma oficial mexicana aplicable.

8.5 En el caso de que un volumen de residuos no pueda confinarse de inmediato por lluvia, celda no disponible, necesidad de tratamiento, residuos fuera de especificaciones, éste deberá ser enviado al área de almacenamiento temporal, en donde no podrá permanecer por un período mayor de 90 días.

8.6 En el área de almacenamiento temporal no deberán depositarse residuos a granel.

8.7 Los drenajes exteriores e interiores deberán mantenerse limpios y en buen estado, de manera que se asegure su correcto funcionamiento.

8.7.1 El drenaje exterior se destinará para captar y conducir aguas pluviales.

8.7.2 El drenaje interior se destinará para captar y conducir separadamente las aguas residuales de las zonas restringidas del confinamiento controlado y las procedentes de las oficinas administrativas y áreas de servicio para los trabajadores.

8.8 Las aguas residuales del confinamiento controlado deberán ser sometidas a tratamientos físicos, químicos o biológicos, según el grado y tipo de contaminación que presenten, las cuales únicamente podrán ser descargadas en el cuerpo receptor cuando cumplan las disposiciones legales que resulten aplicables.

8.9 El área de amortiguamiento deberá destinarse a usos pasivos, como áreas verdes. No está permitido en esta área el estacionamiento de vehículos, descarga de residuos, instalaciones del confinamiento controlado o actividades recreativas.

8.10 El área de limpieza estará destinada para descontaminar al término de la jornada, maquinaria, equipos y vehículos en contacto con los residuos.

- 8.11 Los materiales y equipos en desuso que hayan estado en contacto con los residuos deberán ser depositados en celdas compatibles dentro del mismo confinamiento controlado.
- 8.12 Los señalamientos se instalarán en cantidad suficiente y de manera que permitan la correcta operación del confinamiento controlado.
- 8.13 Los señalamientos que indiquen la ubicación de los equipos e implementos de seguridad para la atención a contingencias, deberán ser colocados en sitios visibles.
- 8.14 La iluminación permanecerá encendida durante la noche y cuando las condiciones meteorológicas así lo requieran, para una mejor vigilancia.
- 8.15 El área de emergencia se utilizará para recibir en el confinamiento controlado residuos en forma temporal y extraordinaria que provenían de alguna contingencia. En estos casos, el responsable del mismo deberá dar aviso en forma inmediata a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca y proceder a su almacenamiento temporal en esa área por un período no mayor de tres meses, en tanto se determina el sistema de disposición final procedente.
- 8.16 En el confinamiento controlado se deberá contar con un programa de atención a contingencias desarrollado específicamente para casos de accidentes que pudieran ocurrir en las instalaciones y al realizar cualquiera de las actividades propias de la operación conforme a lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en materia de Residuos Peligrosos.

## NOM-055-ECOL-1993

### 4 DEFINICIONES

- 4.1 *Clima*. El conjunto de condiciones atmosféricas de un lugar determinado, constituido por factores físicos y geográficos.
- 4.2 *Geohidrología*. El estudio del comportamiento de las aguas subterráneas bajo el contexto del marco geológico que las contiene, en la cercanía del sitio destinado al confinamiento.
- 4.3 *Hidrología superficial*. El estudio del comportamiento de las aguas superficiales de la cuenca hidrográfica donde se ubique el sitio destinado al confinamiento.
- 4.4 *Sismicidad*. El grado de frecuencia y de intensidad de los fenómenos sísmicos que pueden tener lugar en el sitio destinado al confinamiento.
- 4.5 *Topografía*. Las características de configuración de la superficie que presenta el área del sitio destinado a confinamiento.

### 5 ESPECIFICACIONES

- 5.1 Los requisitos que debe reunir el sitio destinado al confinamiento controlado de residuos peligrosos son los siguientes:

- 5.1.1 Geohidrológicos.

- 5.1.1.1 Ubicarse preferentemente en una zona que no tenga conexión con acuíferos.

- 5.1.1.2 De no cumplirse la condición anterior, el acuífero subyacente debe estar a una profundidad mínima de 200 m.

- 5.1.1.3 En caso de no cumplirse las condiciones anteriores, el acuífero subyacente debe ser un acuífero confinado y las características del material ubicado entre éste y la superficie, deben ser tales que cualquier elemento contaminante quede retenido en él antes de llegar al acuífero.

El tiempo de flujo de la superficie al manto freático debe ser mayor de 300 años.

- 5.1.2 Hidrología superficial.

- 5.1.2.1 Ubicarse fuera de llanuras de inundación con un período de retorno de 10,000 años delimitado con un ajuste tipo Gumbell (Springall, 1980).

- 5.1.2.2 Estar alejado en desnivel 20 metros a partir del fondo del cauce de corrientes con un escurrimiento medio anual mayor de 100 metros cúbicos.

- 5.1.2.3 Estar alejado longitudinalmente 500 metros a partir del centro del cauce de cualquier corriente superficial, ya sea permanente o intermitente, sin importar su magnitud.

La cuenca de aportación hasta el sitio debe ser en lo posible, pequeña y cerrada.

- 5.1.2.4 De no cumplirse la condición anterior, debe ubicarse dentro de la cuenca hidrológica aguas debajo de asentamientos humanos mayores de 10,000 habitantes y de zonas con una densidad industrial mayor de 50 industrias.

- 5.1.3 Ecológicos.

- 5.1.3.1 Ubicarse fuera de las zonas que comprende el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas y de las zonas del patrimonio cultural.

5.1.3.2 Ubicarse en áreas en donde no represente un peligro para las especies protegidas o en peligro de extinción, o en aquellas en las que el impacto ambiental sea mínimo para los recursos naturales.

5.1.4 Climáticos.

5.1.4.1 Ubicarse en zonas donde se evite que los vientos dominantes transporten las posibles emanaciones a los centros de población y sus asentamientos humanos.

5.1.4.2 La porción de la lluvia promedio diaria susceptible de infiltrarse, calculada a partir del coeficiente de escurrimiento promedio diario, debe ser menor que la capacidad de campo del terreno.

5.1.4.3 Evitar regiones con intensidad de precipitación media anual mayor de 2,000 milímetros.

5.1.4.4 La evaporación promedio mensual, debe ser al menos el doble de la lluvia promedio mensual.

5.1.5 Crecimiento de centros de población.

5.1.5.1 La distancia del límite del centro de población debe ser como mínimo de 25 kilómetros para poblaciones mayores de 10,000 habitantes con proyección al año 2010.

5.1.5.2 La distancia del límite del centro de población debe ser como mínimo de 15 kilómetros para poblaciones entre 5,000 y 10,000 habitantes con proyección al año 2010.

5.1.6 Sísmicos.

5.1.6.1 Ubicarse preferentemente en zona asísmica.

5.1.6.2 De no cumplirse la condición anterior, el riesgo sísmico debe ser mínimo por lo que no deben haberse registrado más de cuatro sismos de magnitud mayores de 7 grados en la escala de Richter en los últimos 100 años.

5.1.7 Topográficos.

5.1.7.1 La pendiente media del terreno natural del sitio de confinamiento no debe ser menor de 5 por ciento, ni mayor de 30 por ciento.

5.1.8 Acceso.

El camino de acceso que une al sitio con las vías principales de comunicación debe ser transitable en todo tiempo y estar en buenas condiciones de seguridad. El sitio debe localizarse a no menos de 500 metros de vías de comunicación federal o estatal.