

23



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

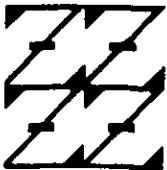
PROPUESTA DE DISPOSICION FINAL DE MEZCLAS MULTICOMPONENTES DE DISOLVENTES CLORADOS IRRECUPERABLES, MEDIANTE EL EMPLEO DE UN PLASTICO DE DESECHO (UNICEL)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE: INGENIERO QUIMICO PRESENTAN:

CRISTINA RUFINO GONZALEZ ANA MARIA SOLEDAD MARTINEZ

UNAM FES ZARAGOZA



LO HUMANO ES JE DE NUESTRA REFLEXION

ASESOR: ING. EDUARDO LOYO ARNAUD

237816

MEXICO, D.F.

MARZO 2000



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

JEFATURA DE LA CARRERA
DE INGENIERIA QUIMICA

OFICIO: FESZ/JCIQ/0041/98

ASUNTO: Asignación de Jurado

C. ANA MARÍA SOLEDAD MARTÍNEZ
CRISTINA RUFINO GONZÁLEZ
Presente

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado para el Examen Profesional, le comunico que la Jefatura a mi cargo ha propuesto la siguiente designación:

Presidente: I.Q. Eduardo Loyo Arnaud
Vocal: Q. Francisco Silva Flores
Secretario: I.Q. Andrés Aquino Canchola
Suplente: I.Q. Roberto Ramírez Torres
Suplente: Biol. Ana Laura Maldonado Tena

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
México, D.F., 9 de Noviembre de 1998

EL JEFE DE LA CARRERA

I.Q. ARTURO E. MENDEZ GUTIERREZ

DEDICATORIA

A mis padres Margarita y Pablo quienes me han dado la oportunidad de un ser, y que con esfuerzo y cariño han forjado mi vida, "gracias", ya que con mi existencia no alcanzaría a agradecer lo que me siguen dando.

También a los que motivaron a que siguiera adelante, por los que encontré la fuerza suficiente para alcanzar mis metas y sueños, a ustedes Verónica, Juan, Margarita, Miguel, Julio para los que, deseo se esfuercen siempre, y que a base de trabajo alcancen lo que anhelan en la vida.

A mis abuelos Daniel y Delfina, a mis Tías, Tíos y primos que complementan mi familia y que siempre me han brindado su cariño y apoyo incondicional, gracias por haber contribuido a realizar una de mis más grandes metas.

DEDICATORIA

A mi madre: **Guadalupe Martínez Pasillas**

Por dedicar gran parte de tu vida en cuidarme,
formarme y guiarme.

Porque nunca podré pagar todos tus desvelos
Ni con la riqueza más grande del mundo.

Por enseñarme a vivir y a luchar por lo que he querido
Por ayudarme a cumplir una de mis grandes metas,
Gracias por heredarme uno de los tesoros más valioso,
Que puede dársele a un hijo: amor y educación,

Doy Gracias a Dios por haberme permitido conocer a una
persona tan especial como tú, y más aún por haberte
tenido como madre.

Por eso y muchas cosas más.....

.....**MIL GRACIAS MAMA**

AGRADECIMIENTOS

Gracias a mis hermanos: JUAN, HERIBERTO, GUILLERMO, ROSA, RAMONA, ANGELES, MARICRUZ, así como a mi padre GUILLERMO SOLEDAD GIRON, por ayudarme tanto en lo moral como en lo económico a realizar uno de mis grandes sueños, pero en especial a mi hermana ROSARIO, por haber tomado tan DIGNAMENTE en algunas ocasiones el lugar de MI MADRE, al reprenderme o felicitarme en situaciones que así lo ameritaban.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Unidad de Desarrollo Tecnológico del Instituto de Química y al Centro de Acopio de la FES Zaragoza por todo el apoyo brindado, para la realización de este trabajo de investigación.

A todos nuestros profesores y compañeros de los que aprendimos y convivimos, a aquellos que junto a nosotros buscaron diversas alternativas para llegar a obtener el éxito que todos soñamos.

De manera especial, Queremos agradecer al Ing. Eduardo Loyo porque nos ha enseñado que un INGENIERO QUÍMICO debe aprender a "meter las manos" para poder resolver cualquier problema por difícil o imposible que parezca, pues tenemos las herramientas pero la iniciativa hay que desarrollarla, no solo en el trabajo sino en la vida, por esto y por muchas cosas más GRACIAS.

Al H. Jurado por todos los comentarios, tan acertados que enriquecieron la presentación de este trabajo de investigación.

Agradecemos afectuosamente a nuestros amigos y compañeros por estar siempre cuando más los necesitamos en las buenas, en las malas y en el cumplimiento de las mandas, verdad Laura, Lorena, Araceli y Rubén; así como tantos momentos difíciles en los que salimos avantes en compañía de Juan, Anita, Mercedes, Antonio, Alejandro, Edith, Imelda, Rafael , Jaime, al " equipo", al coro y muchos más que no podemos nombrar, no por falta de memoria, sino porque tendríamos que hacer una tesis de agradecimientos, siempre los tendremos presentes porque son parte de nuestra vida.

ATTE:

CRIS....,Y DONDE ESTA SOL?

PUES DONDE ESTA CRIS

INDICE	I
INDICE DE TABLAS.	VI
INDICE DE GRAFICAS Y FIGURAS.	V
RESUMEN	VI
INTRODUCCION	VII

CAPITULO 1. GENERALIDADES

1.1	Introducción.	1
1.2	El plástico, una interrogante.	1
1.2.1.1	Poliestireno.	4
1.2.1.2	Poliestireno Medio Impacto.	5
1.2.1.3	Poliestireno Alto Impacto.	5
1.3	Disposición de disolventes Orgánicos.	6
1.3.1	Propiedades de los derivados halogenados.	7
1.3.2	Propiedades físicas.	8
1.3.3	Propiedades químicas.	10
1.3.4	Usos y aplicaciones	13
1.4	Impacto de los residuos peligrosos sobre el medio ambiente y la salud	14

CAPITULO 2. RESIDUOS PELIGROSOS.

2.0	Introducción.	16
2.1	Situación actual de los residuos peligrosos en México.	16
2.2	Infraestructura para el manejo, tratamiento y disposición de los residuos peligrosos.	17
2.3	Fuentes de generación de los residuos peligrosos.	22
2.4	Marco Legal de los residuos peligrosos.	24
2.5	Tecnologías de tratamiento y disposición de residuos peligrosos.	27
2.5.1	Tratamientos Físicos.	28
2.5.2	Tratamientos Químicos.	29
2.5.3	Tratamientos biológicos.	30
2.5.4	Tratamientos Térmicos.	31
2.5.5	Tratamientos de Solidificación/estabilización.	33
2.5.6	Comparación de las tecnologías de tratamiento de los residuos peligrosos.	33

CAPITULO 3. RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES (NO PELIGROSOS).

3.0	Introducción	35
3.1	Residuos sólidos municipales en México.	35
3.2	Composición de los residuos sólidos municipales(RSM).	37
3.3	Manejo de los residuos sólidos municipales.	39
3.3.1	Tratamiento y disposición final de RSM.	40
3.3.2	Incineración.	40
3.3.3	Pirólisis.	41
3.3.4	Procesos biológicos.	41
3.3.4.1	Degradación aerobia y anaerobia.	42
3.3.5	Compostaje.	42
3.3.6	Reciclaje.	43
3.3.6.1	Materiales reciclables.	43
3.3.6.2	Papel.	44
3.3.6.3	Vidrio.	44
3.3.6.4	Metales: aluminio y acero.	45
3.3.6.5	Plástico.	45
3.3.6.6	Reciclaje de Poliestireno expansible.	46
3.3.7	Relleno Sanitario.	48
3.3.7.1	Selección del sitio de confinamiento.	48

CAPITULO 4. PARTE EXPERIMENTAL.

