



84
29

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**INTRODUCCION A LOS RESIDUOS INDUSTRIALES
Y SU DISPOSICION FINAL.**

**TRABAJO MONOGRAFICO DE ACTUALIZACION
MANCOMUNADO**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A N
OLIVIA REYES REYES
MARCO ANTONIO LOPEZ RINCON

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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 está 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.

INDICE.

1. INTRODUCCION	6
2. CAPITULO I.	
"INTRODUCCION A LOS RESIDUOS INDUSTRIALES, DEFINICION Y PROBLEMÁTICA".....	8
2.1 Situación actual en el País.....	11
2.2 Definición de Residuos.....	13
2.3 Los Residuos Industriales.....	17
2.4 Los Residuos Industriales Peligrosos.....	17
2.5 Fuentes generadoras de Residuos Indus- triales Peligrosos.....	20
2.6 Generación de los Residuos Indus- triales en México.....	26
2.7 Alternativas de solución.....	31
3. CAPITULO II.	
"ASPECTOS LEGALES REFERENTES A POLÍTICA AMBIENTAL Y EN ESPECIAL A RESIDUOS IN- DUSTRIALES PELIGROSOS.".....	37
3.1 Legislación Ambiental.....	39
3.2 Cronología	39
3.3 La Declaración de Estocolmo.....	40
3.4 La Legislación ambiental en México.....	42

4. CAPITULO III.

"MANEJO Y DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS INDUSTRIALES PELIGROSOS".....48

4.1 Definiciones..... 48

4.2 Introducción a las tecnologías de Tratamiento de los Residuos Industriales Peligrosos.....52

4.3 Tratamiento Físico.....54

4.4 Tratamiento Químico.....60

4.5 Tratamiento Biológico.....63

4.6 Tratamiento Térmico.....66

5. CAPITULO IV.

"TECNOLOGIAS DE DISPOSICION FINAL".....70

"INYECCION EN POZOS PROFUNDOS"

5.1 Definición.....71

5.2 Inyección en Pozos Profundos. Descripción.....71

5.3 Tipo de residuos que se pueden disponer mediante esta tecnología.....71

5.4 Perforación y terminado.....73

5.5 Monitoreo.....75

5.6 Costos.....75

5.7 Implicaciones.....76

5.8 Recomendaciones.....77

6. CAPITULO V.	
"TRATAMIENTO AGROQUIMICO. (LANDFARMING)"	
6.1 Descripción.....	79
6.2 Residuos que se pueden disponer ma- diante esta tecnología.....	82
6.3 Evaluación preliminar del sitio.....	82
6.4 Caracterización de suelos.....	83
6.5 Caracterización de los residuos.....	85
6.6 Comportamiento de los residuos en el suelo.....	86
6.7 Interacción residuo-suelo.....	86
6.8 Plan de operación.....	86
6.9 Plan de monitoreo.....	88
6.10 Plan de emergencia.....	89
7. CAPITULO VI. "CONFINAMIENTO CONTROLADO".....	90
7.1 Definición.....	92
7.2 Descripción.....	93
7.3 Selección del sitio para la cons- trucción de un Confinamiento con- trolado.....	103
7.4 Obras complementarias.....	107
7.5 Sistema de Monitoreo.....	110
7.6 Plan de Emergencia.....	115
8. RESUMEN.....	116
9. CONCLUSIONES.....	121
10. INDICE DE FIGURAS.....	122
11. INDICE DE TABLAS.....	123
12. BIBLIOGRAFIA.....	124

INTRODUCCION.

El desarrollo de la industria ha generado, paralelamente a los beneficios que ésta proporciona, problemas de contaminación por efecto de los residuos procedentes de los procesos industriales sobre el Medio Ambiente. Dicha contaminación es debida a emisiones hacia la atmósfera, a las descargas de agua residual en cuerpos receptores de agua ó por la generación de residuos industriales. La descripción y el análisis de la problemática de cada uno de éstos tres aspectos requiere de un estudio individual. Los dos primeros aspectos, son mejor conocidos o estudiados que el último, es por ello que se presenta este trabajo, con la finalidad de ofrecer un marco introductorio hacia el tema de los Residuos Industriales y en especial a los peligrosos.

El manejo inadecuado de los Residuos Industriales ha provocado el deterioro de los ecosistemas y ha afectado a la salud humana. Es por ello que se requiere tomar las medidas y acciones necesarias para enfrentar esta problemática.

A nivel mundial, han sido diversas las consecuencias que se han manifestado debido al manejo inadecuado de los Residuos Industriales; una de ellas es la de "Love Canal" (60) un lugar situado en las cercanías de las cataratas del Niágara, en el estado de Nueva York en los Estados Unidos de Norteamérica. Este sitio se utilizó a principios de los 70's como tiradero de sustancias residuales químicas, es decir, éstas simplemente se enterraban sin mayor control. Posteriormente el sitio fue urbanizado y entonces con el transcurso del tiempo, la formación

de lixiviados -entre otras causas- comenzaron a provocar contaminación de las aguas superficiales y del manto freático y por supuesto, daño a la salud de los habitantes de esa zona.

México no ha escapado de las consecuencias del mal manejo de los Residuos Industriales. El caso que más ha llamado la atención es el ocurrido en la zona de Cuautitlán, (I) en donde existía una fábrica que elaboraba cromatos como producto principal; el sitio en el cual depositaban los residuos provenientes del proceso, carecía de las normas técnicas y de seguridad adecuadas. La empresa fué clausurada, el paso del tiempo y las condiciones climatológicas incorporaron al Medio Ambiente aquéllos residuos provocando daño a los pobladores de la zona, a los animales y al agua.

Es así, que la atención que se brinde hacia la resolución y prevención de los problemas relacionados a los Residuos Industriales actualmente debe ser prioritaria; es por ello que el presente trabajo pretende ofrecer un documento de introducción hacia el manejo de los Residuos Industriales principalmente a los Peligrosos, desde un punto de vista global. Al ser un tema tan amplio, se permitirá que en trabajos futuros se profundice tanto como se desee cada uno de los aspectos al respecto. Asimismo, se incluyen aspectos sobre la legislación vigente en nuestro País sobre la materia y se ofrece un panorama general de los Métodos de Disposición que existen para los Residuos Industriales Peligrosos.

(I). Conferencia sobre Residuos Industriales Peligrosos del Caribe. México, D.F. (1982).

CAPITULO I.

"INTRODUCCION A LOS RESIDUOS INDUSTRIALES, DEFINICION Y PROBLEMÁTICA".

El manejo de los desechos es un problema asociado con todos los pueblos, desde las primeras civilizaciones. Cuando la Tierra estaba poco poblada y el terreno libre era abundante, la gente depositaba sus desechos en cualquier área deshabitada. Sin embargo, cuando se comenzaron a formar comunidades, fueron necesarios lugares de depósito definidos. Estos sitios se localizaban generalmente en lugares aislados fuera de la comunidad.

Dentro de las primeras manifestaciones de tratamiento de los desechos, los pueblos en un principio acostumbraban inhumarlos sin ningún proceso especial previo y solamente cubrían con capas de tierra los pozos que destinaban a este servicio.

Más tarde y a medida que los espacios disponibles para el depósito de desechos sólidos se redujeron, se comenzó a idear algún método para disminuir el volumen de los desperdicios y aumentar el tiempo de vida de los depósitos. Fué así como en 1874, se construyó en Inglaterra el primer incinerador destinado a la quema de basura. Una epidemia de cólera en 1892, propició la construcción de la primera planta europea de incineración, en Hamburgo, Alemania en 1893. Esta planta operó hasta 1924, mientras tanto, otros dos incineradores fueron contruidos en esa ciudad en 1912 y 1913. En contraste, por el

año de 1914, Inlaterra ya contaba con varias plantas de incineración. Con la Revolución Industrial, que se inicia en el siglo XIX en ese país, comienza la utilización de máquinas accionadas por energía producida a partir de combustibles. Las emisiones de la combustión de dichos materiales comenzaron progresivamente a ejercer sus efectos sobre la biósfera (63).

Aquél fué el inicio, después, la investigación y desarrollo de nuevos procesos industriales cimentaron lo que es actualmente la Industria Moderna.

Sin embargo, las investigaciones estaban fundamentalmente orientadas hacia los procesos de producción sin considerar el control de las emisiones hacia la atmósfera, de las descargas de aguas residuales ó de los residuos industriales generados durante tales procesos.

Recientemente, -en la década de los años 70's-, pocas industrias estaban preocupadas por la generación y disposición de sus residuos, sin importar las características de éstos, es decir, si contenían materiales peligrosos o no. Actualmente, la situación es diferente. La importancia que ha tomado en el mundo el control, la reducción en la generación ó el reciclaje de los residuos industriales así como el tratamiento que se les puede proporcionar para evitar en la medida posible el deterioro de los ecosistemas, se ha visto incrementado. La legislación es la principal razón detrás del incremento del interés en desarrollar y aplicar tecnologías para el

tratamiento y disposición final de los residuos; pero también la responsabilidad del industrial, sumada a un mayor conocimiento técnico de los residuos industriales y su interacción con el medio ambiente, son también razones importantes. Asimismo, las consideraciones técnicas, sociales y económicas, son factores determinantes. Así pues, los procesos de producción industriales en los que se generan invariablemente residuos, deben de estar íntimamente ligados con los sistemas adecuados para su Tratamiento y Disposición final.

SITUACION ACTUAL EN EL PAIS.

El desarrollo industrial de México, a partir de la década de los 40's, ha experimentado un impulso notable, debido principalmente a las políticas de sustitución de importaciones y apoyo a la creación de nuevas industrias en todos los ramos. Este desarrollo, si bien ha traído innegables beneficios al País, en muchos casos se ha realizado en forma no planeada y sin tomar en cuenta su repercusión en el entorno natural. En este aspecto se ha descuidado, en muchos casos con serias consecuencias, la calidad del Medio Ambiente por la falta de control a que deben estar sujetos toda clase de residuos que se generan en los diversos procesos utilizados en la industria.

El factor de mayor relevancia dentro del problema, lo constituye la falta de control en cuanto al manejo que involucra entre otras actividades el tratamiento y disposición final de los residuos, cuyas características pueden variar desde los no peligrosos, hasta los peligrosos teniendo como consecuencia, que se incorporen al Medio Ambiente en forma indiscriminada.

La contaminación provocada por los residuos industriales, es un problema no solo en nuestro país sino a nivel mundial. La creciente tendencia de exportación de residuos de los países con gran desarrollo industrial hacia países en vías de desarrollo como el nuestro, y la demora de la instalación de un sistema adecuado para el manejo de los residuos principalmente peligrosos en éstos países, ya están ocasionando serios problemas

de contaminación ambiental, que no se detectan debido a la falta de vigilancia en esta materia.

También es cierto, el hecho de que los sistemas de manejo de Residuos Peligrosos elaborados en los países industrializados, no son siempre aplicables en los países en vías de desarrollo por su gran complejidad, lo cual exige que se obtenga la mayor información posible, así como la realización de pruebas de laboratorio, para adoptar y desarrollar aquél Sistema de Manejo, que sea el más conveniente para nuestras necesidades.

El presente trabajo, tiene como finalidad principal, presentar de una forma general, la problemática que representan los Residuos Industriales y en especial los Peligrosos, pues son esta clase de residuos, los que requieren atención prioritaria por el daño potencial, que pueden ocasionar en la calidad del aire, agua y suelo.

Para abordar el tema, se define primeramente qué son los residuos, quiénes los generan, por qué son peligrosos, etc. Asimismo, se presentan alternativas de solución, entre ellas, lo que se denomina "Manejo integral de residuos", es decir, la forma en que éstos se deben manipular, desde que se generan hasta el tratamiento y disposición final que de acuerdo con sus características se les deba aplicar.

DEFINICION DE RESIDUOS.

Se los denomina residuos, a todos aquéllos materiales que por alguna razón, son desechados en los diferentes procesos industriales, actividades domésticas, actividades laborales, etc.

Es así que existe una gran diversidad de tipos de residuos, que se pueden clasificar principalmente en tres grandes grupos, de acuerdo con las fuentes en donde se generan (63):

1. Residuos Municipales
2. Residuos Industriales
3. Residuos Especiales.

RESIDUOS MUNICIPALES

Son aquéllos residuos generados en las diferentes actividades cotidianas de las comunidades y que comprenden casas-habitación, escuelas, comercios, mercados, oficinas, etc.

Tales residuos, están integrados básicamente por desechos alimenticios, desechos combustibles como papel, plásticos, textiles, hules, piel, madera, muebles, podas de jardín, desechos no combustibles como el vidrio y metales, y desechos de construcción y demolición.

La composición de los desechos municipales, varía de una comunidad a otra, sin embargo, puede considerarse como típica la siguiente:

COMPOSICION TIPICA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

COMPONENTE	% PESO
Desechos Alimenticios	35.64
Otros (madera, polvo, ceniza, hule, piel, etc.)	23.77
Cartón	7.92
Papel	7.92
Vidrio	6.93
Plásticos	4.95
Jardinería	4.95
Pañal desechable	2.97
Latas	1.98
Metales ferrosos	1.98
Metales no ferrosos	0.99

RESIDUOS INDUSTRIALES

Son los residuos aislados, mezclados, sólidos, líquidos o semisólidos (lodos), que son generados como subproductos de un proceso, así como los residuos resultantes de la realización de operaciones unitarias o de la limpieza de maquinarias e instalaciones (47). En algunos casos, también se consideran residuos industriales, las materias primas que caducan o se deterioran durante su almacenamiento.

La producción de estos residuos varía de una industria a otra y es muy difícil predecir ó cuantificar la cantidad real de los mismos. Existe una gran diferencia en la composición de los residuos ya que son característica de un tipo de industria en particular.

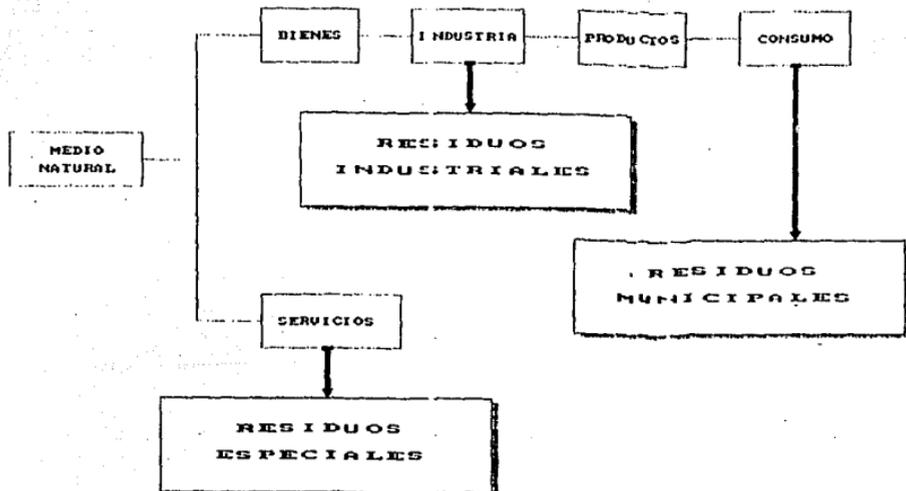
RESIDUOS ESPECIALES

En éste grupo, se incluyen los desechos de hospitales, laboratorios clínicos, etc, es decir los residuos patológicos ó también llamados hospitalarios.

Asimismo se incluye a los residuos radiactivos y a aquéllos residuos que por sus características se ubican fuera de los dos tipos expuestos anteriormente: Industriales o Municipales.

Cada uno de los tipos de residuos mencionados, requieren de un estudio individual; sin embargo, os motivo de este trabajo, el referirnos únicamente a los Residuos Industriales.

FIGURA No. 1
GENERACION DE LOS DIFERENTES
TIPOS DE RESIDUOS.



LOS RESIDUOS INDUSTRIALES.

Como ya se ha definido anteriormente, los Residuos Industriales, son aquéllos desechos que se generan en los diferentes procesos de la actividad industrial. Este tipo de residuos, se clasifica a su vez en Residuos No Peligrosos y en Residuos Peligrosos. Son éstos últimos, los que requieren de atención prioritaria, ya que por la carencia ó inadecuado manejo de éstos, se ha alterado la Calidad del Medio Ambiente, en especial agua y suelo y por supuesto ponen en peligro a la salud humana.

RESIDUOS INDUSTRIALES PELIGROSOS.

Se le denomina (6A), Residuo Industrial Peligroso (R.I.P.) a aquél que presenta una ó más de las siguientes características:

- Corrosividad
- Reactividad
- Explosividad
- Toxicidad
- Inflamabilidad

De acuerdo con la caracterización anterior un residuo es:

-CORROSIVO, cuando en solución acuosa presenta un pH menor ó igual a 2 ó mayor ó igual a 12.5; ó bien en estado líquido es capaz de corroer el acero al carbon (SAE 1020) a una velocidad de 6.35 milímetros por año, a una temperatura de 55 grados centígrados.

-REACTIVO, cuando en condiciones de golpe, presión, temperatura ó espontáneamente se descompone, combina ó polimeriza; si es normalmente inestable y se combina ó transforma violentamente sin detonación; si reacciona con el agua y forma mezclas potencialmente explosivas ó genera gases, vapores ó humo.

-EXPLOSIVO, si es más sensible a golpes ó fricción que el dinitrobenceno; si es capaz de producir una reacción ó descomposición detonante ó explosiva a una atmósfera de presión y a 25 grados centígrados.

-TOXICO, si se encuentra presente alguno de los elementos ó compuestos que se enlistan en la Tabla (1), en concentración mayor ó igual a la permitida.

-INFLAMABLE, si en solución acuosa contiene más de 24% de alcohol en volumen; cuando es líquido y tiene un punto de inflamación inferior a 60 grados centígrados; no es líquido pero es capaz de causar fuego por fricción, absorción de humedad o cambios químicos espontáneos; cuando se trata de gases comprimidos inflamables o agentes oxidantes.

FUENTES GENERADORAS DE RESIDUOS INDUSTRIALES PELIGROSOS.

Los residuos son generados por casi todas las ramas de la industria moderna que requieren de un tratamiento especial.

Las industrias con un alto potencial de generación de residuos peligrosos son principalmente las siguientes:

- Química orgánica
- Química inorgánica
- Refinación del petróleo
- Industria del hierro y del acero
- Industria de los metales no ferrosos
- Curtiduría
- Pintura y recubrimientos
- Galvanoplastia y acabados metálicos.

En general, el sistema de producción industrial genera productos terminados, productos secundarios y residuos. Es así, que se generan residuos peligrosos debido a la utilización de materiales químicos peligrosos; por ejemplo, la industria de los acabados metálicos utiliza un amplio intervalo de agentes químicos que pueden subsecuentemente adoptar la forma de los residuos líquidos, semisólidos o sólidos.

La tabla (2) , proporciona una lista de las principales industrias en cuyos procesos se generan residuos peligrosos.

En general, los residuos peligrosos son aquéllos, cuyas características físicas, químicas ó biológicas causan daño a la salud ó al medio ambiente, y por tanto requieren de un manejo integral adecuado.