4.1	Introducción.	50
4.1.1	Reacciones características del poliestireno con diversos disolventes orgánicos.	52
4.1.2	Tratamientos de estabilización/solidificación.	54
4.1.2.1	El agente aglutinante.	55
4.1.2.2	Mecanismos de contención o aglutinación.	55
4.1.2.3	Teorías del fraguado y endurecimiento.	57
4.1.3	Fluidos no Newtonianos.	58
4.1.3.1	Esfuerzo cortante y viscosidad.	60
4.2	Experimentación.	62
4.2.1	Objetivos.	62
4.2.2	Hipótesis.	62

4.3	Experimento 1 Resistencia química del PSE en las mezclas de disolventes.	63
4.3.1	Resultados.	64
4.4	Experimento 2. Obtención de un plástico rígido mediante una mezcla de disolventes clorados y PSE.	65
4.4.1	Resultados.	65
4.5	Experimento 3. Obtención de la relación óptima de cal - ceíta.	71
4.5.1	Resultados.	72
4.6	Análisis de resultados de los experimentos.	74
4.7	Conclusiones de los experimentos.	75
4.8	Recomendaciones.	76
CONCLUSIONES.		77
BIBLIOGRAFIA.		78

INDICE DE TABLAS

1.1	Constituyentes que hacen peligroso un residuo por su toxicidad al ambiente.	7
1.2	Propiedades físicas de algunos compuestos halogenados.	9
1.3	Algunas propiedades químicas del cloruro de etilo.	12
1.4	Propiedades tóxicas de algunos compuestos clorados.	13
2.1	Inversión global para el manejo de Residuos Peligrosos.	18
2.2	Confinamientos controlados autorizados de Residuos industriales en México.	20
2.3	Almacenes temporales de Residuos Peligrosos.	20
2.4	Incineradores de Residuos sólidos industriales.	21
2.5	Plantas de tratamientos de Residuos sólidos industriales peligrosos.	21
2.6	Residuos Peligrosos generados con mayor frecuencia en México.	23
2.7	Tratamientos Físicos para Residuos Peligrosos.	28
2.8	Tratamientos Químicos para Residuos Peligrosos.	30
2.9	Tratamientos Biológicos para Residuos Peligrosos.	31
2.10	Tratamientos Térmicos para Residuos Peligrosos.	32
2.11	Tecnologías de Estabilización/Solidificación.	33
2.12	Comparación de las principales tecnologías de tratamiento para los Residuos Peligrosos.	34
3.1	Composición de los Residuos Sólidos Municipales en el Distrito Federal.	38
4.1	Compatibilidad de algunos residuos con diferentes técnicas de estabilización/solidificación.	56
4.2	Mezclas de disolventes que se desechan comúnmente en el laboratorio de síntesis orgánica.	63
4.3	Resultados de la resistencia química del poliestireno con diferentes mezclas de disolventes.	64
4.4	Resultados de los requerimientos de materias primas.	65
4.5	Resultados de los requerimientos de Poliestireno por cada 100 g de aglutinante.	66
4.6	Resultados del tiempo de secado de los diferentes aglutinantes.	70
4.7	Resultados de las pruebas a la flama del material rígido con diferentes aglutinantes.	71
4.8	Resultados de los requerimientos de Poliestireno – Disolvente – Aglutinante (relaciones celita-cal).	72
4.9	Resultados de los requerimientos de Poliestireno, para cada 100 g de aglutinante (celita – cal a diferentes relaciones en peso).	72

4.10	Resultados del tiempo de secado del material rígido con celita- cal a diferentes concentraciones.	73
------	---	----

INDICE DE GRAFICAS Y FIGURAS.

GRAFICAS.

2.1	Cobertura actual del manejo de los Residuos Peligrosos.	19
3.1	Generación de los Residuos Municipales por fuente.	37
3.2	Composición de los Residuos Sólidos Municipales(RSM).	39
4.1	Resultados de los requerimientos de materias primas.	66
4.2	Tiempo de secado con diferentes aglutinantes.	70
4.3	Requerimientos de Poliestireno – Disolvente - Aglutinante (celita – cal a diferentes concentraciones).	72

FIGURAS.

2.1	Estructura jurídica vigente en México.	25
2.2	Estructura legislativa en materia ambiental.	26
2.3	Estrategia de manejo de los Residuos Industriales.	27
3.1	Diagrama de flujo para la disposición de RSM.	36
4.1	Código CRETIB. Diario Oficial de la Federación.	50
4.2	Esfuerzo frente a velocidad de cizalladura para diversos tipos de fluidos no newtonianos independientes del tiempo.	59
4.3	Espectro de la muestra original de disolventes clorados.	67
4.4	Espectro de los vapores desprendidos del material plástico.	68
4.5	Espectros de la muestra original y los vapores condensados.	69

RESUMEN

Este trabajo muestra, una alternativa de disposición final para el poliestireno expansible de desecho, y el reuso de las mezclas no recuperables de disolventes clorados. Dicha alternativa consiste en la degradación del poliestireno con los disolventes clorados, el producto obtenido se solidificó con la ayuda de una mezcla celita-cal, la cual le dió una estabilización y un fácil manejo. Para la realización del proceso mencionado, se realizaron tres ensayos experimentales: en el primero, se observó la resistencia química del poliestireno con diversos disolventes, resultando adecuados aquellos con componentes clorados; en el segundo, se buscó el aglutinante con menor tiempo de secado, resultando la cal y la celita, además de comprobarse que no había reacción química entre ellos; en el tercero, se obtuvo la relación óptima de Poliestireno- Disolvente- Celita-Cal. Por último, se mencionan en las recomendaciones, algunos procesos alternativos tales como la destilación de los disolventes en presencia de poliestireno, la transformación de los disolventes clorados en alcoholes y sus sales correspondientes, éstas alternativas se trabajaron a nivel laboratorio, de donde se obtuvieron pocos resultados debido a la falta de instrumental para el análisis de estos, como se menciona en las recomendaciones.

INTRODUCCION

A través del tiempo, y especialmente en los últimos años, la problemática ambiental, que surge con el desarrollo de las actividades industriales, comerciales, de servicio y el crecimiento demográfico, plantea diversos problemas relacionados con la calidad de vida de los seres humanos, al ponerse en peligro el equilibrio de la naturaleza como consecuencia de la contaminación de suelos, agua, aire, y la integración de tóxicos en altas concentraciones en la atmósfera. En la actualidad la generación, manejo tratamiento y disposición final de residuos industriales, son factores de alto riesgo ambiental. De acuerdo a lo anterior, se deben plantear alternativas para el manejo integral de los residuos, que permita resolver los problemas en forma eficiente y contundente. Sin embargo, debido a sucesos y criterios, internacionales se ha dado lugar a soluciones no razonadas, y creado un estado de duda en cuanto al tratamiento y disposición final de los residuos. Los intereses políticos, sociales, y económicos, no permiten el avance lógico que debiera tener este tipo de actividad en nuestros días.

Gran parte de los residuos generados por el hombre, son de tipo plástico, gracias a las aplicaciones que este tiene como sustituto de diversos materiales como vidrio, madera y en algunas ocasiones hasta los metales. Algunos de ellos son de tipo termoplásticos, por lo que se pueden fundir y volver a utilizarlos como materia prima en otros procesos.

Los plásticos, residuales más comunes son el polietileno, el policloruro de vinilo, el polietilentereftalato, el poliestireno, y el polipropileno; de los cuales el más problemático es el poliestireno en su presentación expansible o espuma(unicel), ya que por su baja densidad, ocupa grandes espacios en los lugares de recolección, además de que su proceso de obtención es de bajo costo, por lo que no es rentable su reciclamiento.

Por otra parte, la industria de los plásticos, síntesis de fármacos y pinturas, son algunas que utilizan a lo largo de sus procesos algún disolvente que si no se cuenta con sistemas de recuperación se van acumulando poco a poco, convirtiéndose en un desecho poco deseado por sus características de peligrosidad, por lo que ha sido inminente la creación de normas que regulen la disposición o el tratamiento adecuado para ello. Los disolventes de mayor riesgo de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana son aquellos que contienen componentes clorados. Tomando en cuenta la problemática antes mencionada sería de gran ayuda desarrollar

procesos que permitiera la disposición final de los disolventes clorados así como del poliestireno de deshecho.

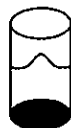
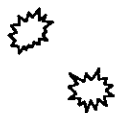
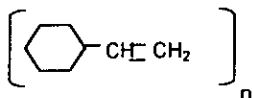
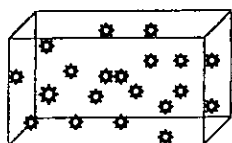
El trabajo que se presenta a continuación, muestra en el capítulo 1, algunas de las características físicas y químicas de los componentes del caso en estudio como el poliestireno, y los disolventes clorados, así como sus propiedades tóxicas que sirven de pauta para su manejo y disposición.

Los capítulos 2 y 3, pretenden dar un panorama de la situación general en México de los residuos peligrosos y no peligrosos (sólidos municipales), sus métodos de tratamiento y disposición final, y el marco legal en materia ambiental.