TABLA 2
RESIDUOS INDUSTRIALES PELIGROSOS
GENERADOS POR LOS DIFERENTES TIPOS DE INDUSTRIAS

QUIMICA ORGANICA		
PROCESO O PRODUCTO	CORRIENTE RESIDUAL	CONSTITUYENTE PELIGROSO
ANTIBIOTICOS	Solventes no Halogenados	BUTANOL, ACETATO DE BUTILO ACETONA, ETILACETILOL
MEDICAMENTOS	Solventes Halogenados Solventes no Halogenados Metales Pesados	DICLORURO DE ETILENO ACETONA, TOLUENO, XILENO, METANOL, ACETONITRILLO ZINC, ARSENICO, CROMO, COBRE, MERCURIO
PESTICIDAS		CLORDANO
ACRILONITRILLO		CIANURO, ACRILONITRILLO
QUIMICA INORGANICA		
PROCESO O PRODUCTO	CORRIENTE RESIDUAL	CONSTITUYENTE PELIGROSO
OBTENCION DE FIBRITOS DE OXIDO DE ANTIMONIO	Lodos provenientes del proceso de purificacion del producto y lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales como filtracion	ARSENICO, ANTIMONIO
DICROMATO DE SODIO Y DE POTASIO	Lodos resultantes de la precipitacion, filtracion centrifugacion	CROMATOS
ACIDO FLUORHIDRICO	Lodos resultantes de los reactores	FLUORURO DE CALCIO
ANHIDRIDO ARSENIOSOS		ARSENICO III
REFINACION DEL PETROLEO		
PROCESO O PRODUCTO	CORRIENTE RESIDUAL	CONSTITUYENTE PELIGROSO
REFINACION DEL PETROLEO	Lodos provenientes de los separadores MFI fondos de los tanques de crudo Lodos remanentes de las torres de enfriamiento	FENOLES, METALES PESADOS, ACEITE FENOLES, ACEITE, BENZONA, BIFENILOS FENOLES, METALES PESADOS, ACEITES

Ver referencia No. 38

TABLA 2... (continuación)

RESIDUOS INDUSTRIALES PELIGROSOS GENERADOS POR LOS DIFERENTES TIPOS DE INDUSTRIAS		
DEL HIERRO Y DEL ACERO		
PROCESO O PRODUCTO	CORRIENTE RESIDUAL	CONSTITUYENTE PELIGROSO
COQUE	Residuos de licor de amoniaco	FENOL. CIANURO
HORNOS ELECTRICOS	Emisiones de polvos	PLOMO Y OTROS METALES PESADOS
FUNDIDO, BOLIDO, GALVANIZADO	Lodos	ACEITE GRASA ALUMINOS METALES PESADOS
FUNDICION DE ACERO	Polvos, lodos, escorias	ZINC, MAGNESIO, CROMO, NIOBEL, PLOMO
DE LOS METALES NO FERROSOS		
PROCESO O PRODUCTO	CORRIENTE RESIDUAL	CONSTITUYENTE PELIGROSO
FUNDICION DE COBRE	Suspensiones miscelaneas, polvos, lodos, escorias	COBRE, PLOMO, ZINC, ANTIMONIO
PLOMO	Suspensiones acidas	METALES PESADOS, ACIDOS
ESTANO PRIMARIO	Escorias	ESTANO, PLOMO, ARSENICO
COBRE OBTENIDO POR REFINACION ELECTROLITICA	Lodos	NIOBEL, ZINC, COBRE, CROMO, CADMIO
DE LA GALVANOPLASTIA Y EL ACABADO METALICO		
PROCESO O PRODUCTO	CORRIENTE RESIDUAL	CONSTITUYENTE PELIGROSO
LIMPIEZA POR TRATAMIENTO ACIDO	Lodos residuales	METALES PESADOS
LIMPIEZA ALCALINA	Lodos residuales	METALES PESADOS
CROMADO FOSFATADO	Lodos residuales	METALES PESADOS
ELECTRODEPOSICION: NIOBEL, CROMO, COBRE	Residuos miscelaneos, por ej. de anodos	METALES PESADOS, ACEITE Y GRASA, CIANURO Y SOCRUMENTES
ACABADOS	Polvo metalico y solventes de limpieza y desengrasado	ACEITE Y GRASA, METALES PESADOS

ver referencia No. 39

TABLA 2... (continuación)
RESIDUOS INDUSTRIALES PELIGROSOS
GENERADOS POR LOS DIFERENTES TIPOS DE INDUSTRIAS

DE LA CURTIDURIA		
PROCESO O PRODUCTO	CORRIENTE RESIDUAL	CONSTITUYENTE PELIGROSO
TENERIAS QUE UTILIZAN SODIO EN SUS PROCESOS	Lodos residuales	CROMO, PLOMO, COBRE
CURTIDO DE PIELES	Lodos residuales	CROMO
ACABADOS DE PIELES	Residuales finales	SOLVENTES, CROMO, SNC, PLOMO
DE LA PINTURA Y LOS RECUBRIMIENTOS		
PROCESO O PRODUCTO	CORRIENTE RESIDUAL	CONSTITUYENTE PELIGROSO
PINTURAS DE ACEITE	Lodos residuales	SOLVENTES Y PIGMENTOS TOXICOS
	Filtros del control de emisiones	PIGMENTOS TOXICOS, CROMO, COBRE
PINTURAS VINILICAS	Lotes en mal estado	QUIMICOS TOXICOS, MATERIALES INFLAMMABLES
	Lodos residuales	QUIMICOS TOXICOS
RECUBRIMIENTOS	Lotes en mal estado	QUIMICOS TOXICOS
	Lodos residuales	SOLVENTES, QUIMICOS TOXICOS
	Lotes en mal estado	SOLVENTES, QUIMICOS TOXICOS

Ver referencia No.38

Los residuos peligrosos pueden presentar periodos de peligro corto ó largo.

Los residuos llamados de periodo corto son los que producen toxicidad por ingestión, inhalación ó por absorción a través de la piel; corrosividad al contacto de la piel ó de los ojos; ó el riesgo de inflamarse ó explotar.

Los residuos de periodo largo, incluyen la toxicidad crónica ante la exposición continua; i. e. cancerígenos; los resistentes a los procesos de desintoxicación, tales como la biodegradación y que contaminan la tierra ó las aguas superficiales.

Muchos residuos que no ofrecen un peligro agudo grave, pueden causar un daño severo a largo plazo debido a sus propiedades físicas y químicas. Por ejemplo, los solventes de hidrocarburos halogenados tienen un bajo peligro a corto plazo, pues no son inflamables y son de baja toxicidad. Sin embargo, pueden causar problemas en los sitios de disposición debido a su baja capacidad de biodegradarse produciendo el riesgo de contaminar las aguas superficiales y subterráneas.

El periodo de peligro de un residuo, dependerá de la ruta de disposición que se elija, ya que un residuo conteniendo un contaminante tóxico puede ser peligroso solo si existe una ruta de exposición por la cual dicho contaminante pueda entrar en contacto con el ambiente. Los residuos peligrosos han sido y son manejados por diferentes métodos, muchos de los cuales no siempre son los más adecuados. Algunas

de las practicas mal planeadas ó insatisfactorias que han sido empleadas incluyen:

-Disposición "in situ". Se refiere a lo que se denomina comunmente "Tiradero sin control ó a cielo abierto"; esta actividad frecuentemente provoca problemas de contaminación de aguas superficiales ó subterráneas debido a los lixiviados que se pueden formar y que contienen sustancias peligrosas. En estos sitios se depositan líquidos en contenedores que son enterrados ó abandonados en la superficie al igual que sólidos y lodos que son depositados en contenedores ó a granel.

-Disposición de lodos en sitios en los cuales, los lixiviados que puedan producirse contaminan las aguas subterráneas.

-Intineración sin ningún control de emisión de gases tóxicos ó corrosivos hacia la atmósfera.

-Descarga a ríos ó alcantarillados sin ningún conocimiento del daño potencial que se causa hacia el medio ambiente.

Las sustancias que comunmente se arrojan a los sitios mencionados, en lo que se refiere a sustancias orgánicas, son los solventes aromáticos ó alifáticos y los derivados halogenados. En cuanto a sustancias inorgánicas, se encuentran compuestos que contienen metales pesados, cianuros, nitratos, sales de amonio, ácidos y bases.

GENERACION DE RESIDUOS INDUSTRIALES PELIGROSOS EN MEXICO.

Cuantificar y caracterizar a los Residuos Industriales que se generan en el País, no es una tarea fácil, pues existen muy diversas ramas industriales que generan una gran variedad de residuos.

Sin embargo, es necesario cuantificar la cantidad de tales residuos, para conocer las dimensiones de la problemática que se presenta en torno a éstos y entonces proporcionar la ó las soluciones más adecuadas.

Se ha determinado que en nuestro País, la Industria Minera es la principal generadora de residuos industriales, seguida por la Industria de los Metales No Ferrosos, la Química Orgánica, la Química Inorgánica, la Refinación del Petróleo y Petroquímica, la de Recubrimientos Metálicos así como la Industria de los Plaguicidas.
(II)

El problema principal que se presenta en la actividad minera, se debe a los grandes volúmenes de residuos que en esta se generan. Durante los procesos de concentración y lixiviación se producen residuales que contienen sustancias diversas como metales pesados, ácidos, etc., además el manejo de los jales producidos es inadecuado.

En los procesos de fundición de metales no ferrosos, se

(II). Curso "Legislación Ambiental en México", UNAM (1988).

genera una cantidad considerable de residuos industriales peligrosos, pues en éstos se involucran altos contenidos de metales pesados como plomo, zinc, selenio, etc.

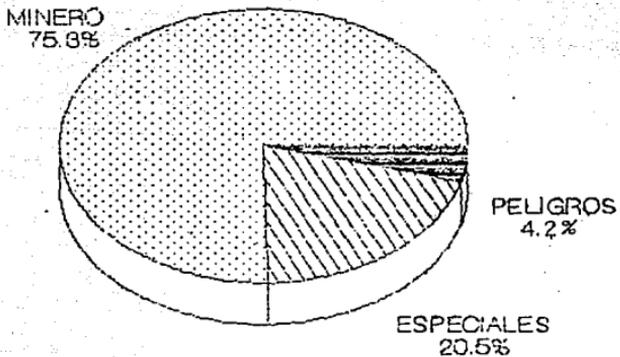
Dentro de la Industria de la Química Orgánica e Inorgánica, se generan residuos tan variados que contienen entre otros, compuestos organoclorados, sulfurados, nitrados, ácidos y bases, cianuros, aminas, etc.

La Industria Petrolera genera aceites, catalizadores agotados, bases, ácidos, etc.; mientras que en la Petroquímica se generan residuos como coque, sulfatos de amonio, hidrocarburos clorados, así como lodos conteniendo hidrocarburos provenientes de la limpieza de tanques, de los sistemas de tratamiento de efluentes, etc.

En lo que respecta a la Industria de los Plaguicidas, se reporta que en esta, se formulan entre 25 y 30 productos de grado técnico, produciendo alrededor de 200 mil toneladas entre líquidos, polvos y granulados; se estima que la generación de residuos se encuentra entre el 5 y 10% de la producción total.

En nuestro País, se han hecho estimaciones de la cantidad de Residuos Industriales que se generan, se sabe, que el estudio más actual corresponde al año de 1988 (47), sin embargo los datos aún no están disponibles, por ello los que aquí reportamos son del año de 1986, los cuales indican que en México, se generaron en ese año 73 millones de toneladas de Residuos Industriales, de los cuales 3 millones de toneladas corresponden a Residuos Industriales Peligrosos; 15 millones de toneladas son Residuos Especiales y 55 millones de toneladas son Residuos provenientes de la extracción de minerales (fig. no. 2).

FIGURA No. 2
DISTRIBUCION DE LOS TIPOS DE RESIDUOS
INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PAIS



TOTAL - 73 MILLONES DE TON / AÑO

Una forma indirecta de determinar cuál es la generación de Residuos Industriales, es conociendo la producción de las diferentes industrias. La fig. no. (3) señala las zonas del País en donde se concentra el mayor número de industrias, lo cual proporciona un panorama general de los sitios en donde se producen mayor cantidad de residuos industriales.

FIGURA No. 3

Zonas de la República Mexicana en las cuales se concentra principalmente la industria.



- I ZONA CENTRO
- II ZONA SURESTE
- III ZONA OCCIDENTE
- IV ZONA NORTE
- V ZONA FRONTERIZA

FIGURA No. 3

Zonas de la República Mexicana en las cuales se concentra principalmente la industria.



- I ZONA CENTRO
- II ZONA SURESTE
- III ZONA OCCIDENTE
- IV ZONA NORTE
- V ZONA FRONTERIZA

ALTERNATIVAS DE SOLUCION.

En párrafos precedentes, se ha descrito la problemática que gira en torno a los Residuos Industriales Peligrosos. Ante la imperiosa necesidad de iniciar medidas que a corto, mediano y largo plazo solucionen y prevengan el impacto de aquéllos sobre el entorno ecológico, se han generado diversas alternativas de solución.

Las opciones que se tienen actualmente, son las siguientes:

1. Desarrollar y aplicar procesos industriales que no generen Residuos Industriales Peligrosos, ó que los generen en cantidades mínimas.
2. Tratamiento de los Residuos Industriales Peligrosos, mediante diferentes tecnologías, con la finalidad de reducirlos a formas menos peligrosas ó inocuas.
3. Disposición final de los Residuos Industriales Peligrosos en sitios especialmente diseñados para tal efecto.

1. PROCESOS INDUSTRIALES DE ALTA EFICIENCIA.

Hasta hace unos pocos años, se consideraba a los residuos Industriales Peligrosos, como subproductos inevitables que requerían de un tratamiento posterior. Sin embargo, con el incremento en los costos de las materias primas y la energía, el problema de disminuir los residuos ha ganado importancia. Una solución técnica para eliminar los residuos desde la fuente en donde se generan, es precisamente lo que se denomina "proceso de ninguna ó mínima generación de residuos".

Existen dos tipos de procesos que más se ajustan a este concepto:

- el Reciclaje de los residuos generados y,
- el Desarrollo de nuevas tecnologías que minimizen ó nulifiquen la generación de residuos.

Los residuos que pueden ser reciclables, son aquéllos en los que es relativamente fácil su separación y/o purificación. Desde un punto de vista de operación, el reciclaje se puede dividir en tres modalidades:

- Reciclaje en la propia planta;
- Recuperación comercial fuera de la planta;
- Intercambio, venta y compra de residuos mediante las "Bolsas de Residuos".

Un ejemplo de lo que es el reciclaje, es el siguiente: en la industria electrónica, se emplean solventes, éstos se pueden reutilizar para la fabricación de pinturas, aplicándoles previamente un tratamiento como por ejemplo destilación. También, el aluminio proveniente del fundido, ó las sales de hierro en licores se pueden reciclar.

Como una alternativa, para la resolución de los problemas generados por los Residuos Industriales Peligrosos, se sugiere el desarrollo e implantación de las tecnologías de alta eficiencia.

Recientemente se ha iniciado la investigación y desarrollo de proyectos que buscan la eliminación ó utilización de los residuos en diferentes áreas. A continuación, se proporcionan algunos ejemplos para la Industria Química y la de Acabados Metálicos.

En la actualidad, se generan grandes cantidades de residuos clorados, como residuos de la producción de policloruro de vinilo, óxido de polipropileno, per y cloroetileno, y ciertos pesticidas. En 1981 en Alemania Federal, se produjo 2.8 millones de toneladas de productos orgánicos clorados que a su vez generaron 185,000 ton de residuos clorados; de éste total 45,000 ton se incineraron, 60,000 fueron empleadas como materia prima en el proceso de percloración y 26,000 para la producción de ácido clorhídrico (HCl).

Esta obtención de ácido clorhídrico a partir de los residuos de hidrocarburos clorados puede realizarse mediante dos procesos:

- extracción de una solución al 30% de ácido clorhídrico;
- ó bien,
- introducción directa del gas en un reactor.

En la Industria de acabados metálicos, se emplean un gran número de procesos, para maquinar y tratar la superficie de los metales y otros materiales, en donde se involucran operaciones como maquinado, limpieza, armado y galvanoplastia.

Las actividades mencionadas implican el uso de un amplio intervalo de agentes químicos que producen residuos líquidos, lodos o sólidos. Las principales corrientes de residuos peligrosos se componen de solventes y aceites lubricantes en forma de emulsión, solventes clorados, ácidos y sustancias de galvanoplastia provenientes de los baños y enjuagues que contienen metales pesados tóxicos como cadmio. Este tipo de industrias, causan realmente severos problemas ambientales.

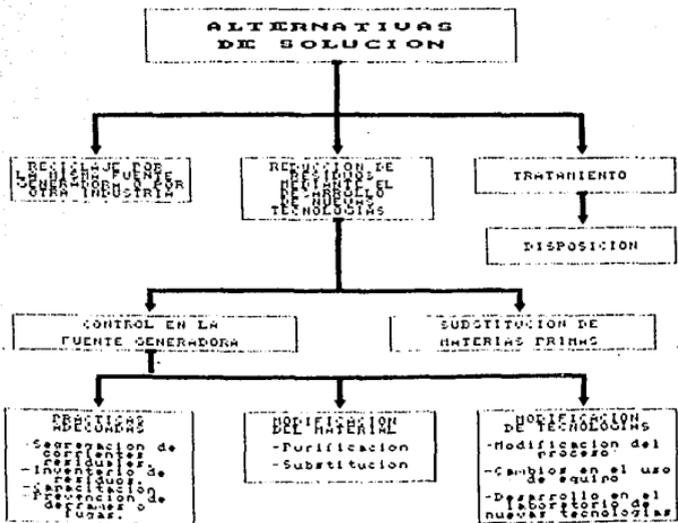
Las investigaciones que se han realizado en algunas partes del mundo, por ejemplo, en la República Federal de Alemania, han demostrado que en el área cercana a una de estas industrias, el agua subterránea mostró una alta concentración de hidrocarburos clorados; la razón principal es que los solventes han sido descargados "in situ".

En la última década, una gran variedad de procesos cerrados y de recuperación han sido desarrollados en aquél país.

El desarrollo técnico en este campo ha sido caracterizado en general, por una secuencia de actividades, comenzando por la implementación de sistemas de recolección y tratamiento de residuos y seguido por el desarrollo e introducción de nuevas tecnologías más eficientes y, en consecuencia, generadoras de menor cantidad de residuos.

El caso "ideal" del proceso de alta eficiencia es la generación nula de residuos.

FIGURA 4
ALTERNATIVAS DE SOLUCION PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS INDUSTRIALES



2 Y 3. TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS INDUSTRIALES PELIGROSOS.

Ya que el Tratamiento de RIP (Residuos Industriales Peligrosos), mediante diferentes Tecnologías, así como la Disposición Final de los mismos, están incluidas dentro de lo que se denomina "Manejo" de los residuos, se decidió describir conjuntamente estas dos actividades que están íntimamente relacionadas.