El capítulo 4 contiene el desarrollo experimental de la propuesta de disposición final para el poliestireno expansible, y el reuso de las mezclas irrecuperables de disolventes que contienen componentes clorados; dicha alternativa propone una disposición final para el poliestireno y los disolventes clorados (ambos de desecho), obteniéndose así una disminución considerable del volumen del poliestireno y un reuso para las mezclas de disolventes clorados.

CAPITULO 1

GENERALIDADES.



1.1 INTRODUCCION.

En la actualidad, en cuanto al manejo de residuos municipales, se puede decir que en los últimos 10 años, se ha dado el avance más importante, en cuanto a la participación de la iniciativa privada en la prestación de los servicios de aseo urbano en la República Mexicana, a través de los procesos administrativos denominados concesiones a largo plazo, mediante "contratos de servicios", por actividad específica. No obstante su notable crecimiento, la mayor parte de las experiencias en el país donde se ha dado la participación de la iniciativa privada en el control de los residuos municipales, han sido poco exitosas, por lo que grandes cantidades de desechos acaban acumulándose en los tiraderos a cielo abierto, por ejemplo, los plásticos. En realidad, muchos de los nuevos materiales sintéticos, especialmente los plásticos y los recubrimientos para metales, fueron desarrollados para resistir a los cambios químicos de modo que no se deterioran durante su tiempo de vida útil.

1.2 EL PLASTICO UNA INTERROGANTE

Como la mayoría de envases plásticos son desechables, las cantidades de plásticos en los residuos sólidos urbanos se ha incrementado del 3% (en peso) en los años 70's, al 7% en los 90's, y aunque en peso no sea una gran cantidad si lo es en volumen, lo que ha generado un problema creciente por la falta de espacios para depositarlos.

Con frecuencia, se critica fuertemente a la industria del plástico por estar creando un problema con los residuos que genera sin aportar una solución válida. A menudo, se sugiere que los plásticos deberían sustituirse por materiales biodegradables, o bien debiera propiciarse más reciclaje de este material para no seguir generando producto nuevo que se convierte en montañas de desechos que no se degradan. Si bien se reconoce al reciclaje del producto como una alternativa, hasta ahora en Estados Unidos se recicla solamente el 2% de la producción virgen, en comparación con el 10% de Holanda o el 6% de Alemania y al 1% que se recicla en México.

En la actualidad, en México se generan infinidad de productos plásticos que no especifican su composición; la mayoría de los productos de los fabricantes de envases plástico en otras partes del mundo codifican ahora sus productos con un número del 1 al 7, que representa las resinas más comúnmente producidas, lo cual facilita su clasificación y reciclaje. Por ello, con el objeto de propiciar su recuperación, a continuación se muestra la clasificación proporcionada por la Society of the Plastics Industry (SPI):

- 1 -PET: Polietilen-Tereftalato. Este plástico se recicla en fibras de poliéster utilizadas para fabricar sacos de dormir, almohadas, y ropa de invierno. Se utiliza también para bases de maqueta, películas, correas, envases de comida, y envases para la industria automotriz.

2. -PEHD: Polietileno de Alta Densidad. Este material se regranula, es decir se limpia el plástico y se granula, para producir botellas de detergente o de aceite para auto, envolturas protectoras, bolsas de plástico y productos moldeados como juguetes y cubos.

3. -PVC: Policloruro de vinilo. Es una resina de alta calidad que no necesita casi ningún tratamiento, para su reciclaje, sin embargo, los costos de recolección y selección son elevados. Se utiliza en cortinas para baño, alfombras plásticas, tubería para riego, macetas y juguetes, además se dice que tiene un enorme mercado potencial en la elaboración de accesorios, molduras, laminas y piezas moldeadas por inyección a partir de PVC reciclado.

4. -PELD: Polietileno de baja densidad. Es la llamada película plástica de la cual se fabrica cartón que se usa para empacar comida, la funda plástica de los pañales y también se utiliza para elaborar bolsas de basura. Es un plástico que no genera volumen y que por lo general termina en los basureros, por lo cual en algunos países se está legislando para que los fabricantes desarrollen tecnología para su degradación, o reciclaje, sin embargo el costo del reciclamiento es elevado, por lo que suele usarse para elaborar bolsas oscuras, lonas plásticas y mezclado con otros componentes, también se usa para fabricar cuerdas y cables.

5. -PP: Polipropileno. Suele regranularse para elaborar cajas de baterías de automóvil, tapas de recipientes, etiquetas de botellas y bidones, tablas de plástico, postes y muebles de jardín; se usa en pequeñas cantidades para envases de comida.

6. -PS: Poliestireno. El 25% de este material se usa para elaborar envases de comida rápida, empaquetar carne, embalaje, vasos y cubiertos desechables. Es un plástico que según la SPI ocupa sólo el 1% del volumen de los residuos sólidos, sin embargo su transportación y recuperación, dado al bajo peso que tiene, es costosa; es por eso que se ha considerado como un producto inútil del que podría prescindirse. Sus productores en U.S.A han realizado grandes inversiones en plantas de reciclamiento y los productos que se obtienen son tablas de espuma aislante de cimentación, accesorios de oficina, recipientes de basura y juguetes.

7 - OTROS: Es una mezcla de diversos plásticos. Se usan para envasar mayonesas, no tienen mercado como producto regranulado, por lo que se utiliza en los flujos de plásticos usados especialmente el polietileno y el polipropileno.

Para que el reciclaje del plástico pueda ser una realidad debe trabajarse con los fabricantes para que todos sus productos lleven el número de clasificación que permite de una manera rápida separarlo, y de este modo, propiciar su recuperación y transformación. Siendo este un producto de las sociedades de consumo, que no es biodegradable y que es el generador de los mayores volúmenes en los tiraderos, debe ser un producto al que debe prestársele mayor atención con el objeto de incentivar su reciclaje y generar nuevas tecnologías.

A continuación se muestran algunas propiedades de los plásticos para comprender un poco, el porque, de su gran demanda y producción.

Un polímero es una molécula voluminosa de gran peso molecular formado por pequeños componentes denominados monómeros. Los monómeros utilizados en la preparación de polímeros suelen ser monómeros bastante simples, o compuestos bifuncionales. Las reacciones de polimerización son funcionalmente capaces de proceder indefinidamente y que en teoría podrían dar lugar a un compuesto de peso molecular infinito.

Los polímeros que contienen repetidamente la misma unidad como el polietileno se les llama homopolímeros. Si se utilizan dos monómeros diferentes para formar el polímero se obtiene un copolímero por ejemplo, el butadieno y el estireno pueden copolimerizarse para formar un caucho sintético que se utiliza en los neumáticos de los automóviles.

Las reacciones de polimerización pueden dividirse en dos tipos, de condensación y de adición. En una reacción de polimerización de condensación se unen dos moléculas (condensadas) y una pequeña molécula como agua o un alcohol se suprime o elimina. Para que una polimerización de condensación forme materiales de peso molecular muy elevado la reacción debe de tener lugar una y otra vez repetidamente. En consecuencia, los monómeros utilizados en una polimerización de condensación han de tener dos o más grupos funcionales que puedan entrar en la reacción para formar la cadena del polímero. Un polímero de adición tiene en la unidad que se va repitiendo la misma proporción de elementos que existía en el monómero original, pues las unidades monoméricas sólo se añaden unas a otras para formar el polímero.

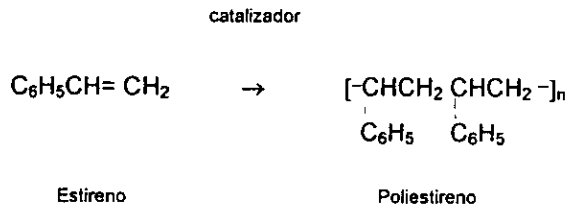
El plástico es un material que se ha utilizado durante casi 50 años, sin embargo su uso para envases se ha incrementado drásticamente durante los últimos 20 años, de modo que en 1990 se produjeron

245000 millones de toneladas, el doble del que se utilizaba en 1973, para el año 2000 se espera un incremento en su producción de un 70%

En las sociedades de consumo en que habitamos, el desechar como parte inherente de las mismas, ha propiciado un mercado creciente para productos sustituibles, en los que el plástico ha encontrado un lugar privilegiado, desplazando en su uso al vidrio y a los metales como materiales para recipientes, y al papel como material para embalaje. Las ventajas que este material proporciona son las siguientes: ligero, térmico, versátil, seguro (no se rompe), y es aislante.

1.2.1 POLIESTIRENO.

Uno de los más importantes polímeros de adición es el poliestireno cristal, alto y medio impacto, así como el expansible.



El poliestireno cristal es el polímero base de la familia de los polímeros de estireno. Se obtiene de la polimerización del monómero de estireno, dando lugar a un plástico de elevada transparencia y brillo superficial; comercialmente se surte en gránulos de color natural y pigmentados en diversos colores y grados. Debido a su buen balance de propiedades y precio ha encontrado aplicación en múltiples sectores llegando a ocupar así el cuarto lugar del consumo global de plásticos en el mundo. Este plástico es fácilmente procesable. A causa de su elevado índice de fluidez, es posible moldear piezas de paredes delgadas y de gran complejidad con altos ciclos de producción. Además es uno de los plásticos que ofrecen las mejores características para el termoformado de piezas obtenidas a partir de lámina extruída. Sin embargo, presenta una baja resistencia al impacto que ocasiona que el material tienda a ser frágil y quebradizo. En estado natural es fácilmente degradable tornándose amarillo ante la exposición de los rayos de luz ultravioleta, por lo cual existen grados especiales para abatir esta deficiencia. En cuanto a resistencia química presenta estabilidad contra la mayoría de los ácidos inorgánicos, álcalis y sales. Lo atacan los hidrocarburos clorados, aromáticos, ésteres y cetonas. Principalmente se utiliza en la fabricación de envases y empaques rígidos como: vasos de gelatina, lácteos, y en general en productos de alta rotación, también en estuches transparentes para

distintos usos como cosméticos y joyería. Se fabrican en grandes cantidades vajillas desechables incluyendo vasos, platos y cubiertos.

Por otro lado, se ha utilizado ampliamente en la fabricación de cajas para cassettes y diversas aplicaciones decorativas para el hogar, juegos de geometría para uso escolar y bolígrafos.

1.2.1.1 POLIESTIRENO MEDIO IMPACTO (PSMI)

Este plástico también es estrénico. A causa de que el poliestireno cristal resulta ser muy frágil para ciertas aplicaciones, se desarrolló un copolímero de estireno con un porcentaje del 3 al 4.5 % de butadieno, lográndose así incrementar su resistencia al impacto. Esta modificación da lugar a un plástico de color traslúcido posible de pigmentarse en varios colores.

Comparando con el poliestireno cristal, se tiene que debido a la presencia de hule butadieno en su estructura química, se logra un incremento a su resistencia al impacto, por otro lado disminuyen la rigidez y brillo superficial al igual que la transparencia. En cuanto a características de procesabilidad prácticamente se comportan de la misma manera, esto es facilidad de moldeo por inyección, extrusión y termoformado. Su resistencia química no se modifica por la presencia del butadieno; lo atacan los hidrocarburos clorados, aromáticos, ésteres, y, cetonas y es estable contra ácidos inorgánicos excepto los altamente oxidantes.

Se utiliza en envases, principalmente de yogur, cremas y otros productos de alta rotación ya que sus propiedades de barrera de gases son muy pobres. De acuerdo al tipo de mercado, se encuentra en aplicaciones de cajas para cassettes y el cuerpo de los mismos. Se tiene también en juguetes y algunas piezas de consumo general como los rastrillos para rasurar, bolígrafos, vasos y platos desechables. Cuando se le agrega un agente espumante se obtienen por extrusión y termoformado las charolas utilizadas para la venta de carne en supermercados.

1.2.1.2 POLIESTIRENO ALTO IMPACTO (PSAI)

Este poliestireno se obtiene al copolimerizar el poliestireno con un mayor contenido de hule butadieno que el poliestireno medio impacto. Utiliza cantidades que van del 4.5% al 9% de hule. Esto ocasiona que se obtenga un material opaco pero con una elevada resistencia al impacto, por lo que ha encontrado aplicaciones en la industria automotriz, sector eléctrico, electrónico y en general en donde la resistencia al impacto y el precio son esenciales.

En lo que respecta a la resistencia química y procesabilidad su comportamiento es similar al del poliestireno cristal y medio impacto salvo algunas modificaciones que se requieren en condiciones de operación.

El incremento en el hule butadieno, además de lograr el aumento de la resistencia al impacto, también ayuda a que tenga una buena retención de propiedades abajo de cero grados centígrados. Por ser un material opaco tiene mejor resistencia a los rayos de la luz ultravioleta, aunque es susceptible también de modificarse para mejorar su resistencia a la intemperie. Existen además grados de retardancia a la flama y reforzados con fibra de vidrio.

Por su resistencia a bajas temperaturas y facilidad de moldeo se emplea en cubiertas internas, charolas y cajones de refrigeradores. Por su buena resistencia al impacto y propiedades dieléctricas encuentra aplicación en carcasas de aparatos electrodomésticos, televisores y radios. También se utiliza en tacones y puentes de calzado.

1.2.1.3 POLIESTIRENO EXPANSIBLE

Este plástico tiene la característica de expandirse por la acción del calor durante su procesamiento. Esto es resultado de impregnar las perlas de poliestireno durante su obtención con un agente expansor, generalmente es n-pentano. Los productos moldeados con éste plástico tienen una estructura de baja densidad, son de color blanco y presentan buenas propiedades de aislamiento térmico a muy bajas temperaturas, comúnmente se le conoce con el nombre de "Unicel".

Es uno de los materiales plásticos que presenta una alta capacidad de aislamiento térmico a muy bajas temperaturas. Por tratarse de un material de densidad muy baja, es ligero y de alta resistencia a la compresión. Para su procesamiento se requiere maquinaria especial, ya que el moldeo se lleva a cabo por medio de vapor de agua.

Principalmente se ocupa en sectores de empaque de artículos delicados ya que tienen la propiedad de absorber golpes sin transmitirlos al producto empacado. Por lo mismo y debido a su buen aislamiento térmico se utiliza para el empaque de frutas, vegetales y mariscos.

Otro uso importante es el sector de refrigeración industrial. Los tanques de los barcos que transportan gases en estado líquido están aislados con poliestireno expansible. En el sector de la construcción se ha utilizado para el aligeramiento de muros y techos proporcionando además aislamiento térmico y acústico. Se utiliza en la fabricación de vasos desechables con propiedades de aislamiento térmico. Cuando se incorporan perlas expandidas de poliestireno a la tierra, éstas le proporcionan características de retención de humedad y temperatura favoreciendo así los cultivos.

1.3 DISOLVENTES ORGANICOS CLORADOS.

Por lo que toca a los residuos peligrosos, indudablemente que a partir de la publicación de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en su apartado de residuos peligrosos y de una serie de instrumentos regulatorios que ahora operan como Normas Oficiales Mexicanas en la materia, todo ello a partir del año de 1988, se ha dado un crecimiento paulatino en la participación de la iniciativa privada en la prestación de servicios y en el establecimiento de infraestructura para el control de los residuos peligrosos. Al respecto es importante mencionar que a partir de 1997, se ha registrado un inusitado crecimiento en este sector, ejemplificado por una inversión cercana a los 160 millones de dólares, lo que ha permitido que el control de los residuos peligrosos se haya incrementado en los últimos 2 5 años, del 12% al 26%.

En México, el Instituto Nacional de Ecología (INE) publicó en 1990 una lista de los compuestos que son considerados residuos peligrosos y las concentraciones máximas permitidas en el agua (NTE-CRE-002/88). Por lo que se puede apreciarse en la tabla 1.1 predominan los disolventes con componentes clorados. Los compuestos orgánicos halogenados sintéticos son muy tóxicos y deben usarse con precaución. Por ejemplo, el tetracloruro de carbono (CCl_4) y el cloroformo (CHCl_3), cuando se inhalan en exceso perjudican al hígado. Los insecticidas que contienen halógenos tales como el DDT, se han empleado ampliamente en agricultura; sin embargo su uso ha disminuido en los últimos años debido a sus efectos perjudiciales sobre el medio ambiente.

TABLA 1. 1. Constituyentes que hacen peligroso un residuo por su toxicidad al ambiente.