Estas opciones de manejo, se refieren a proporcionar un Tratamiento adecuado a los RIP mediante diversos métodos, a los cuales se hace referencia en el Capítulo III, y que tienen como objetivo, disminuir la peligrosidad de los residuos ó convertirlos a formas inocuas que no atenten contra la calidad del Medio Ambiente y la salud del ser humano. Aún, después de aplicarles un tratamiento a los RIP, se requiere de depositarlos definitivamente, en sitios especialmente diseñados, que los mantenga aislados del Medio Ambiente (Capítulos IV, V, VI y VII).

La atención hacia el desarrollo de procesos industriales, en los que la generación de residuos sea mínima, como ya se ha manifestado anteriormente, es reciente. Es por ello, que la solución actual hacia los RIP, es proporcionarles un "Manejo" adecuado en donde son partes fundamentales el Tratamiento y la Disposición Final. Sin embargo, en nuestro País, aún no se le ha dado la importancia que debería al Tratamiento de los residuos. La mayoría de éstos, son arrojados hacia sitios que muchas veces no cuentan con las medidas de control y seguridad necesarias e incluso en tiraderos clandestinos.

CAPITULO II.

ASPECTOS LEGALES REFERENTES A POLITICA AMBIENTAL Y EN ESPECIAL A RESIDUOS INDUSTRIALES PELIGROSOS.

En las últimas décadas ha ocurrido simultáneamente a el desarrollo industrial, el crecimiento acelerado de la población. Durante este período, se consideró que con la urbanización y la industrialización, mejoraría automáticamente la calidad de vida de la población, sin considerar el impacto que tendrían aquéllos.

Actualmente el País enfrenta, en forma paralela al reto de proseguir su modernización, adoptando los cambios estructurales que garanticen su crecimiento industrial y económico, también el prever los impactos que tendrá ese crecimiento sobre los recursos naturales y el ambiente.

En las últimas décadas, para responder a las nuevas necesidades sociales y al crecimiento poblacional, se hizo énfasis en la diversificación de la economía, pero no se atendió en forma suficiente la conservación de los recursos naturales y la protección del ambiente. El País no debía de seguir esa tendencia, por los impactos adversos que ella implica sobre el bienestar de la población, sus condiciones de salud y la disponibilidad y aprovechamiento de los recursos naturales.

La solución a éstos problemas no se encuentra, desde luego, en sacrificar el desarrollo, menos aún, en una situación como la que enfrenta actualmente el País, con tantas necesidades como alimentación, empleo y vivienda; la solución está en lograr un

mejor equilibrio ecológico, prevenir los impactos adversos de las actividades económicas y aprovechar en forma racional los recursos naturales de que disponemos.

Hemos llegado a una situación en la que con frecuencia, la mejor solución ecológica, es también la mejor solución económica. Es decir, que resulta más conveniente intercambiar y tratar aguas residuales que continuar transportando agua de una cuenca a la otra; que es mejor solución perfeccionar los procesos de combustión, que pagar los costos adicionales que implica un mayor consumo de combustible en las industrias.

La eliminación del daño ecológico tiene un costo más alto para la sociedad que su prevención e incluso no siempre esa eliminación es posible.

La acción ecológica no es cuestión que compete sólo a los poderes públicos, sino que ella debe involucrar profundamente a la sociedad.

LEGISLACION AMBIENTAL

La legislación ambiental es un conjunto de Normas Jurídicas que regulan las conductas humanas que pueden interferir relevantemente en los procesos de interacción que tiene lugar entre los sistemas de organismos vivos y sus sistemas de ambiente mediante la generación de efectos que modifiquen significativamente las condiciones de existencia de los organismos.

CRONOLOGIA.

Podemos dividir la evolución de la Legislación Ambiental en:

a) Internacional.

		(III)
Francia	1610-1814	-Decreto sobre instalaciones dañificadas
	1917	-Ley sobre las instalaciones dañificadas(vigente).
Suecia	1972	-Declaración de Estocolmo. (53, 54).

b) Nacional.

México	1917	-Artículo 27.Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
	1971	-Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental. (74).
	1981	-Protección al Ambiente y a los recursos naturales.(III)
	1982	-Ley Federal para la Protección del ambiente. (III).
	1984	-Ley General de la Salud. (75).
	1987	-Ecología . 100 Acciones Necesarias (66).
	1988	-Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. (67)

(III). Memorias del Tercer Encuentro Iberoamericano sobre la ciudad, Jornadas técnicas sobre medio ambiente (1987).

LA DECLARACION DE ESTOCOLMO.

La histórica declaración de Estocolmo sobre el Medio Ambiente, ratificada por la conferencia de las Naciones Unidas, recogió la preocupación de las personas de todo el mundo esclarecida por el hecho de que los recursos de la Tierra, son finitos y están constantemente amenazados. Expresa la necesidad de adoptar una perspectiva y principios comunes para inspirar y guiar a los gobiernos del mundo en la preservación y el mejoramiento del medio.

Una consecuencia importante fue establecer un Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) a fin de fomentar la cooperación y la coordinación entre los gobiernos y los organismos internacionales en lo que respecta a la protección y mejoramiento del Medio Ambiente.

El control del flujo de residuos en el Medio Ambiente se convierte en una de las principales preocupaciones de casi todos los gobiernos. El primer problema con el que se tropieza, es el de los criterios para abordar la identificación, definición y clasificación de los residuos peligrosos. En segundo lugar, es preciso optar por una ó otra de las distintas formas para el manejo de los residuos, que incluyen desde la recuperación y reutilización hasta la eliminación de éstos mediante métodos adecuados y seguros.

Varios países han desarrollado mecanismos que controlan la utilización de productos químicos; se han fijado normas y niveles de tolerancia y se han elaborado listas de componentes permitidos y prohibidos. Además se ha reglamentado las emisiones de sustancias químicas a través de chimeneas y desagües.

Mediante leyes sobre la contaminación, se han adoptado medidas para reducir la degradación de la calidad del Medio Ambiente y por tanto los efectos nocivos sobre la salud del hombre.

No obstante, ante el incesante crecimiento del número de productos químicos, resulta absolutamente necesario emprender una investigación a fondo para evaluar sus repercusiones ambientales.

Entre los participantes activos del plano internacional hay que citar el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA); a la Organización Mundial de la Salud (OMS); y a la Organización Internacional del Trabajo (OIT) -en la que se refiere a higiene laboral-, también se incluye al Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) -por lo que respecta a la evaluación de los efectos carcinógenos de los productos químicos-, al Registro Internacional de Productos Químicos Potencialmente Tóxicos (RIPORT), y al Sistema Mundial de Vigilancia del Medio Ambiente (SIMUVIMA), donde muchos organismos internacionales y nacionales unen sus esfuerzos para vigilar la aparición de compuestos químicos peligrosos en el Medio Ambiente.

LA LEGISLACION AMBIENTAL EN MEXICO.

El deterioro ecológico que ha venido sufriendo el territorio de la República Mexicana como producto principalmente del desarrollo industrial y el crecimiento demográfico, obligó al gobierno a tomar medidas de protección y mejoramiento ambiental.

Así, en el año de 1971, y ante la magnitud del problema, se promulgó la Ley Federal para prevenir y controlar la Contaminación Ambiental. En 1972, se creó la Subsecretaría del Mejoramiento del Ambiente dentro de la Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA). En el año de 1978 se formó la Comisión Intersecretarial de Saneamiento Ambiental.

En 1982, se forma la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología como un reconocimiento a la relevancia del problema de la contaminación ambiental en México. Así, conjuntamente al Plan Nacional de Desarrollo se crea el Programa Nacional de Ecología, se hacen reformas a la Ley Federal de Protección al Ambiente y se funda la Comisión Nacional de Ecología.

En 1987 se integraron al ámbito de la Comisión Nacional de Ecología las 100 Acciones 1987-1988 para hacer frente a los principales desequilibrios ecológicos en forma coordinada con los Estados y Municipios y concertada con la sociedad. En el mismo año se hacen reformas al Art. 27 y al Art. 73 Constitucional. Posteriormente en el año de 1988 se deroga la ley anterior y se emite la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente que se encuentra vigente.

Esta Ley, establece las bases de la Política Ecológica Nacional y pone a su disposición no solo instrumentos diseñados específicamente para su ejecución, sino también los instrumentos más generales del desarrollo. Entre los primeros se encuentran el Ordenamiento Ecológico, la Evaluación del Impacto Ambiental y las Normas Técnicas Ecológicas. Entre los segundos, la Planeación, la Regulación de las Actividades Productivas y de Servicios; los Estímulos Fiscales y los Financiamientos.

La acción ecológica no es cuestión que competa solo a los poderes públicos, sino que ella debe involucrar profundamente a la sociedad.

Es también preocupación de esta Ley la información y vigilancia sobre la evolución del equilibrio ecológico y la protección al ambiente en todo el País. Para lo primero se establece que periódicamente se elabore un informe sobre el estado del medio ambiente a nivel Nacional. Para lo segundo se prevé un sistema de visitas de inspección.

El énfasis que esta Ley pone a los mecanismos preventivos, no excluye al perfeccionamiento de los mecanismos correctivos que son indispensables para mantener apropiadamente al equilibrio ecológico. Es por ello que se destinan algunos preceptos a las sanciones administrativas y penales a aplicarse en los casos de contravención de los mandatos contenidos en la Ley.

La Ley está estructurada en Seis Títulos, el primero destinado a establecer las disposiciones generales, el segundo regula las áreas naturales protegidas, el tercero se refiere al aprovechamiento racional de los elementos naturales, el cuarto a la protección del ambiente, el quinto a la participación social y el sexto a las medidas de control, seguridad y sanciones.

El título primero está integrado por cinco capítulos, el primero de ellos se refiere a las normas preliminares, establece el carácter reglamentario, precisa su objeto y sus conceptos fundamentales. El segundo define el sistema de concurrencia entre los tres niveles de gobierno para los propósitos de la Ley. El tercero especifica las atribuciones de la SEDUE.

En los capítulos 4to. y 5to. se definen los principios de la política ecológica, para asegurar su cabal aplicación, se precisan instrumentos específicos para su ejecución y se vinculan con otros instrumentos y decisiones de la estrategia de desarrollo que tienen un impacto considerable en el equilibrio ecológico y el ambiente.

El Título Segundo, considerando lo establecido en la fracción V del artículo 115 constitucional, señala que las áreas naturales del territorio nacional podrán ser materia de protección como reserva ecológica, relacionada en el Art. 46 bajo categorías diversas.

El Título Tercero, comprende las regulaciones sobre el aprovechamiento racional de los elementos naturales, siguiendo el contenido de los conceptos que define la Constitución Política.

En este Título se integran tres capítulos relativos al aprovechamiento racional del agua y los ecosistemas acuáticos, del suelo y sus recursos, así como los efectos de la exploración y explotación de los recursos no renovables en el equilibrio ecológico.

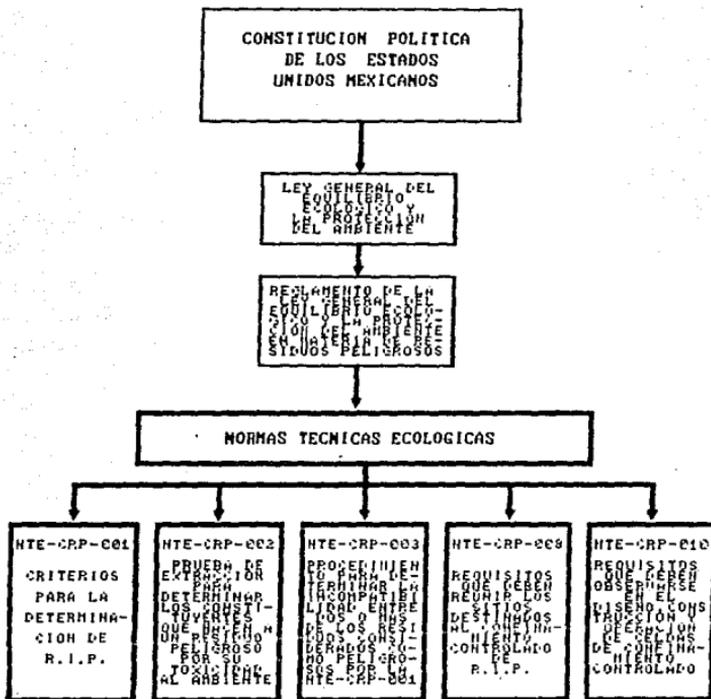
En el Título Cuarto, se establece la protección al Ambiente al igual que el Art. 73o Constitucional en su fracción XXIX-B. El capítulo primero, se refiere a la prevención y control de la contaminación de la Atmósfera. El 2o. se refiere a la prevención y control de la contaminación del agua y de los ecosistemas acuáticos; el 3o. a la prevención y control de la contaminación de Suelos y el 4o. se refiere a las Actividades riesgosas. El capítulo 5o. está orientado a regular el manejo de los Materiales y de los Residuos Peligrosos. Se incorporan a la Legislación, restricciones sobre el manejo de todo tipo de materiales y residuos peligrosos para evitar los efectos que en el bienestar de la población y el equilibrio ecológico traerían como consecuencia su uso indiscriminado ó su utilización inadecuada. En este, se presta especial atención a la importación y exportación de estos materiales ó residuos consagrando en la Ley los avances logrados a partir de la firma del acuerdo respectivo con los Estados Unidos de América, para proteger la zona fronteriza de los efectos negativos. Por lo que se refiere a su exportación, se precisa también que no procederá en ningún caso, sin la autorización del país receptor.

El Capítulo 6o. se refiere a la energía nuclear y el Capítulo 7o. se refiere a la contaminación debida a ruido, vibración, energía termica, energía luminica y olores.

El Título Quinto, tiene como propósito establecer una participación permanente de la sociedad en las acciones ecológicas, en los artículos 157 a 159 regula dicha participación mediante particulares.

El Título Sexto, se refiere a las medidas de Control y de Seguridad así como a las sanciones que se imputan. Se establece además, que en los actos de inspección, vigilancia, ejecución de medidas de seguridad, imposición de sanciones, procedimientos y recursos administrativos, se deberá de proceder de acuerdo a lo establecido por ésta Ley.

**FIGURA 5
LEGISLACION AMBIENTAL
EN MEXICO EN MATERIA DE
RESIDUOS PELIGROSOS**



CAPITULO III.

MANEJO Y DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS INDUSTRIALES PELIGROSOS.

Se entiende por "Manejo" de Residuos Industriales Peligrosos (R.I.P.), todas las actividades involucradas en su Almacenamiento, Recolección y Transporte; Tratamiento y Disposición Final.

Para comprender cada una de las actividades antes mencionadas, se presenta su definición y un diagrama de flujo (fig. no. 5) de las actividades que integran el sistema general.

ALMACENAMIENTO.

Se refiere a la forma en que se mantienen los residuos en la fuente en donde se generan; esto es, en contenedores, sacos, a granel, tambos, etc, de acuerdo con el estado físico en que se encuentran.

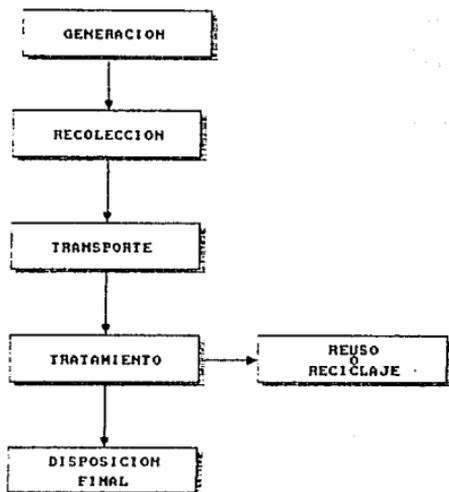
RECOLECCION Y TRANSPORTE.

Estas actividades, consisten en recolectar y trasladar los RIP en vehículos y equipo adecuados, hacia las Plantas de Tratamiento o hacia los sitios de Disposición Final.

En nuestro país, estas actividades recientemente se han comenzado a regular mediante la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE); sin embargo, estas acciones se encuentran en una etapa incipiente, por lo que actualmente existen muy pocas compañías que ofrecen servicios de éste tipo. Por otra parte, en el País aún no existen Plantas de Tratamiento, así que los

FIGURA No. 6

DIAGRAMA DE FLUJO
DEL MANEJO DE RESIDUOS
INDUSTRIALES PELIGROSOS



residuos se transportan sólo hacia sitios de Disposición final, la mayoría de las veces. Tales sitios, en algunos casos cumplen con las normas de control y seguridad mientras que en otros, son tiraderos clandestinos que representan una amenaza latente hacia el ser humano y hacia los ecosistemas en general.

TRATAMIENTO.

Son los diferentes procesos, mediante los cuales, los Residuos Industriales Peligrosos, son transformados en sustancias inocuas, para posteriormente poderlos reutilizar, ó enviarlos hacia sitios de disposición; ó bien para destruirlos.

Existen cuatro tipos de Tratamiento, que son los siguientes:

- Físico
- Químico
- Biológico
- Térmico

Cada uno de ellos, involucra tecnologías diferentes.

Frecuentemente, se utiliza una combinación de esas tecnologías para el Tratamiento adecuado de los RIP. En algunos casos, los residuos no pueden ser destruidos, reutilizados ó transformados a formas no dañinas, entonces estos deben ser cuidadosamente enviados y confinados en un sitio de Disposición final.

En este Capítulo se describirán más ampliamente cada uno de los métodos mencionados y las tecnologías que le corresponde a cada uno de ellos.

El Tratamiento que se le aplique a un RIP, deberá ser evaluado, de acuerdo con las características fisicoquímicas de éste, su cantidad, costo de inversión en la tecnología seleccionada, posibilidades de reuso, etc., a fin de seleccionar el más adecuado.

DISPOSICION FINAL

Se define como la acción de depositar permanentemente a los residuos en sitios y condiciones adecuadas para evitar daños al ambiente.

Esta actividad, es una de las que causa mayor polémica, porque si bien no es ampliamente recomendada, es la más utilizada en países en vías de desarrollo, que aún no cuentan con la infraestructura necesaria para proporcionar a los RIP, un tratamiento y obtener las ventajas de éstos métodos.

A pesar de lo anterior, la disposición es una actividad común, que muchas veces se efectúa en sitios inadecuados ó clandestinos; estas acciones, son las que se deben evitar y, dado que la Disposición Final en nuestro País es una actividad de primera necesidad, se debe efectuar bajo el más estricto control posible.

INTRODUCCION A LAS TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS INDUSTRIALES PELIGROSOS.

Existen una gran variedad de tecnologías que pueden concentrar, destruir ó inmovilizar, a los Residuos Peligrosos generados en la Industria. Las tecnologías de Tratamiento, comercialmente disponibles, se pueden categorizar en cuatro tipos que son los siguientes:

1. Físico
2. Químico
3. Biológico
4. Térmico

Los procesos de tratamiento para residuos peligrosos, tienen como finalidad:

- reducción de volumen,
- separación de componentes,
- detoxificación,
- destrucción,
- inmovilización,
- recuperación de materiales.