Acilonitrilo		2,4-Diclorofenoxiácetico	Niquel
Acido	2,4,4-	1,2-Diclorobenceno	Nitrofenol
Triclorofenoxiopropiónico		1,2-Dicloroetano	Pentaclorofenol
Arsénico		1,1-Dicloroetileno	Piridina
Bario		2,4-Dinitrotolueno	Plata
Benceno		Fenol	Plomo
Cadmio		Edrín	Selenio
Clordano		Heptacloro	Tolueno
Clorobenceno		Hexaclorobenceno	Toxafeno
Cloroformo		Hexacloro-1,3-butadieno	2,4,5-Triclorofenol
Cloruro de metileno		Hexacloroetano	Tetracloruro de carbono
Cloruro de vinilo		Isobutanol	Tetracloroetileno
m-cresol		Lindano	Etilmetilcetona
o-cresol		Mercurio	Eter bis (2-Cloro etílico)
p-cresol			

1.3.1 PROPIEDADES DE LOS DERIVADOS HALOGENADOS.

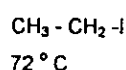
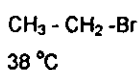
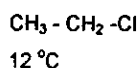
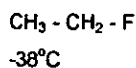
Los compuestos orgánicos halogenados se usan extensamente en la sociedad moderna, algunos como insecticidas y otros como intermediarios de la síntesis de diversos compuestos orgánicos. La mayoría de los compuestos orgánicos halogenados son sintéticos, pues los naturales son bastante raros; por ejemplo la tiroxina, un componente de la hormona tiroidea llamada tiroglobina, que es un compuesto de yodo natural. Otro compuesto orgánico halogenado natural es la púrpura, un compuesto obtenido en pequeñas cantidades de una rara especie de caracol.

1.3.2 PROPIEDADES FISICAS

Excepto el flúor, los átomos de la familia de los halógenos, son pesados cuando se comparan con los átomos de hidrógeno y carbono. El aumento en el peso molecular a medida que se van introduciendo átomos de halógeno en las moléculas, provoca un aumento en el punto de ebullición; en consecuencia los puntos de ebullición aumentan en el siguiente orden:



Ejemplo :



Las densidades de los derivados halogenados líquidos, son generalmente mayores que las de otros compuestos orgánicos comparables, debido a la masa del átomo de halógeno. Mientras que la mayoría de los compuestos orgánicos son más ligeros que el agua, muchos disolventes halogenados comunes, tales como el cloroformo o el diclorometano, son más pesados; estos compuestos se van al fondo de un recipiente con agua. Los hidrocarburos halogenados son insolubles en agua porque no forman enlaces de hidrógeno; al igual que los alcanos, Los derivados halogenados son insolubles en ácido sulfúrico concentrado frío, puede utilizarse esta sustancia para extracción con el fin de suprimir alcohol, alquenos y otras impurezas de los derivados halogenados.

Los derivados halogenados, como se ha mencionado anteriormente son insolubles en agua; pero se

monofluoroalcanos son difíciles de mantener en un estado de pureza, y cuando se destilan tienden a perder HF para formar alquenos. Los clorados son más o menos estables y generalmente se purifican por destilación, sin embargo, los cloruros de alquilo terciarios con pesos moleculares más grandes tienden a perder HCl al calentarse y deben manejarse con más cuidado

En la tabla 1.2 se mencionan algunas de las propiedades características de algunos disolventes halogenados.

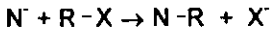
TABLA 1.2. Propiedades físicas de algunos compuestos halogenados.

NOMBRE	FORMULA	PESO MOLECULAR	PUNTO DE FUSION °C	PUNTO DE EBULLICION °C	DENSIDAD (GR/CC A 20°C)
Fluoruro de metilo	CH ₃ F	34	-142	-78	gas
Cloruro de metilo	CH ₃ Cl	50.5	-98	-24	gas
Dicloro metano	CH ₂ Cl ₂	85	-95	40	1.34
Cloroformo	CHCl ₃	119.5	-64	62	1.49
Tetracloruro de carbono	CCl ₄	154	-23	77	1.60
Cloruro de vinilo	CH ₂ =CHCl	62.5	-154	-13	gas
Bromuro de metilo	CH ₃ Br	95	-94	5	gas
Yoduro de metilo	CH ₃ I	142	-66	42	2.28

1.3.3 PROPIEDADES QUIMICAS.

El tipo más común de reacción de haluros de alquilo incluye el desplazamiento del átomo de halógeno. Este tipo de reacción puede explicarse como el ataque de un ión negativo (nucleófilo) sobre un haluro de alquilo para lograr el desplazamiento de un ión haluro. Dada la gran variedad de nucleófilos que originan desplazamiento de un ión haluro en un compuesto halogenado, con este tipo de reacción pueden prepararse varios tipos de derivados funcionales. En consecuencia, los haluros de alquilo son materiales básicos, de punto de partida para muchas clases generales de derivados de

hidrocarburos. Algunas de las más importantes de tales reacciones de desplazamiento se resumen en las siguientes reacciones generales:



N= anión(nucleófilo)

X= halógeno

1.- FORMACION DE UN ALCOHOL

Los alcoholes se obtienen de diferentes clases de compuestos. Las preparaciones a partir de los haluros de alquilo es por medio de la hidrólisis de los mismos. La hidrólisis de la mayoría de los haluros primarios es lo suficientemente limpia para que esta reacción constituya un método de preparación aceptable:



La reacción se desarrolla en un reflujo de hidróxido de sodio acuoso, sobre todo en el caso de los haluros inferiores. Aunque los haluros de alquilo no son solubles en agua, se produce una reacción en dos fases. Si el alcohol es soluble en agua, el fin de la hidrólisis se marca por medio de una solución homogénea.

2.- FORMACION DE UN ETÉR

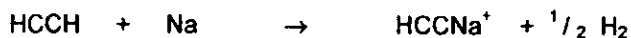
Una método general para preparar éteres, es mediante la síntesis de Williamson, esta reacción incluye el desplazamiento del ión haluro de un haluro de alquilo por un ión alcóxido obtenido de un alcohol o fenol:



Haluro de alquilo Alcóxido de metal Eter Sal

5 PREPARACIÓN DE ALQUINOS

Los enlaces carbono-hidrógeno en alcanos y alquenos suelen ser muy estables para reactivos básicos. En contraste con los acetilenos terminales que presentan un carácter ácido, el hidrógeno unido al triple enlace puede sustituirse con una base fuerte, el resultado es una sal de acetiluro. Los acetiluros de este tipo reaccionan con haluros de alquilo para dar un nuevo acetileno.



Acetileno sodio metálico NH_3 acetiluro sódico

El ión haluro es desplazado por el ión acetiluro para producir el alquino. Para obtener mejores resultados, se debe emplear un haluro de alquilo primario, pues los haluros de alquilo secundarios y terciarios sufren reacciones secundarias con el anión acetiluro, y el rendimiento del alquino es bajo. Sin embargo, este método es muy versátil para preparar muchos halógenos del acetileno.

Enseguida, se presenta en la tabla 1.3 algunas propiedades químicas del cloruro de etilo, y en la tabla 1.4 propiedades tóxicas de algunos compuestos clorados.

TABLA 1.3. Algunas propiedades químicas del cloruro de etilo.

REACTIVO DE ATAQUE PRODUCTO OBTENIDO

NOMBRE	FORMULA	NOMBRE	FORMULA
Ion hidróxido	OH^-	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	Alcohol etílico
Ion etóxido	$\text{C}_2\text{H}_5\text{O}^-$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$	Dietil éter
Ion hidrosulfuro	SH^-	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{SH}$	Etanotiol
Ion tiocianato	SCN^-	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{SCN}$	Etiltiocianato
Ión de cianuro	CN^-	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$	Etilcianuropropionitrilo
Amoniaco	NH_3	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_3^+\text{Cl}^-$	Cloruro de etilamonio
Agua	H_2O	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}_2^+\text{Cl}^-$	Cloruro de etiloxinio
Ión acetato	CH_3CO_2^-	$\text{CH}_3\text{CO}_2\text{C}_2\text{H}_5$	Acetato de etilo
Ión nitrato	NO_3^-	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{ONO}_2$	Nitrato de etilo
Trietil amina	$\text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$	$(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{N}^+\text{Cl}^-$	Cloruro de tetraetil-amonia

TABLA 1.4 Propiedades tóxicas de algunos compuestos clorados.

COMPUESTO	PROPIEDADES
Cloroformo	Muy tóxico por inhalación; narcótico, su prolongada inhalación o ingestión puede ser fatal. Tolerancia en el aire 50 ppm. 240 mg por m ³ de aire. A altas temperaturas descompone en fosgeno.
Cloruro de metileno	Muy tóxico por inhalación; moderadamente por ingestión y absorción dérmica. Fuerte irritante para los ojos. Tolerancia 500 ppm en el aire.
Dicloruro de etileno	Muy tóxico por ingestión, inhalación y absorción cutánea. Fuerte irritante para los ojos y la piel. Tolerancia 50 ppm en el aire. Inflamable, riesgo de incendio. Límite de explosión en el aire 6 a 16%.
Tetracloruro de carbono	Muy tóxico por ingestión e inhalación y absorción cutánea. Narcótico. Tolerancia 10 ppm en el aire. A altas temperaturas descompone en fosgeno.