Es frecuente que mediante un solo proceso no se logre conseguir alguno ó algunos de los objetivos antes mencionados, así que es necesario utilizar una combinación de tecnologías, para proporcionar un tratamiento adecuado a los RIP.

La selección de la(s) tecnología(s), estará en función de las siguientes características:

Tipo de residuo. Se refiere a la caracterización de los componentes del residuo, por ejemplo, lodos conteniendo metales pesados, aceite contaminado, sulfato de bario contaminado, etc.

Forma o estado físico del residuo. Se encuentran principalmente en estado sólido, semisólido o líquido.

Cantidad. Se refiere a la cantidad de residuos que requieren tratamiento.

Economía relativa del tratamiento. Uno de los puntos determinantes, para la elección de la(s) tecnología(s) de tratamiento, son los costos de operación, cuando ya se cuenta con la infraestructura necesaria ó en el caso contrario, se requiere analizar los costos de inversión, así como los de operación y mantenimiento. Así pues, la elección de la ó las tecnologías, además de tomar en cuenta las características físico-químicas del residuo, estará determinada por factores de índole económico y por supuesto de la infraestructura que exista, así como de los requerimientos de personal capacitado.

Legislación. Es indispensable, que las alternativas seleccionadas se encuentren acordes a las leyes gubernamentales, pues solamente así, se podrá contar con un control de las mismas. En nuestro país aún no contamos con Plantas de Tratamiento como existen en otras partes del mundo; sin embargo, se prevee que a mediano y largo plazo comiencen a instalarse lo que traerá como consecuencia la promulgación de normas al respecto.

Como ya se ha manifestado, existen diversas tecnologías de tratamiento, que son aplicables a diferentes tipos de residuos, y por ello, es necesario evaluar y conocer el efecto general de los diferentes tipos de tratamiento para éstos; por ejemplo, es importante saber que los hidrocarburos se pueden destruir mediante un tratamiento térmico, pero no así los metales pesados. Sin embargo, a éstos últimos, se les puede dar un tratamiento físico ó químico que disminuya su peligrosidad.

Así por ejemplo, la evaporación logra la separación de componentes de los residuos líquidos. La adsorción con carbón activado y la filtración logran la separación de componentes tanto para gases como para líquidos y son aplicables a un amplio intervalo de residuos heterogéneos. La neutralización, reducción y precipitación son tecnologías selectivas para la separación de la mayoría de los metales pesados.

Se encuentran también, deficiencias que son inherentes a los procesos de tratamiento, por ejemplo, los procesos de tratamiento biológico, son ineficientes cuando la corriente de residuos es altamente variable en composición y concentración, ó cuando las corrientes contienen más del 1 al 5 % en sales; además los procesos biológicos requieren de grandes áreas para su desarrollo.

La eficiencia de remover líquidos y gases peligrosos de corrientes de residuos mediante adsorción con carbón activado, es altamente dependiente del pH. Similarmente, los procesos básicos de remoción de sólidos disueltos (intercambio iónico,

ósmosis inversa, diálisis) están sujetos a problemas operacionales cuando se utilizan para tratar salmueras heterogéneas.

Con lo anterior se pretende enfatizar que la selección de la tecnología ó las tecnologías de tratamiento más adecuadas, dependerán de las características de cada residuo.

A continuación, se describirá en qué consiste cada método de tratamiento y se enunciarán las tecnologías que le corresponde a cada uno de ellos. El analizar, cada una de las tecnologías requiere de un estudio individual, sin embargo, no es motivo presentarlo en este trabajo, de manera que sólo se describirán de manera general y con la finalidad de que se conozcan.

TRATAMIENTO FISICO.

Los procesos de tratamiento físico, tienen como finalidad principal, separar fases ó reducir el volumen de los residuos, para posteriormente aplicarles otro tratamiento y/o enviarlos a disposición final.

Se considera tratamiento físico, por ejemplo, las operaciones de molienda. Muchos procesos que generan residuos peligrosos heterogéneos, como guantes de trabajo, tambores vacíos recubiertos con películas químicas residuales u otros contenedores se les puede moler para reducirlos de volumen. Otra de las finalidades con que se lleva a cabo este proceso es para reducir el tamaño de partícula, aumentando de esta forma, el área de contacto cuando se llevan a cabo reacciones químicas.

En la tabla (3), se reportan las tecnologías de tratamiento físico.

Los separadores líquido-sólido, incluyen equipos como sedimentadores, clarificadores, unidades de flotación ó filtros. En algunos de los casos como resultado de utilizar estos equipos se generan residuos, como pudieran ser lodos en una unidad de flotación de gas de una refinera, los cuales son reportados como peligrosos. Los lodos de tales unidades son usualmente procesados, además, por un equipo de secado mecánico, como filtros al vacío, centrifugas, de manera que se facilite ya sea su incineración ó disposición.

TABLA 3

TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO		
FISICO		
TECNOLOGIAS	DESCRIPCION DEL PROCESO O EL EQUIPO	OBSERVACIONES
SEPARACION MAGNETICA	Utiliza equipo de separacion mediante imanes	Es limitado su uso
SEPARACION MEDIANTE CRIBAS O MALLAS	Separa materiales gran tamano	El costo es bajo
COMPACTACION	Disminuye el volumen del material solido	El costo es bajo
SEDIMENTACION	Se utiliza para separacion de fases liquido-solido	Retiene los solidos sedimentables unicamente
FILTRACION	Remueve el exceso de humedad de solidos y semisolidos	
CENTRIFUGACION	Remueve el exceso de humedad de solidos y semisolidos	
FLOTACION	Remueve el exceso de humedad de solidos y semisolidos	
DESTILACION	Utiliza columnas empacadas o de platos	Se utiliza principalmente para purificar solventes
EVAPORACION	Puede realizarse mediante una etapa, multietapas, etc.	Al igual que en la destilacion, el resultante debe disponerse cuidadosamente
ARRASTRE MEDIANTE VAPORES DE AGUA	Se realiza en columnas empacadas o de platos; a los cuales se les inyecta gas de arrastre	Se limita a actuar con componentes volatiles; se usa en emisiones
ABSORCION	Utiliza columnas empacadas y un solvente adecuado	Se utiliza generalmente para el control de emisiones. Debe disponerse cuidadosamente el solvente gastado
EXTRACCION MEDIANTE SOLVENTES	Esta separacion puede ser: liquido-liquido o solido-liquido	Se utiliza para extraer por ej.: metales contenidos en soluciones. Debe disponerse cuidadosamente el solvente gastado

TABLA 3... (continuación)

TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO		
FISICO		
TECNOLOGIAS	DESCRIPCION DEL PROCESO O EL EQUIPO	OBSERVACIONES
ADSORCION	Se lleva cabo en lechos o columnas empacadas. Por el tipo de carbon activado	Puede tratar residuos organicos e inorganicos como metales pesados
ULTRAFILTRACION	Son procesos que utilizan membranas. El equipo es de tipo comun para tratar otros materiales que no sean venenosos.	Son tecnologias costosas
OSMOSIS INVERSA	Son procesos que utilizan membranas. El equipo es de tipo comun para tratar otros materiales que no sean venenosos.	Son tecnologias costosas
DIALISIS	Son procesos que utilizan membranas. El equipo es de tipo comun para tratar otros materiales que no sean venenosos.	Son tecnologias costosas
ELECTRODIALISIS	Son procesos que utilizan membranas. El equipo es de tipo comun para tratar otros materiales que no sean venenosos.	Son tecnologias costosas
CRISTALIZACION	Se utiliza para una solucion	Son tecnologias costosas
ENCAPSULAMIENTO	Se utiliza una capsula para confinar el residuo	Son tecnologias costosas

La mayoría de los procesos de equilibrio vapor/líquido, tienen alguna aplicación a los residuos peligrosos. La destilación y la evaporación pueden ser utilizados para dividir una corriente de alimentación en dos ó más, una que será la que contenga mayor cantidad de contaminantes. El agotamiento (stripping) mediante vapor o aire, es aplicable a corrientes contaminadas con trazas de constituyentes. En particular se ha utilizado con éxito el método de "agotamiento" con aire para remover trazas de solventes volátiles contenidos en una corriente de agua subterránea contaminada.

Los sistemas de adsorción son generalmente empleados para el manejo de residuos peligrosos, pero frecuentemente un sistema de adsorción puede ser empleado en forma conjunta con otro proceso de tratamiento, especialmente para controlar las emisiones de vapor residual.

Los sistemas de extracción líquido-líquido, sólido-líquido, han sido ampliamente usados para tratar residuos peligrosos. Actualmente se encuentra en fase experimental la extracción mediante fluidos supercríticos aplicado al tratamiento de los mismos.

Los procesos que utilizan membranas como ultrafiltración, ósmosis inversa, diálisis, etc, tienen numerosas aplicaciones con respecto a los residuos, sin embargo para su tratamiento, resultan ser tecnologías muy costosas.

También existen procesos de congelamiento (28), entre los cuáles se menciona la cristalización y suspensión por congelamiento; estas son tecnologías muy especializadas y puesto que los residuos peligrosos son muy diversos, su aplicación comercial será mínima.

TRATAMIENTO QUIMICO.

Los procesos de tratamiento químico, son aquéllos en los cuales, los residuos peligrosos son alterados mediante reacciones químicas. Los objetivos que se desean conseguir mediante un tratamiento de éste tipo, son destruir a los constituyentes peligrosos de una corriente determinada de residuos, ó convertirlos a una forma más conveniente para proporcionarles un tratamiento posterior, por ejemplo, cuando se tienen compuestos en solución, mediante reacciones químicas se pueden precipitar y estos se separan filtrándolos. El tratamiento químico, también se aplica para acondicionar los residuos y entonces disponerlos.

Debido a que las reacciones químicas involucran reactantes y condiciones específicas, estos procesos son usualmente utilizados cuando solo una sustancia es la que se requiere tratar -ó unas cuantas con características químicas similares-. Cuando el tratamiento químico se aplica a residuos con composición mixta, puede haber interferencias como reacciones secundarias, baja reactividad debida a impurezas y presencia de compuestos que impidan la reacción, de tal forma que no se logran los objetivos deseados. Por otra parte, también se pueden obtener productos finales inesperados que tal vez puedan ser aún más peligrosos que los originales.

Las tecnologías de tratamiento químico se presentan en la tabla (4).

TABLA 4

TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO		
QUIMICO		
TECNOLOGIAS	DESCRIPCION DEL PROCESO O EL EQUIPO	OBSERVACIONES
NEUTRALIZACION	Se realiza en tanques de mezclado mediante la adición de ácidos o bases.	Es uno de los procesos más utilizados generalmente se genera desprendimiento de calor.
PRECIPITACION	Es una adición química cuya finalidad es obtener sólidos insolubles.	Se utiliza principalmente para remover metales pesados. Es muy utilizada.
OXIDO-REDUCCION	Se lleva a cabo en tanques de mezclado.	Las reacciones secundarias pueden producir también residuos peligrosos.

Por mencionar algunas de ellas, empezaremos por la Neutralización, que es la más común. Esta ha sido aplicada por muchos años en aguas residuales. Frecuentemente, la neutralización implica la mezcla de dos ó más productos residuales, por ejemplo, ácido residual con sosa residual.

La Precipitación es comunmente utilizada junto a los procesos de neutralización, así, el cobre soluble en solución ácida, puede ser precipitado manteniendo el pH cercano a 7. Los sulfuros son algunas veces usados para remover metales pesados, y el cloruro de calcio, para remover fluoruros.

Varios procesos de Oxido-Reducción se utilizan para tratar residuos peligrosos, pero existen algunas desventajas en el método, como el que las reacciones tienden a ser incompletas a menos que estas se efectúen en condiciones específicas y que los productos finales oxidados ó reducidos, también pueden tener propiedades peligrosas. Algunos de los oxidantes químicos que se utilizan son cloruros de hierro, peróxido de hidrógeno, ozono ó permanganato de potasio.

Los procesos de radiación son utilizados también para provocar reacciones químicas. Un residuo de dioxina se puede tratar con luz ultravioleta, asimismo, a veces se combiná la luz ultravioleta con ozono para destruir trazas de materiales orgánicos peligrosos en agua. Las radiaciones gamma, también se han investigado como promotoras de dichas reacciones, pero no han sido aplicadas comercialmente al tratamiento de residuos peligrosos.

TRATAMIENTO BIOLÓGICO

Los procesos biológicos, han sido empleados desde hace tiempo en el tratamiento de aguas residuales, que contienen materiales peligrosos ó no peligrosos, mediante el uso de bacterias, algas, hongos y otros microorganismos que estabilizan, absorben, alteran ó destruyen los compuestos orgánicos tóxicos.

Por ejemplo, cianuro y fenol, son virtualmente destruidos en un sistema de Lodos Activados. Bajo ciertas concentraciones los aceites, hidrocarburos clorados, y aún metales pesados pueden ser reducidos mediante bioadsorción, también mediante un sistema de Lodos Activados. Esta adsorción no necesariamente destruye, altera ó metaboliza estos materiales, pues son simplemente aceptados dentro de la biomasa celular y, debido al peligro potencial que significaría la liberación de esos constituyentes adsorbidos, es necesario planear cuidadosamente el destino que tendrá el material resultante, es decir, decidir si se le debe aplicar un tratamiento posterior ó se le enviará directamente a disposición final.

Hay numerosos sistemas biológicos que han sido utilizados comercialmente para el tratamiento de los residuos, que pueden ser aeróbicos, anaeróbicos ó acultativos, que es una combinación de los dos primeros.

Las limitaciones de este método, incluyen sensibilidad a cambios

en la concentración de la corriente de residuos, alta concentración de sales metálicas, cambios en el pH y desprendimiento de malos olores. Usualmente, los lodos producidos en éste método requieren un tratamiento posterior.

Las industrias en donde se aplica principalmente tratamiento biológico incluyen la de Refinación y Extracción de Petróleo, la de Papel, la Textil y la Farmacéutica.

Las tecnologías que pertenecen al grupo de tratamiento Biológico, se enlistan en la Tabla (5).

TABLA 5

TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO		
BIOLÓGICO		
TECNOLOGIAS	DESCRIPCION DEL PROCESO O EL EQUIPO	OBSERVACIONES
LODOS ACTIVADOS	Es un proceso que utiliza una masa activa de microorganismos (biomasa) que es capaz de degradar sustancias biodegradables en forma aeróbica.	Solo se utiliza para sustancias biodegradables o que puedan ser biodegradables.
COMPOSTEO	El proceso involucra una oxidación biológica, se puede llevar a cabo en diferentes métodos: en tierra o en reactor.	Los productos resultantes se pueden utilizar como mejoradores de suelos.
LAGUNAS DE ESTABILIZACION	Es un proceso parecido al de los lodos activados solo que se lleva a cabo en forma anaeróbica.	
ADIGESTORES ANAERÓBICOS	Es un proceso en el que se degrada la materia orgánica a metano y dióxido de carbono en un medio carente de oxígeno.	Se utiliza para compostos como: etanol, ácido talcoo, propanal, propilenoicool, etc..
BIOLÓGICAMENTE CONTACTADORES	El contactador tiene una serie de discos de poliestireno, cloruro de vinilo, u otro material similar. Estos discos se sumergen parcialmente en el residuo y entonces se les adhiere un película de 2 a 4 mm de espesor	Se aplican a residuos orgánicos diluidos.

TRATAMIENTO TERMICO.

Los procesos térmicos, se aplican a compuestos orgánicos primarios, pero pueden procesar la mayoría de los residuos sin importar su forma. Estos procesos pueden ser muy eficientes, pero también de costos muy elevados.

Las ventajas de estos métodos son: reducción de volumen, capacidad para recuperar la energía que se produce, así como la destrucción completa del material peligroso.

El éxito de la incineración no es tan simple como parece, es necesario controlar las emisiones hacia la atmósfera que se emanan de los incineradores, para evitar efectos secundarios como es la contaminación. Esto ha llevado a una clasificación de los residuos que puedan ser incinerados, tomando en cuenta procedimientos, temperaturas de operación, tiempos de retención, eficiencias de destrucción y remoción de contaminantes; por lo tanto, se ha convertido en una práctica sofisticada.

Existen dos procesos principales incluidos dentro del tratamiento térmico: la incineración y la pirólisis. La primera se caracteriza por realizarse en presencia de oxígeno, obteniéndose como productos bióxido de carbono, agua y cenizas.

La pirólisis se lleva a cabo en ausencia de oxígeno, se obtienen sustancias provenientes de la ruptura térmica de las moléculas iniciales; en ocasiones se forman polímeros.

En la tabla (6), se mencionan las tecnologías de Tratamiento Térmico.

TABLA 6

TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO		
TERMICO		
TECNOLOGIAS	DESCRIPCION DEL PROCESO O EL EQUIPO	OBSERVACIONES
INCINERACION		
a) LECHO FLUIDIZADO	El incinerador es una cámara de material refractario con una capa de material inerte, generalmente arena.	Se utiliza para residuos sólidos orgánicos de cierto diámetro, lodos y líquidos.
b) HOGAR MULTIPLE	La característica distintiva de este tipo de incinerador es que tiene una serie de quemadores; la temperatura de operación va de 1400-1800 GRADOS F	No se puede utilizar para residuos que fundan a la temperatura de operación.
c) HORNO ROTATORIO	Utiliza un horno rotatorio, sistema de alimentación, un postquemador y una unidad de control de contaminación del aire.	Se utiliza para toda clase de residuos sólidos, líquidos y semisólidos.
d) INYECCION LIQUIDA	El incinerador consiste de una cámara de combustión refractaria y una serie de atomizadores.	Se utiliza para residuos que pueden ser atomizados, por ej. líquidos, pesticidas, etc..
PIROLISIS	Es un proceso en el cual el nivel de oxígeno que se requiere es menor al estequiométrico.	Se utiliza para residuos que tienen alto contenido calorífico.
ARCO DE PLASMA	El proceso se lleva a una temperatura superior a los 5000 GRADOS F	La eficiencia del sistema varía de 75-90 %
OXIDACION CON WIRE MUEHA	Es un proceso que se lleva a cabo a altas presiones y altas temperaturas.	Se utiliza para tratar compuestos orgánicos como fenoles, pesticidas, etc., e inorgánicos como sulfuros, cianuros, etc..

Se puede encontrar equipo especial para el tratamiento de residuos peligrosos, ó también existen algunos equipos industriales que es posible utilizarlos como unidades de incineración. Estos últimos también son llamados "sistemas de codisposición", que tienen además de el propósito para el cual fueron construidos, el de incinerar residuos. Una caldera industrial es un ejemplo, otro es la combustión de residuos peligrosos como parte del combustible de un horno de cemento Portland.

Cualquier equipo controlado para quemar, desde una caldera hasta un arco plasma, es útil para la destrucción de residuos peligrosos, si se le construye adecuadamente para su buen funcionamiento y acorde con los requerimientos legales. Los incineradores que están destinados a la destrucción de residuos, comprenden desde una unidad sencilla de inyección de líquidos hasta una planta de incineración completa.

Las variables principales que se requieren controlar para que un proceso de incineración se efectúe adecuadamente son:

-gasto de oxígeno de alimentación a el incinerador para asegurar una combustión completa.

-tiempo de residencia, para que se lleve a cabo la descomposición total de los residuos.

Existe también la modalidad de incineración en alta mar, la cual se efectúa en barcos que cuentan con un equipo de incineración, por ejemplo, los barcos Vulcanus I y Vulcanus II, que operan para una compañía Norteamericana, están equipados para recolectar, transportar e incinerar en alta mar.

En cuanto a la pirólisis, la mayoría de las unidades operan en un intervalo de temperatura en que la destrucción orgánica no es completa y existen muchas dudas acerca de cuales residuos son los adecuados para ser tratados mediante éste método y los subproductos que se generan. Una excepción notable bajo la cual se cifran grandes esperanzas, es una unidad calentada eléctricamente que opera entre 4,000 y 5,000 grados F, un intervalo en donde la destrucción orgánica es virtualmente completa.

CAPITULO IV.

DISPOSICION FINAL.

En capítulos anteriores, se ha expresado que existen diversas alternativas para minimizar, reciclar ó aplicar una tecnología de tratamiento a los residuos industriales peligrosos. Todas éstas opciones, invariablemente modificarán sus características fisico-químicas originales, las reducirán de volumen en el caso de que se incineren, etc. Sin embargo, se obtendrán residuos que de alguna forma será necesario enviar a disposición final; es aquí en donde radica la importancia de elegir el método apropiado para disponer de los diferentes tipos de residuos.

La Disposición final es la acción de depositar permanentemente los residuos en sitios y condiciones adecuadas para evitar danos al ambiente (74).

Las opciones para la Disposición final de los Residuos Industriales Peligrosos, son los siguientes:

- Inyección en pozos profundos
- Tratamiento Agroquímico (Landfarming)
- Confinamiento Controlado

A partir de este capítulo se describirán los métodos antes mencionados.

INYECCION EN POZOS PROFUNDOS.

Este método de disposición, consiste en construir pozos profundos, aprovechando la tecnología que utiliza la industria petrolera. Cuando se decide optar por este sistema, al planear, construir y operar debe tenerse en mente la protección total de las aguas subterráneas prioritariamente y subsecuentemente la protección de petróleo, gas ó minerales útiles al hombre.

La zona para disposición debe localizarse debajo de los mantos acuíferos y estar aislado por una capa protectora de un determinado espesor, que sea impermeable y resistente a las fracturas; como carbonato de calcio (dolomita). La zona elegida debe tener ningún otro valor útil.

Un factor muy importante para determinar utilizar este método es la compatibilidad de los residuos con los materiales de construcción.

TIPO DE RESIDUOS QUE PUEDEN DISPONERSE MEDIANTE ESTA TECNOLOGIA.

Se pueden disponer gases y sólidos (cuyo diámetro sea menor a 1 micra) disueltos en líquidos -soluciones ó emulsiones-.

A continuación se mencionan algunos tipos de residuos que por sus características son candidatos a este tipo de disposición.

ORGANICOS.

ACIDOS Maleico, fórmico, adipico, cresílico, salicílico,
acético

ALCOHOLES Metanol, butanol terciario, fenol, isopropanol.

SOLVENTES Acetona, tolueno, xileno, formaldehido,
etilbenceno, benzaldehido, metil-etil cetona.

OTROS Naftenato de sodio, cresilato de sodio, acetato
de sodio ó calcio.

Polímeros como estireno.

INORGANICOS.

ACIDOS Sulfúrico, clorhídrico, fosfórico.

BASES Hidróxido de sodio.

SALES Sulfuro de arsénico.

PERFORACION Y TERMINADO.

El diseño de un sistema de perforación se basa en el tipo de zona de disposición, su permeabilidad, volumen de residuo a inyectar y el tipo de residuo.

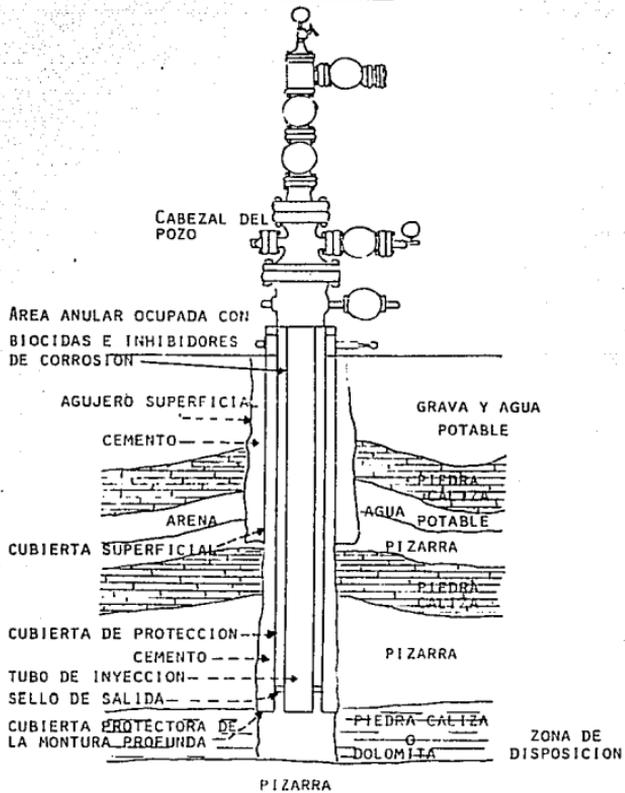
La perforación y terminado de un pozo de disposición sigue las mismas técnicas que las utilizadas para la perforación de un pozo petrolero ó de gas.

Los materiales de construcción tales como tuberías, válvulas, bombas, tanques de almacenamiento, recubrimientos, cemento, revestimiento de tubería, etc.; que estén en contacto con los residuos a inyectar, deben ser compatibles con aquéllos.

El espacio anular entre los tubos de inyección y las cubiertas de protección, se llenan con biocidas e inhibidores de corrosión.

La perforación del pozo utiliza lodos de perforación que contienen cantidades considerables de materiales arcillosos, geles y barita. Antes de alcanzar la zona de disposición, el fluido del pozo se desplaza mediante una solución que no contiene sólidos, por lo que la zona de disposición no se contamina con los lodos de perforación. Esta solución es una salmuera que contiene un polímero con propiedades tixotrópicas. La concentración de la salmuera, se ajusta para controlar la densidad del fluido y así, mantener la presión de la zona de disposición bajo control permanentemente.

FIGURA No. 7



POZO DE INYECCION PROFUNDA EN PIEDRA CALIZA O DOLOMITA .

La zona de disposición debe ser evaluada mediante muestras que seran analizadas en el laboratorio a fin de conocer la compatibilidad de ésta con los líquidos a disponer.

La terminación del pozo se efectúa, primeramente asegurando una limpieza total de cualquier residuo remanente de la perforación. Unos miles de barriles de agua provenientes de la limpieza del pozo son colectados y reinyectados en su oportunidad, a presión y velocidad controlada.

La velocidad de inyección varia de 75 a 1000 gal/min, siendo la velocidad promedio de 250 a 300 gal/min.

MONITOREO.

Los pozos se monitorean mediante dispositivos que miden presión y velocidad de flujo, variaciones de estos parámetros de operación, indican que existen irregularidades en el sistema.

En el espacio anular entre el tubo de inyección y la cubierta protectora se coloca un aparato para medir presión.

COSTOS.

Los principales factores que afectan los costos de estos sistemas son:

- Profundidad de la zona de disposición.
- Velocidad de inyección propuesta.
- Pretratamiento requerido.

- Costos de perforación
- Costos de potencia.
- Costos de operación.
- Costos de mantenimiento

El valor del costo de perforación fluctúa entre tres cuartos a un millón de dólares, generalmente.

A continuación se reporta el costo de un pozo cuya profundidad es una milla.

Velocidad de inyección:	6 mill gal/mes (140 gal/min)
Costo de mantenimiento:	60 000 dls/año
Costo de energía:	2 ctvs dls/año

IMPLICACIONES QUE REPRESENTA LA INYECCION DE RESIDUOS QUIMICOS.

El objetivo de la disposición en pozos profundos de residuos químicos, es el aislamiento de estos de la biósfera; mediante su inyección en basamentos de rocas de tipo sedimentario. A continuación se describen las implicaciones, que esto representa:

1. No se ha llegado a un acuerdo acerca del origen de los basamentos profundos de salmueras, y por ello no se sabe como es su función hidrológica.
2. No existen técnicas precisas para determinar la edad de los salmueras a profundidad y consecuentemente es difícil evaluar el tiempo en que los residuos inyectados permanecerán ahí.

3. Si el subsuelo permite el flujo de fluidos de forma cruzada, entonces los residuos químicos se filtran a través de las rocas de baja permeabilidad.

4. La distribución de permeabilidad y sus diferentes tipos, tiene un control sobre qué tan lejos y qué tan rápidamente pueden migrar los residuos inyectados.

RECOMENDACIONES.

Esta forma de disposición se utiliza en último caso cuando se han evaluado previamente otros métodos y estos no resultaron satisfactorios.

A continuación se proporcionan algunos ejemplos de los residuos que son candidatos a su disposición final mediante éste método;

- Triclorobenceno y productos similares.
- Sales inorgánicas, ya que para ambos se requiere una gran energía para su incineración.
- Alcohol terbutílico, ya que no es biodegradable.
- Etilbenceno. Después de su tratamiento, el efluente resultante contiene altos valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda total de oxígeno (DTO), ó de Sólidos totales disueltos (STD).

Se mencionan algunas condiciones de operación para algunos residuos:

RESIDUOS	FLUJO (Gal)	PRESION (Psi)	COMPONENTES
Acido clorhidrico	17 500	260 a 340	-Cloruros -hierro -Acido clorhidrico -manganeso -cobre -niquel -zinc -cromo -plomo
Residuos de la producción de pesticidas	186 000	450 a 616	-Hidrocarburos clorinados volátiles -cloruros -hidróxido de sodio -clordano -hidrocarburos clorinados no volátiles

CAPITULO V.

TRATAMIENTO AGROQUIMICO (LANDFARMING).

Este proceso fue desarrollado inicialmente hace más de veinte años por la industria petrolera. Hace algunos años, el proceso se aplicó a residuos domésticos y recientemente se aplica a ciertas clases de residuos industriales como los provenientes de la industria alimenticia, textil, de madera, papel, química, de jabón y detergentes.

Un sistema mal diseñado, puede traer problemas de contaminación de aguas superficiales, subterráneas, de aire y del mismo suelo.

La capa de suelos que se utiliza es de 15-20 cm de la superficie hacia abajo, ya que es en ésta zona donde se encuentra un mayor número de microorganismos como bacterias anaerobias, actinomicetos, hongos y algas; las cuales degradarán los residuos a tratar (27). Los procesos que pueden sufrir dichos residuos son uno ó más de los siguientes:

- Descomposición
- Lixiviado de los componentes que sean solubles en agua.
- Volatilización
- Incorporación al suelo

El requerimiento esencial del proceso es que exista una biodegradación máxima, siendo deseable la asimilación de los residuos biodegradados hacia el suelo y no directamente ya que pueden ocasionar toxicidad ó rompimiento de su estructura.

La volatilización, erosión o generación de lixiviados son procesos indeseables que se deben evitar.

El mecanismo de descomposición comprende una serie de etapas bioquímicas que transforman el carbono a bióxido y el carbono remanente es asimilado por la masa celular microbiana, si el suelo cuenta con cantidades suficientes de nitrógeno y fosfatos, de otra manera, es necesario añadir estas sustancias mediante fertilizantes.

El material no biodegradable como metales, sales, coque, arena, polvo, etc., queda remanente en el terreno.

Los factores principales que controlan la biodegradación de los residuos son los siguientes:

-Composición del residuo.

-Contacto entre el residuo y los microorganismos de los suelos. A menor tamaño de partícula de los residuos, se maximiza la superficie de contacto.

-Oxígeno. La cantidad de oxígeno en el suelo es esencial para la biodegradación, si ésta es aerobia es mucho más rápida y completa que la anaerobia, por ello se prefiere la primera.

-Temperatura. La rapidez del proceso de biodegradación disminuye si la temperatura del suelo disminuye, sin embargo este no es un factor que se pueda controlar y, por tanto, no se considera determinante para este proceso, pero bajo condiciones de baja temperatura, esta tecnología no se puede aplicar.

-pH. Es un factor determinante para la actividad microbiana por lo que debe mantenerse entre 7 y 9. El pH se controla añadiendo, por ejemplo, cal. El propósito de mantener el pH en este intervalo es evitar la solubilidad de metales pesados que se encuentren presentes, pues a pH bajos ésta se incrementa.

-Nutrientes inorgánicos. Permiten aumentar la rapidez de biodegradación, son proporcionados mediante fertilizantes comunes, ya sean de nitrógeno y fósforo. Para conocer que cantidad de éstos se requiere, se necesitará conocer la concentración de los residuos y la persistencia de los fertilizantes en el suelo. A continuación se mencionan algunas reglas generales que permiten determinar fácilmente la cantidad de fertilizantes que se requiere agregar para acelerar el proceso:

1. Para materia que sea rápidamente biodegradada como residuos farmacéuticos, una parte de nitrógeno por 25 partes de residuo carbonáceo será suficiente. Generalmente no requiere fosfato, pero si así resultara, éste se añade en cantidades del 1 al 10% de la cantidad de nitrógeno necesario.

2. Para aquéllos residuos que no se degradan rápidamente como los de petróleo, se requiere del 1 al 10% más que lo necesario para los residuos de biodegradación rápida.

3. Si los fertilizantes se encuentran en exceso, puede presentarse contaminación de las aguas subterráneas debida principalmente al amonio presente en aquéllos.

-Humedad. Es otro factor importante para la actividad microbiana. La humedad que se considera óptima varía del 50 al 60% de la capacidad del suelo para retenerla. Como regla de dedo, el agua que requiere una planta para crecer, se considera la apropiada para la actividad microbiana.

RESIDUOS QUE SE PUEDEN DISPONER MEDIANTE ESTA TECNOLOGIA.

Los residuos a quienes está destinada esta tecnología son los orgánicos biodegradables, cuya susceptibilidad a presentar lixiviación no sea muy alta mientras el proceso de biodegradación se lleva a cabo. Algunos ejemplos son los residuos provenientes de la industria petrolera (como aceites), de la industria farmacéutica y orgánica. No deben tratarse residuos que tengan concentraciones altas de componentes peligrosos, como metales pesados, reactivos, tóxicos ó radioactivos.

REQUERIMIENTOS.

A continuación se describen los elementos esenciales de un proyecto de Tratamiento agroquímico ("landfarming").

1. Evaluación preliminar del sitio

Esta evaluación involucra dos tipos de información:

- Técnica
- Sociogeográfica.

La primera se refiere a condiciones hidrológicas, topográficas, climáticas y de suelos, mientras que la segunda se avoca al conocimiento del uso del suelo de la región elegida para utilizar esta tecnología; localización de las fuentes generadoras de residuos, legislación local, existencia de recursos y poblaciones cercanas al sitio, así como conocimiento de la existencia de otras formas de tratamiento y disposición.

Esta evaluación tiene como objetivo minimizar la probabilidad de contaminación de aguas superficiales y subterráneas, así como de evitar emisiones hacia la atmósfera.

El sitio elegido debe ser lo suficientemente plano, a fin de minimizar la erosión, y en declive para prevenir que se formen lagunas.

Debe conocerse la geología del subsuelo de manera que se elija aquel sitio que no presente fallas, cavernas ó otras hendiduras que permitan que fluyan por éstas las aguas subterráneas. Los mantos acuíferos no deben encontrarse a menos de tres metros de profundidad, aún cuando el suelo contenga un alto contenido de arcilla. En caso de ser necesario, se empleara un recubrimiento impermeable.

2. Caracterización de suelos.

Se requiere un estudio profundo de las características del suelo, a fin de efectuar pruebas con éste, a nivel laboratorio y a nivel piloto, en el sitio elegido.

Las características que son de interés determinar, incluyen:

-tipo y cantidad de microorganismos, (la tabla 7 proporciona la composición de microorganismos en suelos).

-granulometría del suelo

-capacidad de retención de humedad

-contenido de materia orgánica

-pH

-vegetación natural

-usos futuros, etc.

TABLA 7

CARACTERIZACION TIPICA
DE LOS MICROORGANISMOS
PRESENTES EN SUELOS.

PROFUNDIDAD (cm)	MICROORGANISMOS DE SUELO				
	3-8	20-25	35-40	57-75	135-145
BACTERIAS AEROBIAS	780	190	47	1	0.1
BACTERIAS ANAEROBIAS	195	37.9	9.8	0.1	0.04
ACTINOMICETOS	208	24.5	4.9	0.5	-
HONGOS	11.9	5	1.4	0.6	0.3
ALGAS	2.5	0.5	0.05	0.01	-

Una vez elegido el sitio se toman muestras del terreno a una profundidad de 2.5 a 3 metros . Los análisis que se deben aplicar a estas muestras para conocer la capacidad del suelo para aceptar a los residuos son principalmente los siguientes:

- a) Tipo del suelo.
- b) Capacidad de intercambio catiónico del suelo.

3. Caracterización de los residuos.

Es necesario conocer si los residuos a tratar son peligrosos y si es posible tratarlos mediante este método, esto último debe hacerse con un estudio detallado de las características físicas, químicas y biológicas de dichos residuos. En algunos casos se les aplica pretratamiento para posteriormente aplicar este proceso ó bien para aumentar la rapidez y eficiencia de degradación.

El programa de operación para determinar la cantidad de residuos que es posible tratar mediante este método debe evaluarse mediante pruebas piloto.

Los análisis que se aplican para caracterizar a los residuos, son los siguientes:

a) Contenido de metales:

-Arsénico	-Cobre	-Selenio
-Bario	-Mercurio	-Plata
-Cadmio	-Plomo	-Sodio
-Cromo	-Nitratos	-Zinc

b) pH

c) Constituyentes principales del residuo (aceite, compuestos orgánicos específicos, pesticidas).

4. Comportamiento de los residuos en los suelos.

Debe tenerse información sobre el comportamiento de los residuos ya sea mediante la literatura ó por pruebas previas. Los puntos que deben ser evaluados son: facilidad de degradación, potencial de biodegradación del residuo, su movilidad y persistencia.

Otro punto importante que debe considerarse, es que el estudio se torna más complejo si existen más de dos residuos diferentes.

5. Interacción Residuo-suelo.

El éxito de un proceso de tratamiento agroquímico (landfarming) depende en gran medida de los resultados de los estudios preliminares y su evaluación a nivel piloto. Esta información tiene como objetivo garantizar la degradación, transformación ó inmovilización de los componentes activos de los residuos. Otra información importante es conocer la cantidad total de residuos que podrá ser tratada por unidad de Área, la capacidad de asimilación del suelo para varios residuos, así como los parámetros a ser monitoreados en el área requerida para el tratamiento de una cantidad determinada de residuos.