1.3.4 USOS Y APLICACIONES.

Los haluros de alquilo simples y los polihaloalquenos se encuentran con facilidad y se emplean como disolventes. Los cloruros son más importantes debido al bajo costo del cloro en comparación con el bromo y el yodo. Los policlorometanos se producen industrialmente por medio de la cloración del metano. El tetracloruro de carbono se ha usado en los establecimientos de lavado en seco; sin embargo, debe de manejarse con extremo cuidado, debido a que se trata de un veneno acumulativo que origina graves daños en el hígado. En consecuencia, su utilización para los métodos de lavado en seco ha disminuido. El cloroformo se utilizó como anestésico; pero se abandonó por su alta toxicidad, debe estabilizarse con 3 o 4 % de etanol para evitar su descomposición en gas fosgeno, que es altamente tóxico y venenoso. Hoy en día el cloroformo se emplea en el laboratorio como disolvente de extracción y en el comercio como disolvente de aceites y grasas.

El cloruro de etilo se usa como anestésico local. Es un gas a la temperatura ambiente y se mantiene en el recipiente a presión. Otra aplicación importante es su uso como pesticidas, fungicidas, insecticidas, fumigantes. De estos el más conocido es el DDT por su eficacia contra muchos organismos y por su toxicidad.

Para usos de laboratorio en donde no influye el costo de la materia prima a diferencia de la rama industrial se emplean los bromuros y los yoduros de alquilo por poseer mayor reactividad que los cloruros de alquilo.

De acuerdo a lo anterior, se deben plantear alternativas para el manejo integral de los residuos, que permita atacar este problema de forma eficiente y contundente. Sin embargo, debido a sucesos y criterios internacionales se ha dado lugar a soluciones no razonadas creando así un estado de duda en cuanto al tratamiento y disposición final de residuos peligrosos, los intereses sociales, políticos y económicos no han permitido gran avance en esta actividad.

Los métodos que actualmente se emplean para el tratamiento de residuos son:

- ◆ Tratamientos físicos, químicos y/o biológicos
- ◆ Tratamientos térmicos.
- ◆ Reciclaje y rehuso.
- ◆ Proposición de uso de tecnologías limpias (mínima generación de impurezas o desechos)
- ◆ Confinamiento final.

1.4 EL IMPACTO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE Y LA SALUD.

El hombre depende de tres medios para subsistir: atmósfera, suelo, agua. Es precisamente en estos tres medios, en los que descarga, accidental o intencionalmente, los residuos de las actividades industriales y de prestación de servicios. Una vez en el medio ambiente, los contaminantes afectan el suelo, atmósfera, agua, seres vivos y los recursos que obtenemos de ellos para vivir. Cuando llegan al medio ambiente, es difícil que los residuos peligrosos permanezcan en un solo lugar, lo más probable es que, de acuerdo con sus propiedades, se les encuentre distribuidos en el agua, aire y suelo.

La importancia de manejar de manera adecuada los residuos peligrosos se deriva de la necesidad de controlar sus efectos adversos para la salud humana y los ecosistemas. Desafortunadamente, estas implicaciones no fueron tomadas en consideración sino hasta muy recientemente. En el aspecto de la salud, en los últimos años se han acumulado evidencias sobre los efectos dañinos para la salud debidos a la exposición a químicos tóxicos, contaminación de aguas superficiales y subterráneas, y contaminación atmosférica por volatilización y quema.

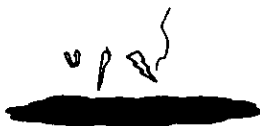
Las etapas de interacción que un organismo humano puede tener con residuos peligrosos pueden ser las siguientes:

- *Exposición* : se considera que un individuo está expuesto cuando un residuo peligroso se encuentra en la vecindad inmediata a las vías de ingreso al organismo: respiratoria (inhalación); tegumentaria (absorción a través de la piel o las mucosas) y gastrointestinal (ingestión).

- *Absorción* consiste en el paso del residuo peligroso a través de las membranas biológicas correspondientes, a la circulación por el sistema. En la sangre las sustancias que lo componen se solubilizan en el plasma y/o se unen a las proteínas plasmáticas o a los glóbulos rojos.
- *Eliminación* ocurre ya sea por excreción urinaria o intestinal y por biotransformación. En términos globales, el metabolismo tiende a generar sustancias menos activas y fácilmente excretables.
- *Acumulación* de acuerdo a las características fisicoquímicas del residuo, puede llegar a fijarse en ciertos tejidos y acumularse en ellos e interaccionar con las macromoléculas celulares.

El proceso de evaluación de riesgos tiene como objetivo desarrollar una forma cuantitativa de expresar el perjuicio para la salud humana por la presencia de todos los materiales peligrosos que hayan sido identificados en el sitio de estudio. Consta de cuatro etapas: 1) identificación del peligro, 2) Evaluación dosis - respuesta, 3) Caracterización del riesgo y 4) Evaluación de la exposición. La evaluación de la exposición corresponde a la evaluación cualitativa o cuantitativa de la dosis (cantidad de la sustancia que ingresa al organismo), frecuencia, duración y ruta a través de la cual se produce el contacto residuo peligroso - organismo para poder establecer las relaciones causales entre la exposición a agentes físicos y químicos procedentes de residuos peligrosos y sus consecuencias adversas a la salud.

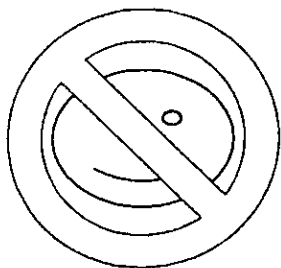
CAPITULO 2



RESIDUOS



SOLIDOS



PELIGROSOS.

2.0 INTRODUCCION.

La problemática relacionada con los residuos peligrosos es muy compleja e involucra aspectos técnicos, políticos y sociales, ya que el desarrollo industrial que ha sufrido el mundo y el país en las últimas décadas no se compara con el esfuerzo que se ha hecho para desarrollar instalaciones y métodos apropiados para el almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de este tipo de residuos.

Los sistemas que hasta hoy se han desarrollado para el manejo de residuos peligrosos en países industrializados, no son siempre aplicables a países en desarrollo como el nuestro, debido a su gran complejidad. Asimismo, las características de los residuos son propias de cada país y, por lo tanto, se debe definir cuáles son los sistemas de manejo más convenientes a las necesidades de cada nación.

2.1 SITUACION ACTUAL DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS EN MEXICO

El desarrollo industrial de México, ha experimentado un impulso notable, debido principalmente a las políticas de sustitución de importaciones y el apoyo a la creación de nuevas industrias en todos los ramos. Así mismo el crecimiento demográfico de nuestro país se ha mantenido, durante varios años como uno de los primeros a nivel mundial. Estas circunstancias obligaron a intensificar el aprovechamiento de los recursos naturales mediante diversas actividades industriales, si bien esto ha traído innumerables beneficios al país, en muchos casos se ha realizado en forma no planeada y sin tomar en cuenta su repercusión en el entorno nacional. En este aspecto se ha descuidado, en muchos casos con serias consecuencias, la calidad del ambiente por la falta de control al que deben estar sujetos todos los residuos que se generan en los múltiples procesos industriales y de servicios. Actualmente, en nuestro país se enfrentan problemas a causa de la generación de residuos peligrosos así como su inadecuado manejo, y que hoy en día constituyen un peligro para la salud y del entorno que rodea a la humanidad.

Según la terminología internacional, México ha adoptado la clave **CRETIB**, para definir los residuos peligrosos: **Corrosivos, Reactivos, Explosivos, Tóxicos, Inflamables y Biológico infecciosos**. De acuerdo a la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, el Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos y las Normas Oficiales Mexicanas, la definición de residuo peligroso es: " Todos aquéllos residuos en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, venenosas y biológico infecciosas representen un peligro para la salud, el equilibrio ecológico o el ambiente

2.2 INFRAESTRUCTURA PARA EL MANEJO, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS.

La estrategia de manejo y eliminación de los residuos peligrosos se basa fundamentalmente en la autorización de nuevas plantas de proceso con tecnologías limpias, para reducir la generación de residuos, así como la creación de infraestructura de confinamientos que garantice plenamente un manejo adecuado de los mismos, teniendo como puntos intermedios el reciclado, los tratamientos físicos, químicos, biológicos y la incineración.