6. Plan de operación.

Para que el desarrollo del sistema sea adecuado debe elaborarse un plan de operación, los puntos importantes que deben considerarse son:

- Manejo de las aguas pluviales;
- Control de escurrimiento;
- Metodología para la aplicación de los residuos;

-Control de emisiones hacia la atmósfera incluyendo olores, partículas y elementos volátiles;

-Control de la erosión;

-Recubrimiento vegetal

-Registros, relaciones, e inspecciones a ser realizadas; así como el mantenimiento de todos los elementos de la obra.

En resumen, un plan de operación deberá tener un control adecuado de la aplicación de los residuos, previendo la mayor variedad de condiciones que sean posibles.

A continuación se describe en forma general la manera en que se opera en un proceso de Tratamiento agroquímico (Landfarming):

Los residuos se mezclan con las tierras de la zona de arado, se recomienda que estos se sequen un poco, pues la experiencia señala que el mezclado es más efectivo; si se requieren fertilizantes, este es el momento adecuado para aplicarlo. El pH debe verificarse se encuentre entre 7 y 9.

Se efectúa remoción periódica de los terrenos para facilitar la aereación y el contacto de éste con los residuos. Las adiciones subsecuentes de residuos dependen de las características de éstos; por ejemplo, para residuos de petróleo se hacen adiciones cada cuatro u ocho semanas, excepto durante el verano.

Asimismo se recomienda monitorear periódicamente para conocer la degradación del residuo y detectar cualquier contaminación de aguas subterráneas. La prueba debe efectuarse por lo menos cada año.

7. Plan de monitoreo.

El plan de monitoreo, tiene tres objetivos básicos:

I. Determinar la toxicidad ó peligrosidad de los residuos a medida que se degradan.

II. Identificar la migración de los componentes peligrosos.

III. Conocer el grado de biodegradación de los residuos para determinar cuando se pueden reaplicar nuevamente otros residuos.

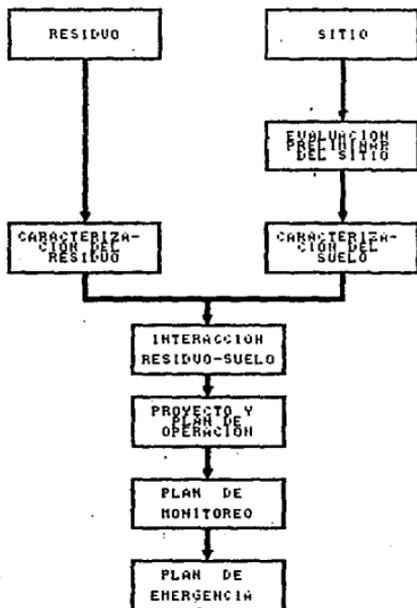
Asimismo, es indispensable una revisión rutinaria de todos los puntos críticos de la obra, como drenaje, pozos de monitoreo, presencia de puntos de erosión, etc.

8. Plan de emergencia.

La elaboración de un plan de emergencia es requisito para todo proceso, por ello debe contarse con uno que involucre medidas a tomar cuando existan casos de derrame, aplicación incorrecta de cantidades de residuos mayores a las proyectadas, daños al sistema de control de aguas pluviales, detección de contaminación del manto freático, fuego ó explosiones.

En la fig. no. (8), se presentan las etapas que se requieren evaluar para elaborar un proyecto de "Landfarming".

FIGURA 8
DIAGRAMA DE FLUJO
TRATAMIENTO AGROQUIMICO
(LANDFARMING)



CAPITULO VI.

CONFINAMIENTO CONTROLADO

Otra forma de disposición de Residuos Industriales son los Confinamientos.

Existen diferentes tipos, los cuales se mencionan a continuación: Relleno Sanitario, Relleno Industrial y Confinamiento Controlado.

Se menciona el Relleno Sanitario, porque aún cuando en éste, solamente se pueden depositar residuos municipales -es decir aquellos generados por cualquier actividad urbana excepto los residuos radioactivos, los provenientes de procesos industriales ó los residuos patológicos hospitalarios- tiene la misma finalidad que la de los otros dos tipos: la disposición de residuos.

Las bases de diseño y los estudios para realizar su construcción son muy similares para los tres tipos; sin embargo, el grado de seguridad que deben ofrecer es diferente, siendo el grado más severo para el Confinamiento Controlado, del cual se hará una referencia amplia más adelante. Asimismo, los tipos de residuos que pueden aceptar son distintos. En la tabla (8) se ofrece una idea clara y general del uso que se le asigna a cada tipo de Confinamiento (85).

Debido a que este trabajo se refiere a los Residuos Industriales y no a los Municipales, solo se estudiará el tipo Confinamiento.

TABLA 8

**TIPOS DE CONFINAMIENTOS
PARA LA DISPOSICION DE
RESIDUOS**

TIPO	RESIDUOS QUE SE PUEDE DISPONER
<p>CONFINAMIENTO CONTROLADO</p>	<p>GRUPO I RESIDUOS PELIGROSOS (TAMBIEN PUEDE ACEPTAR RESIDUOS DE LOS GRUPOS II Y III)</p>
<p>RELLENO INDUSTRIAL</p>	<p>GRUPO II RESIDUOS INDUSTRIALES NO PELIGROSOS (PUEDE ACEPTAR RESIDUOS DEL GRUPO III)</p>
<p>RELLENO SANITARIO</p>	<p>GRUPO III RESIDUOS MUNICIPALES</p>

El Relleno Industrial, se utiliza para la disposición de residuos no peligrosos, ésta clase de residuos son factibles de codisponerse en un Relleno de tipo Sanitario, en el caso de que no se desee ser tan riguroso, y contar con un sitio de disposición únicamente para residuos no peligrosos.

En un Confinamiento Controlado se depositan residuos peligrosos, éste también puede aceptar residuos no peligrosos; sin embargo el material de construcción y las medidas de control y seguridad que requiere son más estrictas, lo que repercute en altos costos de inversión y operación. Es ésta la principal razón por la cual no se recomienda invertir en un confinamiento de este tipo, cuando se desea disponer residuos no peligrosos.

En lo sucesivo, se hará referencia únicamente al tipo Confinamiento Controlado.

DEFINICION.

Confinamiento Controlado, se define (71) como una obra de ingeniería, que tiene como finalidad la disposición final de residuos peligrosos, garantizando su aislamiento definitivo.

El objetivo que debe cumplir un Confinamiento Controlado, es el de aceptar residuos para su disposición segura, con el mínimo riesgo posible de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas y del medio ambiente en general.

Antes de abordar el tema, es necesario mencionar que para lograr su funcionamiento adecuado, requiere de diversas instalaciones a las que se les denomina Obras Complementarias, las cuales se definirá más adelante.

A continuación, se describirán las secciones fundamentales que integran un Confinamiento Controlado:

1. Cubiertas para evitar percolación de lixiviados hacia el manto freático y sistema de detección de dichos lixiviados.

Uno de los aspectos más importantes que requiere la construcción de un Confinamiento Controlado, es la impermeabilización del terreno sobre el cual se asentará éste. De ésta forma, se evitará, que cuando se formen lixiviados debido, por ejemplo, al contacto de las lluvias con los residuos confinados, percolen hacia el subsuelo y a corrientes acuíferas subterráneas causando su contaminación. Para evitar estos problemas, en la mayor medida posible, se emplean capas impermeabilizantes cuya función es retener los lixiviados; tales capas pueden ser de dos tipos: naturales y sintéticas. Pertenecen al primer grupo, principalmente suelos con un gran contenido de materiales como arcilla (bentonita, illita o caolinita), limo y arena. Estos materiales tienen la particularidad de absorber aproximadamente cinco veces su peso en agua.

Se utilizan también químicos inorgánicos como carbonato de sodio, silicatos ó pirofosfatos que se mezclan con el material del suelo. Esta técnica no es muy usada, pues solo se utiliza cuando se confinan ciertos residuos como metales pesados.

Otro tipo de material impermeabilizante, son los asfaltos, ya sean solos ó mezclados como concreto asfáltico. Estos se aplican con equipo de pavimentación convencional.

Las membranas sintéticas pertenecen a otro grupo, son

flexibles y difieren entre si en polaridad, composición y resistencia química. Son de materiales como cloruro de polivinilo, neopreno, polietileno de alta densidad, isopropileno, etc. El utilizar membranas sintéticas, implica costos muy elevados.

La elección del tipo de material más adecuado para la capa impermeabilizante, deberá tomar en cuenta, aspectos técnicos y económicos, tales como costo, compatibilidad del material a utilizar con los residuos que se confinarán, condiciones climatológicas, propiedades mecánicas de esos materiales, como tensión a la que estarán sujetos, y geometría del Confinamiento.

La forma en que se captan los lixiviados, que permanecen retenidos sobre la capa impermeabilizante, se realiza mediante un sistema de drenaje que se coloca en ésta área.

Se recomienda que su construcción sea de materiales resistentes a los lixiviados y con un periodo de vida útil igual al del confinamiento. Asimismo, se deben establecer pozos de monitoreo, que permitan detectar la presencia de lixiviados, tomar muestras de éstos y analizarlos, para posteriormente aplicarles un tratamiento, eliminando de esta forma sus características de peligrosidad.

2 . Sección de disposición de Residuos Industriales Peligrosos.

Es precisamente esta zona la parte central del Confinamiento, pues en ella se depositan los residuos, de tal forma que se mantengan aislados del Medio Ambiente.

El terreno se encuentra dividido en compartimientos, a los cuales se les denomina celdas. Se entiende por Celda el espacio, creado natural ó artificialmente, dentro de un Confinamiento Controlado que es apto para recibir residuos peligrosos compatibles (72).

La finalidad de estas celdas es depositar en ellas los residuos peligrosos de acuerdo a su compatibilidad, esto significa que no se deberá depositar en una misma celda residuos que, de acuerdo con sus características, fisico-químicas, puedan reaccionar espontáneamente provocando daños, por ejemplo, explosiones. La Tabla (9), contiene la clasificación que se ha establecido de los grupos de residuos peligrosos, así como algunos ejemplos de los residuos que pertenecen a cada uno de dichos grupos (70).

En la tabla (10), se presentan la forma en que es posible determinar la incompatibilidad de los residuos, es decir, supongamos que se requiere depositar dos residuos diferentes en una misma celda, lo primero que debe identificarse es el grupo al que pertenece cada residuo y, posteriormente, mediante la tabla de incompatibilidad se intersecan los grupos; si se indica alguna de las reacciones que se enlistan en la Tabla (11), significa que los residuos no se pueden depositar en la misma celda, esto es, son incompatibles. En caso contrario, si es posible codisponerlos (74).

TABLA 9
GRUPOS REACTIVOS

GRUPO No.	NOMBRE	EJEMPLOS
1	ACIDOS MINERALES NO OXIDANTES	Acidos i bórico, cianhídrico, fosforico, etc..
2	ACIDOS MINERALES OXIDANTES	Acidos i bromico, hipocloroso, nitrico, etc..
3	ACIDOS ORGANICOS	Acidos i acético, adipico, oxálico, fórmico, etc..
4	ALCOHOLES Y GLICOLÉS	Acetocianhidrina, aminoetanol, alcohol benzílico, hexanol, propilalcohol, etc..
5	ALDEHIDOS	Acetaldehido, furfural, heptanal, butiraldehido, etc..
6	AMIDAS	Acetamida, butiramida, fosfina, propionamida, etc..
7	AMINAS ALIFATICAS Y AROMATICAS	Aminodifenil, aminoetanol, anilina, piridina, morfolina, etc..
8	AZOCOMPUESTOS, DIAZOCOMPUESTOS E HIDRAZINAS	Aminotiazol, tetraolina, hidracina, clorozodim, etc..
9	CARBAMATOS	Ádicarb, bufacarb, landrin, N-isopropil-metil carbamato
10	CAUSTICOS	Amoníaco, hidróxido de bario, aluminato de potasio, etc..
11	CIANUROS	Cianuros de i cadmio, cobre, oxicianuro de mercurio, etc..
12	DITIOCARBAMATOS	Dietil-ditio-carbamato de selenio, sales de zinc del ácido dimetil-ditio-carbámico
13	ESTERES	Acetato de butilo, acrilato de metilo, acetato de metilo
14	ETERES	Butilcelosolve, dicloro-etil eter, glicol-eter dioxano, turano, etc..
15	FLUORUROS INORGANICOS	Fluoruros de i aluminio, potasio, sodio, hexafluoruro de telurio, etc..
16	HIDROCARBUROS AROMATICOS	Acenafiteno, benzopireno, ceneno, naftaleno, etc..
17	ORGANO-HALOGENADOS	Bromuro de acetilo, clorhidrina, dieldrin, etano endrin, etc..
18	ISOCIANATOS	Clorofenil-isocianato, metilendil-isocianato, etc..
19	CETONAS	Acetona, benzofenona, nonanona, metil-terbutil-cetona, etc..
20	MERCAPTANOS Y OTROS SULFUROS ORGANICOS	Ádicarb, butil-mercaptano, nail-mercaptano, tetrasul, etc..
21	METALES ALCALINOS Y ELEMENTALES O AZOCLAS	Bario, Cesio, Magnesio, etc..

referencia No. 72

TABLA 9... (continuación)

GRUPOS REACTIVOS

GRUPO No.	NOMBRE	EJEMPLOS
22	OTROS METALES, ELEMENTALES O HEZCLAS POEVO, VAPOR O PARTICULA	Aluminio, Bismuto, Cobalto, etc.
23	OTROS METALES, SOLUCIONES AQUEOSAS DE SLES, CLORURO O NITRATO	Aluminio, bismuto, Cobre, Bronce, etc..
24	METALES Y COMPUESTOS DE METALES TOXICOS	Arsenato de amonio, dicromato de amonio, pentasulfuro de antimonio, perclorato de bario, tetrametilo de plomo, etc..
25	NITRUROS	Nitruros de antimonio, tallo, dinitruro tricalcico, etc..
26	NITRILIS	Acetolanhidrina y acetonitrilo, cianuro de vinilo, etc..
27	COMPUESTOS NITRADIS	Nitrato de acetilo, clorodinitro- anilina, nitrato de polivinilo, acido picrico, etc..
28	HIDROCARBUROS ALIFATICOS NO SATURADOS	Acetileno, butadieno, hexeno, dimetilbutino, etc..
29	HIDROCARBUROS ALIFATICOS SATURADOS	Butano, ciclohexano, etano, metano, etc..
30	PEROXIDOS DE HIDROGENO Y OTROS ORGANICOS	Peroxidos de benzolillo, acetilo, butilo, peroxido caprilico, etc..
31	FENOLIS Y CRESOLIS	Bromofenol, Aminofenol
32	ORGANOFOSFORADOS, FOSFORINICOS Y FOSFORONICOS	
33	SULFUROS INORGANICOS	Sulfuros de tallo, zinc, sodio, trisulfuro de foforo
34	EPOXIDOS	Butil-glicidil-eter, epoxidobuteno, oxido de etileno, oxido de propileno, etc.
101	MATERIALES INFLAMABLES Y COMBUSTIBLES DIVERSOS	Asfalto, aceite combustible pesado, poliestireno, aguarras, aceite diesel, poliuretano, etc.
102	EXPLOSIVOS	Nitrato de acetilo, clorato de amonio, picrato de amonio, acido de amonio, nitrocelulosa
103	COMPUESTOS POLIMERIZABLES	Acrilonitrilo, isopreno, estireno, etilamina, cloruro de vinilo, etc..
104	AGENTES OXIDANTES FUERTES	Clorato de amonio, sodato de bario, perclorato de bario, oxido de foforo, fluor
105	AGENTES REDUCTORES FUERTES	Borohidruro de aluminio, sulfuro de cobre, carburo de calcio, hidruro de bario
106	AGUA Y HEZCLAS ACUOSAS	Soluciones y mezclas acuosas
107	SUSTANCIAS REACTIVAS AL AGUA	Acetiluro de cadmio, anhido acético, acido, oxido de bario

Referencia No. 70

TABLA No - II

CODIGO DE REACTIVIDAD.	
CODIGO DE REACTIVIDAD	CONSECUENCIAS DE LA REACCION
C	Genera calor por reaccion quimica.
F	Produce fuego por reacciones exotermicas violentas y por ignicion de mezclas o de productos de la reaccion
G	Genera gases en grandes cantidades y puede producir presion y ruptura de los recipientes cerrados.
GT	Genera gases toxicos.
GF	Genera gases inflamables.
E	Produce explosion debida a las reacciones extremadamente vigorosas o suficientemente exotermicas para detonar compuestos inestables o productos de reaccion.
P	Produce polimerizacion violenta, generando calor extremo y gases toxicos e inflamables.
S	Solubilidad de metales y compuestos de metales toxicos.
D	Produce reaccion desconocida. Sin embargo, debe considerarse como incompatible la mezcla de los residuos correspondientes a este codigo, hasta que se determine la reaccion especifica.

Supongamos que se desea confinar en una misma celda dos residuos, por ejemplo, ácido fosfórico contaminado y cianuro de cobre. Lo primero se debe hacer es identificar en la Tabla no. 9, el grupo reactivo al que pertenece cada uno de los residuos antes mencionados. De ésta se obtiene que el ácido fosfórico pertenece al grupo I y el cianuro de cobre al grupo II. Después, en la Tabla no. 10 se intersecan los números de los grupos reactivos que se obtuvieron, es decir, el I y el II, y en la cual se puede leer las claves "gt" y "gf"; consultando éstas en el Código de reactividad (Tabla no. 11), "gt" significa generación de gases tóxicos y "gf" generación de gases inflamables. Con esta información se concluye que no es posible confinar en una misma celda los dos tipos de residuos en cuestión pues se generan reacciones indeseables.

Las dimensiones y forma de las Celdas, se determinan, considerando las características físico-químicas de los residuos que se depositará en ellas, la cantidad de los mismos, el tipo de envase que los contiene ó en su caso, si se encuentran a granel.

Su construcción debe incluir un Sistema de Captación de Lixiviados y un Sistema de Venteo en el caso de que en alguna celda se depositen residuos que produzcan gases ó vapores. Estos dos sistemas se estudiarán mas adelante.

Los muros de contención de las celdas, se construyen generalmente de concreto con un espesor de 60 cm.

3. Clausura de celdas y cubierta final.

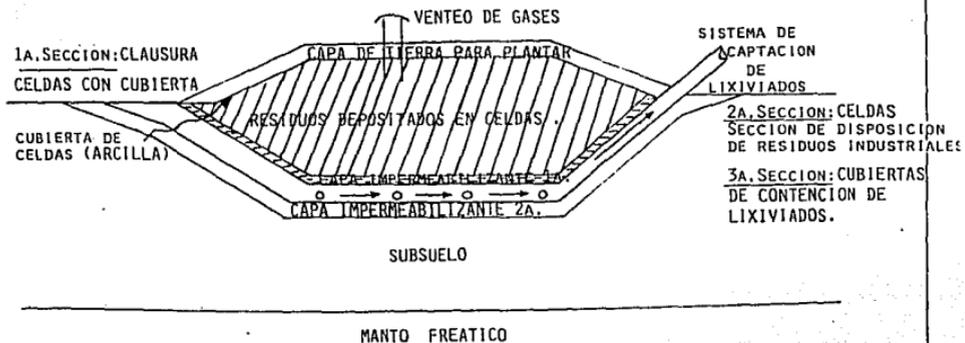
La cubierta de cada celda consiste de dos capas, generalmente una es de arcilla de 30 cm de espesor y otra de suelo vegetal de 20 cm de espesor. En el caso de que en

alguna celda se hayan depositado residuos que generan vapores ó gases, además de las capas anteriores, se requiere una adicional de grava con un espesor de 25 cm.

La figura (9) muestra un esquema seccional de un Confinamiento controlado.

FIGURA No. 9

REPRESENTACION DE LAS SECCIONES PRINCIPALES DE UN CONFINAMIENTO CONTROLADO.



SELECCION DEL SITIO PARA LA CONSTRUCCION DE UN CONFINAMIENTO CONTROLADO.

El esquema proporcionado anteriormente, permite ofrecer una idea general de lo que es un confinamiento controlado. Para construir una instalación de ésta naturaleza, es imprescindible, elegir el sitio adecuado en donde se asentará, pues de ello dependerá el buen funcionamiento del mismo y la preservación de la calidad del medio ambiente (71).

A continuación, se menciona una serie de aspectos que son recomendables evaluar cuando se desee seleccionar adecuadamente un sitio para la construcción de un Confinamiento Controlado.

Tales aspectos son, principalmente, los cuatro siguientes:

1. Ingeniería
2. Ambiental
3. Público, Legal y Político
4. Económico

A continuación se describe cada uno de estos puntos:

1. Ingeniería

a) Tamaño Físico. Las dimensiones del sitio elegido deben ser tales, que permitan la disposición de residuos durante un período de por lo menos 20 años.

b) Localización. Se situará a una distancia en donde los costos por transporte desde los sitios de generación de residuos hasta el confinamiento no sean tan elevados, además de que sea un lugar de fácil acceso, alejado de los centros de población.

c) Topografía. Se considerará terrenos, cuya pendiente media no sea menor del 5% ni mayor del 30%; es decir, ésta no deberá ser muy pronunciada ni demasiado plana.

d) Suelos. Se prefiere elegir suelos de tipo arcilloso, pues estos tienen características de impermeabilidad.

e) Geohidrología. No deben existir mantos acuíferos en el sitio elegido; en caso de que esto suceda, la profundidad a la que se encuentren deberá ser mayor ó igual a 200 m.

f) Hidrología Superficial. El sitio se localizará fuera de llanuras de inundación; alejado longitudinalmente una distancia mayor ó igual a 500 m a partir del centro del cauce de cualquier corriente superficial sea ésta permanente ó intermitente. Asimismo, la cuenca de aportación hasta el sitio elegido, deberá ser en lo posible pequeña y cerrada.

2. Ambiental

a) Aire. Las emisiones a la atmósfera y olores deben ser mínimos. Asimismo, el sitio elegido deberá localizarse en dirección contraria a los vientos dominantes.

b) Ecología acuática y terrestre. Evitar áreas en donde existan especies únicas.

c) Ruido. Minimizar el tráfico de camiones pesados y el equipo que cause altos niveles de ruido.

d) Uso de la tierra. Se debe evitar utilizar áreas de recreación ó de labranza.

e) Zonas culturales. No se utilizarán áreas históricas, paleontológicas ó arqueológicas.

3. Público, Legal y Político.

a) Legal. Es importante considerar todos los requerimientos legales, tanto estatales como federales para la construcción del confinamiento. En México, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), tiene asignada la tarea de autorizar la instalación y operación de sitios de disposición final, en este caso Confinamiento Controlado; según el Artículo 4 del capítulo I "Disposiciones Generales" del Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos publicado el 25 de Noviembre de 1988. Asimismo, para el diseño, construcción y operación de los Confinamientos Controlados, se deberá seguir las especificaciones contenidas en las Normas Técnicas Ecológicas que expide la Dependencia antes citada.

b) Político. La aceptación por parte del público de la construcción de una instalación de este tipo a través de asociaciones es importante pues esto repercutirá de una u otra forma en el desarrollo y funcionamiento del Confinamiento.

4. Económico

a) Adquisición adecuada. Se deberá analizar las características del terreno que se utilizará, de manera que la inversión sea redituable.

b) Costo de infraestructura. Este punto se refiere al costo de construcción del confinamiento, así como de los servicios para su operación como alumbrado, caminos, etc.

Se diseñara un camino hacia el confinamiento controlado, el cual dará servicio durante toda la vida de ésta. Se considera que los caminos interiores tendrán aproximadamente el 5% del área total del confinamiento, su ancho dependerá del tipo de vehículos que transiten, así como de la intensidad de tráfico esperado.

5. Celdas. El diseño de las celdas estará determinado por el tipo de residuos que en ella se depositará, por las características del suelo y la demanda del uso del confinamiento. Sin embargo, se considera que las dimensiones generales son 150 m x 100 m, pues con estas se obtiene un mejor rendimiento de la maquinaria a utilizar.

6. Impermeabilización del Terreno. Uno de los aspectos más importantes del confinamiento es la impermeabilización del terreno de las celdas, ya que con ello se evitará que los lixiviados que se puedan formar, por ejemplo, con las lluvias, percolen hacia corrientes subterráneas de agua y provoquen problemas de contaminación.

OBRAS COMPLEMENTARIAS.

Como ya se ha mencionado anteriormente, las Obras Complementarias de un Confinamiento Controlado permiten su funcionamiento integral, de manera que sin éstas, no operaría adecuadamente. Dichas instalaciones, se describen a continuación.

- Caminos exteriores e interiores. Los caminos exteriores se refieren a los caminos de acceso vehicular hacia el confinamiento, los cuales deben ser permanentes. En cuanto a los caminos interiores, son temporales y se utilizan para trasladar los residuos hacia las celdas de disposición, de manera que cuando estas quedan totalmente ocupadas con los residuos, en tales caminos el tránsito es mínimo.

- Báscula. Mediante una báscula de pesaje, se llevará el control de la cantidad de residuos que se recibirá en el Confinamiento.

- Área de almacenamiento temporal. Es el área destinada para recibir y almacenar temporalmente los residuos que llegan al Confinamiento, en el caso de que no exista celda disponible que permita su disposición inmediata. Una vez construida la celda, los residuos se enviarán a ésta.

Las dimensiones de ésta Área de almacenamiento, serán tales, que permitan almacenar, como mínimo, siete veces la recepción diaria de residuos.

- Laboratorio.

Allí se efectuará análisis físico-químico a muestras de los residuos que se reciban en el Confinamiento, para determinar sus características de peligrosidad e incompatibilidad, esto con la finalidad de asignarles su celda de disposición. Asimismo se evaluará las características de lixiviados, aguas de lavado que pudieran estar contaminadas, así como el desarrollo de pruebas experimentales y de campo.

- Zona de Limpieza. En este sitio, se realizará el lavado de equipo, herramienta ó contenedores que hayan estado en contacto con los residuos. Las aguas de lavado se recolectarán, analizarán y se les dará un tratamiento, a fin de evitar la contaminación de suelo y agua.

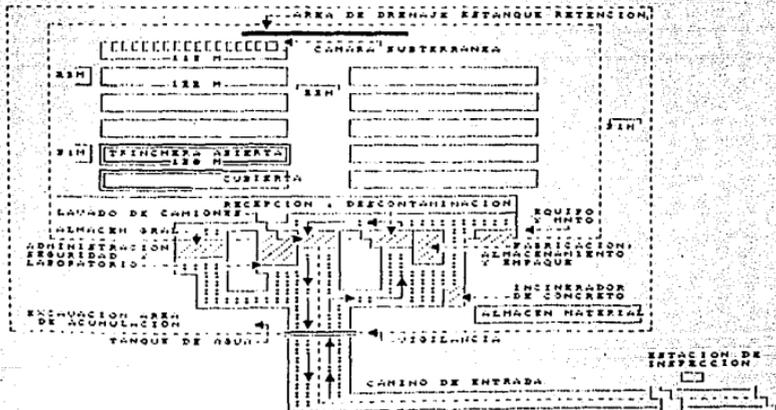
- Instalaciones auxiliares. Además de las obras complementarias ya mencionadas, se deben contemplar los Servicios Auxiliares, como electricidad, obra hidráulica, sanitaria y equipo de seguridad.

Alrededor del terreno en donde se construye el Confinamiento, se colocará una cerca que impida el paso de personas no autorizadas. Este también contará con Oficinas administrativas.

En la fig. (10), se muestra un arreglo de conjunto para todas las instalaciones que conforman un Confinamiento Controlado. Existen otras formas de arreglo, sin embargo, la que se presenta, pretende proporcionar un esquema general.

FIGURA 10
 DIAGRAMA DE PLANTA DE UN
 CONFINAMIENTO CONTROLADO

OBRA DE DRENIO DE
 AGUAS SUPERFICIALES



- CLAVE
- ////// EDIFICIOS
 - ||||| AREA PAVIMENTADA
 - ||||| FOSAS DE DRENAJE
 - CERCA DE ALAMBRE
 - > FLUJO DE ENDAQUE

SISTEMAS DE MONITOREO.

Los problemas más serios que pueden ocurrir en un sistema de disposición como el que nos ocupa, en cuanto a deterioro del Medio ambiente, es la contaminación de los mantos acuíferos, tanto superficiales como subterráneos. Es por ello, que cuando se considera la construcción de un Confinamiento, es parte esencial incluir, un sistema de Monitoreo.

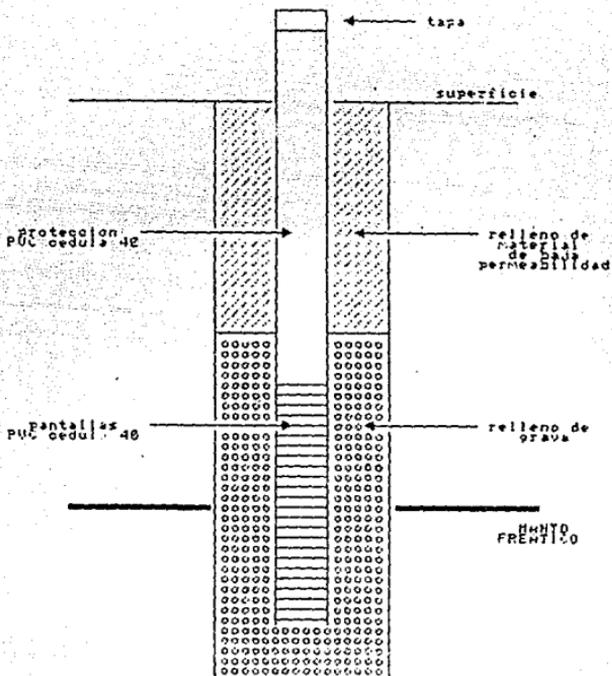
Este sistema, se divide en monitoreo de mantos acuíferos subterráneos y en monitoreo de aguas superficiales.

El primero tiene como finalidad detectar anomalías en la calidad del agua, causadas por las operaciones dentro del confinamiento ó por los residuos que se encuentran depositados en éste. Básicamente, está integrado por pozos que se diseñarán (fig. 11) y localizarán (fig.12) de acuerdo con las características del sitio en donde se construirá dicho Confinamiento. Generalmente, los pozos se colocan a una profundidad de 3.5 m. Es recomendable hacer una primera prueba, antes de confinar los residuos para conocer las condiciones naturales de dicho manto y tener una prueba "testigo". El monitoreo, debe efectuarse cada 6 ó 12 meses a fin de verificar en el Laboratorio, mediante las siguientes pruebas, la no contaminación de los mantos de agua (38).

1. Conductividad específica
2. Carbono orgánico total
3. pH
4. Dureza

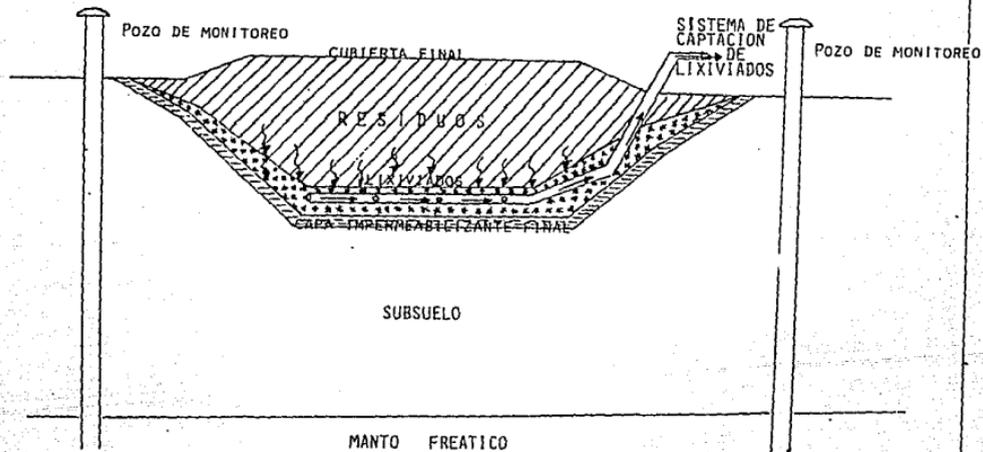
FIGURA No. 11

POZO TIPICO DE MONITOREO DE AGUA SUBTERRANEA



REPRESENTACION DEL SISTEMA DE MONITOREO DE AGUA SUBTERRANEA Y DEL SISTEMA DE LIXIVIADOS

FIGURA No. 12



5. Contenido de iones Fe y Cl
6. Demanda bioquímica de oxígeno
7. Sólidos suspendidos disueltos
8. Presencia de metales pesados.

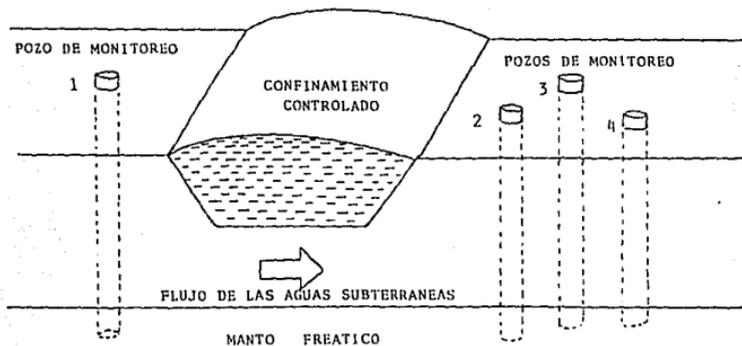
El Monitoreo de aguas superficiales se refiere al muestreo de lagunas, riachuelos, etc., que se pudieran encontrar cercanos al Confinamiento. La afectación de éstos, puede deberse a la captación nula ó inadecuada de los efluentes generados en las operaciones del confinamiento y que entonces se descargan sin control.

El análisis se recomienda efectuarlo con una frecuencia de 3 meses, para las cinco primeras pruebas enlistadas anteriormente y de 6 a 12 meses las restantes.

La fig. (12) representa un arreglo básico de un Sistema de Monitoreo de mantos acuíferos subterráneos.

FIGURA No.13

SISTEMA BASICO DE MONITOREO DEL MANTO FREATICO



La distribución de los pozos de monitoreo permitirá detectar contaminación del manto freático.

PLAN DE EMERGENCIA.

El plan de emergencia para un Confinamiento Controlado, debe contener básicamente una metodología de las acciones a seguir en el caso de accidentes que ocurran durante las actividades internas de las instalaciones.

Es conveniente, la participación conjunta de los organismos gubernamentales correspondientes para un mejor desarrollo de las actividades de emergencia en caso de que los percances ocurridos, escapen al control interno.

Los accidentes mas serios que ocurren en cuanto a la manipulación de los Residuos Industriales Peligrosos, son los incendios, explosiones y derrames; por lo tanto al elaborar el plan de emergencia, es imprescindible incluir las acciones a tomar para controlar y mitigar esta clase de percances.

PLAN DE EMERGENCIA.

El plan de emergencia para un Confinamiento Controlado, debe contener básicamente una metodología de las acciones a seguir en el caso de accidentes que ocurran durante las actividades internas de las instalaciones.

Es conveniente, la participación conjunta de los organismos gubernamentales correspondientes para un mejor desarrollo de las actividades de emergencia en caso de que los percances ocurridos, escapen al control interno.

Los accidentes mas serios que ocurren en cuanto a la manipulación de los Residuos Industriales Peligrosos, son los incendios, explosiones y derrames; por lo tanto al elaborar el plan de emergencia, es imprescindible incluir las acciones a tomar para controlar y mitigar ésta clase de percances.

R E S U M E N

El desarrollo reciente del país se ha traducido en mayores niveles de producción y consumo de bienes y servicios para una población cada vez más numerosa, mayoritariamente concentrada en ciudades. Pero así como se logran avances en el orden económico y social; la industrialización, el crecimiento demográfico y el urbanismo, traen consigo desequilibrios de todo tipo: económico, social, ambiental.

El problema ambiental, que se ha generado por el mal manejo de los efluentes provenientes de la industria, ha aumentado en los últimos años, debido a: la falta de control de los Residuos Industriales Peligrosos (R.I.P.), a la poca información a la luz pública en la materia y al desinterés por parte del industrial por estas cuestiones.

La atención hacia el desarrollo de leyes y normas que rijan la emisión y manejo de residuos es reciente. México como muchos otros países del mundo -desarrollados y en vías de desarrollo- carecía de una serie de instrumentos que permitieran incidir realmente en la problemática ambiental. La legislación ó reglamentación ambiental no había sido suficiente para resolver el problema: en el SECTOR PRIVADO no existía un incentivo económico para considerar y resolver el problema de los residuos; y en el SECTOR PUBLICO no se contaba con los recursos y capacidades suficientes para tratarlos. La función gubernamental estaba limitada a los recursos que disponí y sujeta a las prioridades políticas y sociales, no ambientales.

En la actualidad, el Gobierno de la República promueve -a través de la SEDUE- la creación de bases sólidas para el control de los R.I.P. La Ley General del Equilibrio Ecológico y la protección del ambiente del 28 de Enero de 1988, es uno de los principales mecanismos mediante el cual se preve un mejor control -planeado a mediano y largo plazo- de la generación de los R.I.P. Asimismo, las Normas Técnicas Ecológicas -que periódicamente emite la SEDUE a través del Diario Oficial- constituyen el medio por el cual se mantiene informado al público en general de las técnicas y métodos que en materia de residuos se debe seguir para su manejo y disposición. Por otro lado, debemos mencionar las visitas, inspecciones y multas que ha implementado la SEDUE para la vigilancia y control de las emisiones de R.I.P.

En un sistema de economía mixta, la empresa privada buscará obtener el máximo beneficio de su proceso de producción y distribución; sin embargo, los costos sociales y ambientales que involucra, frecuentemente no están incorporados en las funciones de costo de la empresa. Así, el ciclo económico termina al momento del consumo, sin considerar que en todas las etapas existen residuos que deben ser tomados como parte del mismo, no solo por los costos sociales y ambientales que representa sino por que en muchos casos, el residuo tiene un valor económico intrínseco que debe ser considerado, especialmente en países de escasos recursos.