Los confinamientos controlados deben existir, pues es erróneo pensar en la reducción a cero de los residuos peligrosos, de otra manera, se puede caer en situaciones de disposición clandestina de éstos.

La infraestructura para el control de los residuos en México, aún cuando se ha incrementado notablemente en los últimos tres años, hasta alcanzar un 26% del total que se genera; se puede decir que todavía es limitada e insuficiente, como se muestra en la gráfica 2.1, de acuerdo a la Asociación Mexicana de Control de los Residuos Peligrosos Asociación Civil (AMCRESPEC).

La tabla 2.1, muestra una inversión global para el manejo de los residuos peligrosos, sin considerar las inversiones realizadas por la industria generadora, del orden de los 360 millones de dólares, de los cuales el 50% se ha destinado al desarrollo de actividades para el reciclaje de metales, solventes sucios y lubricantes usados.

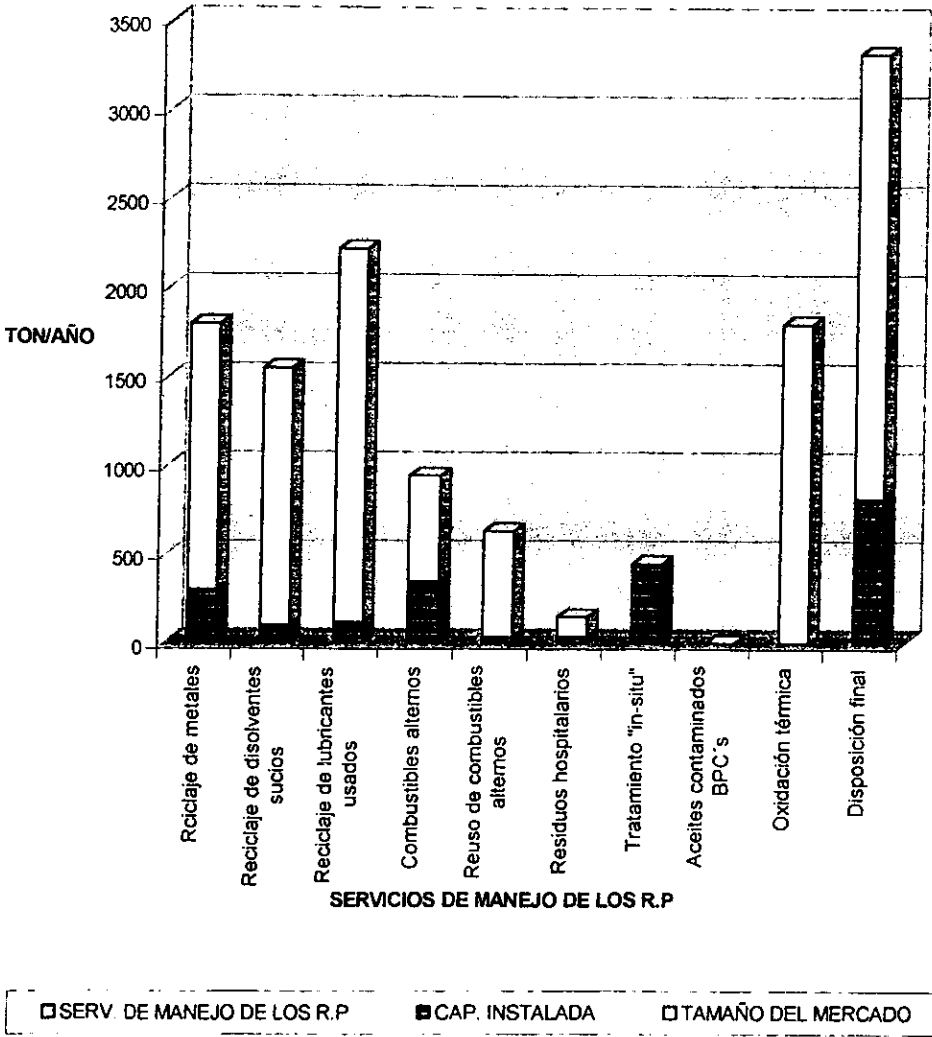
La generación de empleos se estima en más de 15,000, considerando tanto los directos como los complementarios derivados de actividades asociadas con este mercado, tales como el desarrollo de estudios, proyectos, evaluaciones de impacto ambiental y riesgo, etc.

TABLA 2 1 Inversión global para el manejo de residuos peligrosos en México

TIPO DE ACTIVIDADES	CAPACIDAD INSTALADA TON/AÑO	TAMAÑO DEL MERCADO TON/AÑO	INVERSION REALIZADA MDD/AÑO
Tratamiento de residuos hospitalarios	40,000	110,000	35
Reciclaje:			
• Metales	300,000	1'500,000	14
• Solventes sucios	100,000	1'450,000	95
• Lubricantes	120,000	2'100,000	70
• Preparación de combustibles alternos	345,000	600,000	*
• Tratamiento de residuos peligrosos "In Situ".	45,000	*	65
• Tratamiento de aceites contaminados con bifenilos policlorados(BPC)	4,000	*	50
Rehusos:			
• Tambores	1'500,000	*	25
• Combustibles alternos	35,000	600,000	20
Incineración de residuos peligrosos	2,500	1'800,000	*
Disposición final de residuos peligrosos	820,000	2'500,000	50
TOTALES	2'216,000	12'710,000	365.5

(*) No se tiene definido el tamaño del mercado de esa actividad. Asociación Mexicana de Control de los Residuos Sólidos Peligrosos Asociación Civil, AMCRESPAC 1997.

GRAFICA 2.1 COBERTURA ACTUAL DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS



Fuente: ANCRESPAC

El número de empresas autorizadas para desarrollar las actividades indicadas en la tabla 2.2, son 101, vale la pena mencionar que existen otras 138 empresas autorizadas para realizar otro tipo de actividades relacionadas con el manejo de residuos peligrosos, donde se incluyen aquellas que se dedican al transporte y recolección de estos residuos

Actualmente, en nuestro país se cuenta con la infraestructura que se muestra de la tabla 2.3 a la 2.5 para el manejo de los residuos sólidos industriales: ocho confinamientos, de los cuales uno es para residuos no peligrosos y siete para peligrosos.

También se tienen dos incineradores privados en operación, plantas de tratamiento de residuos peligrosos y tres almacenamientos temporales, además de una empresa con equipos móviles para el tratamiento de los residuos peligrosos en ese lugar.

TABLA 2.2 Confinamientos controlados autorizados en México de residuos industriales.

EMPRESA	UBICACIÓN	TIPO DE SERVICIO	ACTIVIDAD EXTRA
Residuos no peligrosos 1.Fraccionadora industrial del norte.	Matamoros, Tamaulipas	Público	
Residuos peligrosos 2.Residuos industriales Multiquim, S.A de C.V	Garza García, Nuevo León	Público	Reciclado de combustible alterno
3.Confinamiento técnico de residuos industriales	Guadalcazar. SLP	Público	
4.Confinamiento, las vivoras	Guadalajara- Ocotlán	Público	
5.Ciba-Geigy Mexicana S.A de C.V	Hermosillo, Sonora	Privado	Confinamiento de las cenizas de su incinerador
6.Kimberly Clark de México	Guadalajara- Ocotlán	Privado	
7.Procesadora Mexicali S.A	Cuautitlán, Edo de México.	Privado	
8.Industrias químicas de México, S.A de C.V	San Luis Rio Colorado Tlaquepaque, Jalisco	Privado	

FUENTE: DIRECCIÓN GENERAL DE NORMATIVIDAD AMBIENTAL, INE, 1997.

TABLA 2.3. Almacenes temporales de residuos peligrosos.

EMPRESA	UBICACIÓN	ACTIVIDAD
Olimpia industrial	Ciudad Juárez, Chih.	Recolección y almacenamiento.
Chemical Waste Management	Carretera Guadalajara-El castillo	Transferencia de residuos peligrosos y compactación de tambores vacíos.
Química Omega S.A de C.V.	Zapopan, Jalisco	Recolección, transporte y almacenamiento temporal.

FUENTE: DIRECCIÓN GENERAL DE NORMATIVIDAD AMBIENTAL, INE, 1997.

TABLA 2.4. Incineradores de residuos sólidos industriales.