Existen diversas alternativas para controlar a los R.I.P. ;un sistema adecuado es aquél que incluya los métodos para: retenerlos convenientemente en el lugar donde se generen, y para su transportación, tratamiento y disposición final.

Otras alternativas están basadas en la investigación y desarrollo de nuevos procesos de producción en los cuales se minimice la generación de R.I.P. ó que incluyan el reciclaje de los mismos de manera que sean tratados y reutilizados.

Así, al transformar sus características físico-químicas, los R.I.P. se hacen menos peligrosos ó se obtiene materiales inócuos; para ello existe una gran variedad de tecnologías de tratamiento. En nuestro país recomendamos utilizar aquellas tecnologías que no requieran elementos de importación como equipo, refacciones, asesoría técnica, etc. , y cuyos principios técnicos se encuentren desarrollados en el país. Los aspectos económicos, de infraestructura, así como la capacitación del personal deben influir en la elección de la tecnología de tratamiento que sea más conveniente a la empresa y al país.

Sin embargo, no debemos olvidar que aún cuando se practique el tratamiento y reciclaje, la generación de alguna cantidad de R.I.P. es inevitable. Estos residuos deberán ser dispuestos en un sitio que ofrezca seguridad en cuanto a la preservación del medio ambiente.

La elección del método de disposición más conveniente, estará principalmente condicionada a las características de los residuos que se desea disponer; quedando subordinados los factores de tipo económico como son los costos de inversión, operación y mantenimiento.

El método de disposición final mediante POZOS DE INYECCION PROFUNDA se utiliza únicamente para residuos líquidos, sean soluciones ó emulsiones. Este método resulta poco conveniente por sus altos costos de inversión, operación y de mantenimiento. Por otro lado, los estudios geohidrológicos para determinar el sitio adecuado son muy costosos, y aún más, el comportamiento de los residuos una vez inyectados todavía no se ha determinado. Así, concluimos que éste no es adecuado para el país.

En cuanto al método de TRATAMIENTO AGROQUIMICO (LANDFARMING) se utiliza para residuos orgánicos biodegradables semisólidos, y requiere de extensiones de terreno con características que permitan la degradación de los residuos. La desventaja es que se requiere de un análisis y control estricto de las diversas etapas de la biodegradación con la finalidad de prevenir la erosión de los suelos.

En el método de CONFINAMIENTO CONTROLADO se disponen residuos semisólidos (lodos) estabilizados y residuos sólidos orgánicos ó inorgánicos. Requiere de cierta inversión para la obra civil, por tanto, será más económico para grandes cantidades de residuos y por ello recomendamos compartirlo entre varias empresas. Es un método muy seguro pues

inclusive se tiene control de los lixiviados y solo debe de tenerse en cuenta la compatibilidad de los residuos a disponer.

El país debe proseguir su desarrollo y crecimiento industrial y económico tomando en cuenta la preservación de los recursos y de su medio ambiente, porque cada día es más común darnos cuenta que la mejor medida económica es también la mejor solución ecológica, pues la reparación del daño ambiental tiene un costo para la sociedad más alto que el de su prevención.

En nuestro país se debe fomentar la "CONCIENCIA AMBIENTAL", ya que la falta de ésta determina en mayor grado el deterioro del medio ambiente al no existir motivaciones sociales y culturales para preservarlo.

La acción ecológica no compete solo al poder público, sino a toda la sociedad.

CONCLUSIONES.

-La Legislación Mexicana actual en materia de Residuos Peligrosos es uno de los principales mecanismos mediante los cuales se prevee un control mejor planeado del manejo de los mismos a nivel Nacional.

-Un manejo adecuado de los Residuos Industriales Peligrosos es aquel que incluye su almacenamiento, recolección, transportació, tratamiento y disposición final.

-La selección de las teconologías de tratamiento de los Residuos Industriales Peligrosos que se apliquen en el País serán aquéllas que se fundamenten en los siguientes aspectos: no deben ser dependientes de elementos de importación como asesoría técnica, equipo o refacciones; los principios técnicos deben estar "asimilados" en el País. Asimismo las cuestiones de tipo económico, la infraestructura y la capacitación del personal constituyen parte integral de una selección adecuada.

-Determinar la o las tecnologías de disposición final se debe realizar considerando principalmente las características de los residuos a disponer y los costos de inversión, operación y mantenimiento.

-Para elegir la mejor opción entre las tres tecnologías de disposición final que se describen, se requerirá de un estudio técnico-económico para cada caso específico del tipo de residuo a disponer, sin embargo, debido a que el presente trabajo es de carácter introductorio y general, se propone el tema para estudios posteriores.

INDICE DE FIGURAS.

No. de Figura		Pág.
1	Generación de los diferentes tipos de residuos.	16
2	Distribución de los tipos de residuos industriales generados en el País.	28
3	Zonas de la República Mexicana en las cuales se concentra principalmente el sector industrial.	30
4	Alternativas de solución sobre los Residuos Industriales.	35
5	Legislación Ambiental en México en materia de Residuos Peligrosos.	47
6	Diagrama de flujo para el manejo de Residuos Industriales Peligrosos.	49
7	Pozo de inyección profunda en piedra caliza o dolomita.	74
8	Diagrama de flujo. Tratamiento Agroquímico. ("Landfarming").	89
9	Representación de las secciones principales de un Confinamiento Controlado.	102
10	Diagrama de planta de un Confinamiento Controlado.	109
11	Pozo típico de monitoreo de agua subterránea.	111
12	Representación del Sistema de Monitoreo de agua subterránea y del Sistema de Captación de lixiviados.	112
13	Sistema básico de monitoreo del manantio freático.	114

INDICE DE TABLAS.

TABLA NO.		Pág.
1	Constituyentes que hacen peligroso a un residuo por su toxicidad al ambiente.	19
2	Residuos industriales peligrosos generados por los diferentes tipos de industrias.	21, 22 y 23
3	Tecnologías de Tratamiento Físico.	57 y 58
4	Tecnologías de Tratamiento Químico.	61
5	Tecnologías de Tratamiento Biológico.	65
6	Tecnologías de Tratamiento Térmico.	67
7	Caracterización típica de los microorganismos presentes en suelos.	64
8	Tipos de Confinamientos para la disposición de los residuos.	91
9	Grupos reactivos.	96 y 97
10	Incompatibilidad de los Residuos.	98
11	Código de reactividad.	99

BIBLIOGRAFIA.

- 1) Bateman, Glenn E. Organic solvent recovery. Industrial wastes. Nov.-Dic. (1982)
- 2) Besselièvre B. Edmund. The treatment of industrial wastes. Ed. McGraw-Hill. U.S.A. (1976).
- 3) Boardman D., Gregory. Toxic and hazardous wastes. Company Inc., Lancaster, Pennsylvania, USA. (1986).
- 4) Camp Dresser & McKee Inc. Mobile treatment technologies for superfund wastes. E.P.A. Report No. 540/02/86/003 Sept.(1986)
- 5) Campo de la Hoya, Manuel Ismael. Conceptos básicos en el diseño y construcción de pozos profundos de inyección. Tesis UNAM (1979).
- 6) Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Ecología Humana y Salud. Publicación C.P.E.H.S. Vol. II No. 3 (1983)
- 7) Chávez Zavala, Guillermina. Control de la contaminación de efluentes en una fábrica de papel. Tesis UNAM (1976)
- 8) Cheremisinoff, P.N y Holcomb N.F. Management of hazardous and toxic wastes. Pollution Engineering. Abril (1976).
- 9) Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Resíduos Sólidos Industriais. CETESB. Sao Paulo, Brasil. (1985).
- 10) Cisneros Dominguez, Salvador. Aplicación de las operaciones unitarias al control de la contaminación. Tesis UNAM (1977)
- 11) Congress of the United States. Technologies and management strategies for hazardous waste control. Office of technology assesment, Washington D.C. (1983)

- 12) Corey, R.G. Principles and practices of incineration. Wiley-Intersciences. New York, (1978)
- 13) Coutler B., James. The hazard of hazardous waste management. Industrial Wastes. Sept-Oct. (1980).
- 14) Domínguez F., George. An industry perspective on hazardous waste management. UNEP. Industry and Environment, Special issue. (1983)
- 15) Duvel, W.A. Solid waste disposal: Landfilling. Chemical Engineering, July 2nd, (1979).
- 16) Facultad de Medicina. Saneamiento del Medio. Publicaciones técnicas de medicina preventiva y social No.5. Talleres gráficos de la Fac. de Medicina, UNAM (1981)
- 17) Freeman, Harry. Innovative Thermal Processes for treating hazardous wastes. Technomic Publishing Company Inc. Pennsylvania, USA. (1986).
- 18) García Aparicio, Nodier Eliecer. Desechos sólidos Urbanos. Tesis UNAM (1977)
- 19) García Gutiérrez, Alfonso. Operaciones y procesos unitarios de ingeniería química en el tratamiento y disposición final de desechos sólidos. Tesis UNAM (1975)
- 20) Gobierno del Japón. Fifth Japan-United States Governmental conference on Solid Waste Management. Tokio, Japan, Sept (1982)
- 21) Gómez, Bordonado I. y Almagro Huertas J. Disposición de lodos aceitosos de refinerías de petróleo mediante "Landfarming". Trabajo presentado en el 2o. Congreso Mediterráneo de Ingeniería Química. Noviembre. (1981)
- 22) Gordon Wilson, David. Handbook of solid waste management Van Nostrand Reinhold Co. (1982)

- 23) Guerrero Quiroga, Jorge. Alternativas para la disposici3n final de residuos s3licos en el puerto de Veracruz.
Tesis UNAM (1976)
- 24) Buti3rrez Morales, Camilo Abelardo. Estudio t3cnico-econ3mico para recuperar solventes industriales de desecho.
Tesis UNAM (1987)
- 25) Hrodey E., Steve. Residues from hazardous waste treatment.
Effluent and water treatment Journal, January (1985)
- 26) Huddleston R.L. Solid waste disposal: Landfilling. Chemical Engineering. Febrero (1979).
- 27) Heist A. James. Freeze crystallization. Chemical Engineering. Mayo. (1979).
- 28) International Congress of Environmental Professionals. Proceedings of international congress of hazardous materials management. Pudvan Publishing Co. Illinois (1987)
- 29) International register of potentially toxic chemicals. Treatment and disposal methods for waste chemicals
United Nations Environment Programme, Switzerland (1985)
- 30) Kaplan, Leonard y Shurt, Herb Second chance for pyrolysis.
Chemical Engineering, December 13th, pp 41-43. (1983)
- 31) Kreitler W. Charles. Solid waste disposal: Deepwell injection. Chemical Engineering. Abril (1979).
- 32) Lazarus, Arthur G. Guidelines for revising closed industrial wastes disposal sites. Industrial wastes. Sept-Oct. (1982)
- 33) Leal Lara, Ermilo. Alternativas para la disposici3n final de residuos s3licos en el puerto de Acapulco.
Tesis UNAM (1974)

- 34) Lederman B., Peter. Managing hazardous wastes. Industrial Wastes. Jul-Ago. (1981).
- 35) Lee, C.C., Hoffman, George L. y Oberacker, Donald A. Hazardous waste management, an overview of hazardous/toxic waste incineration. Journal of air pollution control association Vol. 36 No.8 August (1986)
- 36) Lund, Herbert F. Industrial pollution control Handbook. McGraw Hill publications. (1985)
- 37) Mackie A., Jay y Niesen, Kathleen. Hazardous Waste management: the alternatives, Chemical Engineering. Agosto (1984).
- 38) Metry, A. Amir y Colab. Handbook of Hazardous Waste Management, Ed. Pergamon Press. (1984).
- 39) Montell, C.L. Ph.D. Solid Wastes: origin, collection, processing and disposal. Wiley and Sons, (1981)
- 40) Morales Navarro, Bernardo. Diseño de una planta para tratamiento de desechos sólidos en la industria de acabados metálicos. Tesis UNAM (1970)
- 41) Noyes Data Corp. Landfill disposition of hazardous wastes and sludges. Pollution technology review No.62 USA (1977)
- 42) Oppelt, E. Timothy. Incineration of hazardous waste, a critical review. Journal of air pollution control association Vol. 37 No.5 pp.556-566 May (1987)
- 43) Ordoñez, R.B. Los factores de la contaminación química y biológica sobre la salud en países en vías de desarrollo. Revista Higiene Vol 30 No.4 (1980)
- 44) Organización Mundial de la Salud. Industrial and hazardous waste control. Publicación. Octubre . (1982).

- 45) Organización Mundial de la Salud. Salud Mundial.
Publicación Mayo (1971)
- 46) Organización Mundial de la Salud. Salud Mundial.
Publicación Mayo (1972)
- 47) Ortiz Monasterio, F. Manejo de los Desechos industriales rec-
idatorios en México. Universo Veintiuno. México. (1987).
- 48) Parna, T.G. y Sedman, C.D. Waste Incineration and emission
control technologies. Technomic publishing Company Inc.
Lancaster, Pennsylvania, USA. (1986).
- 49) Pavoni, J.L. Handbook of solid waste disposal. Van Nostrand
Reinhold, New York, (1975)
- 50) Pearce, Peter. Landfilling: a long-term option for hazardous
waste disposal. UNEP Industry and Environmental Special
Issue (1983).
- 51) PRI-IEPES. Medio Ambiente. Documento foro de consulta
popular. México (1982)
- 52) Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
Día Mundial del Medio Ambiente. Publicación
Ed. Minuesa S.L., España (1979)
- 53) Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
Informe Anual 1975. Ed. Centro de información
económica y social, O.P.I. (1977)
- 54) Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
El estado del Medio Ambiente. Pergamon Press, Oxford
Reino Unido (1978)
- 55) Rase, Dennis R. Incineration of containerized hazardous
wastes. Industrial wastes. Nov-Dic. (1981)

- 56) Rich, Gerald y Cherry K. Hazardous waste treatment technologies. Pudvan Publishing Co., Illinois, USA. (1987).
- 57) Rich, G. Choosing the way to dispose of hazardous waste. Pollution Engineering. Marzo (1986).
- 58) Rivas Fuentes, Carlos. Disposición de desechos sólidos por relleno sanitario. Tesis UNAM (1979)
- 59) Ross, Patricia A. M.A. Waste management research. Headquarters library. Department of Environment and transport. 2 Marshan st. London , England.(1977)
- 60) Sakurai, Kunitoshi. Residuos sólidos peligrosos. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). Abril. (1984)
- 61) Salvat. Enciclopedia de la Salud. Tomo V Medio Ambiente(1980)
- 62) Sánchez M. , Félix. Los procesos intermedios en la manipulación de los residuos sólidos. XV Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria, Buenos Aires, Argentina. Junio. (1976).
- 63) Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. Curso sobre manejo, tratamiento y disposición final de residuos sólidos industriales. Subsecretaría de Ecología. Dirección General de Prevención y control de la Contaminación Ambiental. Publicación. (1984).
- 64) Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. Proyecto Ejecutivo tipo de obra civil de Confinamiento Controlado. Subsecretaría de Ecología. Publicación. (1985).

- 65) Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. Plan Nacional de Disposición de Residuos Sólidos. Presidencia de la República. Coordinación de Proyectos para el Desarrollo .Publicación. (1983).
- 66) Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. 100 Acciones necesarias. Comisión nacional de ecología. Publicación. (1987).
- 67) Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente Diario Oficial. 28 de enero de 1988.
- 68) Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. Norma Técnica Ecológica NIE-CRP-001 "Criterios para la determinación de Residuos Industriales Peligrosos. Diario Oficial, 6 de Junio de 1988.
- 69) Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. Norma Técnica Ecológica NIE-CRP-002 "Prueba de extracción para determinar a los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. Diario Oficial. 6 de Junio de 1988.
- 70) Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. Norma Técnica Ecológica NIE-CRP-003 "Procedimientos para determinar la incompatibilidad entre dos o mas de los residuos considerados como peligrosos por la Norma Técnica Ecológica NIE-CRP-001/88. Diario Oficial. 14 de Diciembre de 1988.
- 71) Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. Norma Técnica Ecológica NIE-CRP-004 "Requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos industriales peligrosos. Diario Oficial, 6 de Junio de 1988.

- 72) Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. Norma Técnica Ecológica NTE-CRP-010 "Requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de confinamiento controlado. Diario Oficial. 14 de Diciembre de 1988.
- 73) Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. Proyecto tipo de Relleno Sanitario. Memorias, ejemplos y cálculos.
- 74) Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos. Diario Oficial. 25 de Noviembre de 1988.
- 75) Secretaría de Salubridad y Asistencia. Reformas jurídicas para el Sistema Nacional de Salud. Talleres gráficos de la Nación, México, Enero (1983)
- 76) Secretaría de Salubridad y Asistencia. Legislación Ambiental en México. Talleres Gráficos de la Nación. (1977)
- 77) Secretaría de Salubridad y Asistencia. Salud. Revista No. 36, México, Marzo (1982)
- 78) Serper, Allen. Consider alternatives to landfilling for disposal of hazardous wastes. Solid Waste Management. Febrero. (1981).
- 79) Servín Noverola, Silvia. Sistema de industrialización de desechos sólidos. Tesis UNAM (1974)
- 80) Shapiro S., Irving. We can manage hazardous wastes. Industrial Wastes. Sept-Oct. (1980).
- 81) Shelton P., Stephen y colaboradores. Chemical Liners retain heavy metals. Solid Waste Management. Agosto (1982).

- 82) Skitt, J. Waste disposal management and practice.
Ed. Knight, London, England, (1979).
- 83) Smith E. Marvin. Solid Waste disposal: Deepwell injection.
Chemical Engineering, April (1979).
- 84) Struzek, E.J. Waste treatment in pharmaceuticals industry.
Industrial wastes, Nov.-Dic. (1976)
- 85) Sutter, Hans. Hazardous waste management in ecologically
sensitive industries, Publicación, Enpro, (1987).
- 86) Szekely, Francisco y col. El Medio Ambiente en México,
Ed. Nueva Imagen, México (1978)
- 87) Tchobanoglous, George, Theisen, Hilary y Eliassen, Rolf.
Solid Wastes: Engineering principles and management issues,
Mc Graw Hill (1982)
- 88) Villalobos Pedraza, Mario. Método de análisis de cromo
y su aplicación en la caracterización de residuos, sólidos
industriales, Insia UNAM (1987)
- 89) Ward, B. y Dubois, R. Una sola Tierra, Fondo de Cultura
Económica, México (1974)
- 90) World Health Organization. Management of hazardous waste,
W.H.O. Regional Publications, Copenhagen, Denmark, (1983)
- 91) World Health Organization. Solid Waste Management: Selected
topics, W.H.O. Regional publications, Copenhagen, Denmark (1985)
- 92) World Health Organization. Wastes disposal, Afrotechnical
report series, W.H.O. Regional office for
Africa, Brazzaville (1976)
- 93) Young, Richard A. Proceedings of the second annual
hazardous materials management conference, Philadelphia 1984,
Lower conference management Co. Wheaton, Illinois, USA (1984)