TIPO DE RESIDUO	EMPRESA	TIPO DE SERVICIO	LUGAR
Productos farmacéuticos caducos y envases con plaguicidas.	Bayer de México S.A de C.V	Privado	Santa Clara, Estado de México
Productos farmacéuticos caducos y químicos	Ciba-Geigy de México, S.A de C.V	Privado	Atotonilco, Jalisco

FUENTE: DIRECCIÓN GENERAL DE NORMATIVIDAD AMBIENTA, INE, 1997.

TABLA 2.5. Plantas de tratamiento de residuos sólidos industriales peligrosos.

CANTIDAD	TIPO DE INSTALACION	EMPRESA	UBICACION
7	Recicladora de disolventes sucios	Chemical Waste Management Reid Química S.A de C.V Química Omega S.A de C.V Química Fortek Solventes San Martín Recuperadora Industrial de residuos Química Wimer S.A de C.V	Carr. Tijuana- Ensenada Estado de México Tenango del valle Chihuahua, Chih. La Laguna, Amozoc. Hermosillo, Son. Chalco, Edo de México.
6	Recicladora de metales	Acumuladores Mexicanos S.A de C.V Huersa. S.A de C.V (plomo) Metrometal S.A de C.V(zinc) Zinc, Nacional, S.A de C.V Maquiladora Russment (aluminio) Industrial (aluminio)	Monterrey, NL Ascención, Chih. Reynosa, Tamp. Monterrey, NL Tijuana, BCN Tlalnepantla, Edo de México
3	Recuperadora de aceite	Juan R Santos N Novaceites S.A de C.V Ecología y Lubricantes S.A de C.V	Nicolás Romero, México Monterrey, NL. Atzapán, Edo de México

FUENTE: DIRECCIÓN GENERAL DE NORMATIVIDAD AMBIENTAL, INE, 1997

2.3 FUENTES DE GENERACION DE RESIDUOS PELIGROSOS.

Existe una gran variedad de fuentes de generación de residuos peligrosos, tales como hospitales, estaciones de servicio automotriz, laboratorios de investigación, de educación, y comerciales, entre otros, que no son necesariamente industriales, que los desechos que generan pueden causar efectos importantes al medio ambiente. Sin embargo, hasta ahora, la legislación en materia no se ha dirigido hacia este tipo de actividades ya que considera que los residuos que se obtienen son mínimos comparados con los generados en la industria, por lo que pone su foco de atención a este rubro.

Los residuos son generados por casi todas las ramas de la industria moderna como se muestra en la tabla 2.6. Cabe señalar que sería un error decir que los residuos peligrosos que se generan por un mismo tipo de industria son esencialmente de una composición común. La composición de un residuo (peligroso o no), no sólo es diferente entre sectores industriales, sino que puede ser apreciablemente distinta aún dentro de diferentes plantas de una misma rama industrial que fabriquen productos similares o idénticos.

Las razones son muy diversas, pueden ser las diferencias fundamentales de los tipos de procesos que tenga cada planta, el tipo de tecnología, equipo, rutas, condiciones de operación, y de manera importante si tienen o no técnicas, estrategias de control de contaminantes aplicadas en cada una de las plantas o de cada sector industrial. La industria en México se caracteriza por contar con un número reducido de grandes empresas que cuentan con tecnologías avanzadas y un gran número de micro, pequeñas y medianas empresas (más del 95%), la gran mayoría con procesos obsoletos de producción.

La planta industrial comprende cuatro tipos básicos de industria:

- Manufactureras
- Extractivas (minería y petróleo)
- De la construcción
- Eléctrica

Los procesos petroquímicos generan una cantidad importante de residuos tóxicos e inflamables. De acuerdo al inventario de las actividades de refinación y transformación de la industria petrolera y petroquímica primaria, se ha cuantificado un volumen de aproximadamente de 1, 710, 448 ton/año de residuos industriales generados en sus centros productivos (registrados hasta 1997) El 90.5 % de éstos son semisólidos constituidos principalmente por lodos de pretratamiento de aguas residuales, aceites procedentes de tanques de almacenamiento de crudo. Con base en su composición, se calcula que el 11 % de estos residuos son susceptibles de reciclaje, aunque actualmente en México sólo se

recicla aproximadamente el 1 % En lo que respecta a la producción de disolventes, especialmente en los procesos químicos, sin considerar a las industrias petrolera y maquiladora de exportación, se calcula que se generan aproximadamente 70 millones de litros al año de los siguientes disolventes:

Cloruro de metilo	7 500 000 litros
Dicloroetano	4 000, 000 litros
Triclorofluoroetano	70 000 litros
Tricloroetileno	1 500 000 litros
1,1,1-Tricloroetano	1 300 000 litros
Alcohol isopropílico	54 000, 000 litros

TABLA 2.6. Residuos peligrosos generados con mayor frecuencia en México

CLASIFICACION DE RESIDUOS	TIPO	GENERACION ESTIMADA TON/AÑO
Solventes	Orgánico	882,962
	organo-clorado	43,093
Aceites gastados	Lubricante	1'080,535
	Soluble	9,337
	Hidráulico	12,524
	Otro	1'013,927
Liq. residuales de procesos	corrosivos	675,078
	no-corrosivos	991,154
Sustancias corrosivas	ácidos	381,672
	álcalis	305,815
Lodos	tratamiento de aguas negras	863
	trat. de aguas de proceso	286,855
	galvanoplastia	721
	templados	65,115
	proceso de pinturas	3,977
	aceitosos	497,525
	otros	437,288
Sólidos	textil, piel, asbesto, etc.	764,500
	automotrices	55,5
	tortas de filtrado	4,022
	varios	2'429,652
Breas	catalíticos	22,905
	destilación	4,609
	otras	145
Escorias	finas	425,591
	granulares	143,587

FUENTE AMCRESPEC 1997.

2.4 MARCO LEGAL.

A partir de la publicación de la Ley Federal para prevenir y controlar la contaminación ambiental en el Diario Oficial de la Federación el 23 de marzo de 1971, en el capítulo IV, los artículos 13 al 18 establecían los procedimientos para la prevención y control de la contaminación producida por los residuos sólidos

Con base en la Ley Federal de Protección al Ambiente, en 1977 se crea en la entonces Secretaría de Salubridad y Asistencia SSA, hoy Secretaría de Salud, un departamento para atender la prevención y control de la contaminación de los suelos provocada por los residuos municipales e industriales. La actividad se enfocó principalmente hacia el control de los residuos sólidos municipales.

La reforma de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, en diciembre de 1982, se creó la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología: SEDUE, (hoy en día se hacen cargo el Instituto Nacional de Ecología y la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. INE-SEMARNAP) con las atribuciones y facultades para preservar los recursos forestales, de la flora y fauna silvestre y desde luego, para la preservación y control de la contaminación ambiental, en el aire, el agua y el suelo. Ahora bien, los conceptos legislativos y normativos ambientales fueron recientemente incorporados al Marco Jurídico Mexicano (figura 2.1). El concepto de manejo integral de los residuos peligrosos fue considerado por primera vez en 1988, al incluirse en la Ley General de Equilibrio Ecológico (figura 2.2) y la Protección al Ambiente, que sustituyó a la Ley Federal y Control de la Contaminación Ambiental.

La legislación mexicana establece criterios generales para ubicar alteraciones nocivas en el ambiente y los riesgos de salud, pero no es categórica en medidas a adoptar por la industria para resolver estos problemas. En México no hay reglamentación adecuada para prevenir y controlar la contaminación de los suelos. A diferencia de la Ley Integral de Respuestas Compensación y Responsabilidad Ambiental (CERCLA, por sus siglas en inglés) de Estados Unidos, que impone la obligación de restaurar los suelos dañados; en nuestro país sólo hay planteamientos vagos.

En Estados Unidos la Environmental Protective Agency (EPA), ha investigado instalaciones y sitios específicos cuya degradación implica amenaza a los ecosistemas y la salud humana, para proceder a remediarlos con recursos públicos. En México no existen ordenamientos ni responsabilidades para evitar que los sitios que han sido ocupados y perjudicados queden en las mismas condiciones cuando llega otro residente

Dentro del procedimiento de impacto ambiental, sólo aparece una mención en la elaboración de manifiesto de impacto ambiental en su modalidad general. Brevemente, refiere acciones que, en su caso, se llevaría a cabo para el proceso de abandono de sitio, pero no indica alguna por la cual pueda

obligarse al saneamiento del suelo degradado. La única disposición relacionada con este aspecto figura en el artículo 42 del Reglamento a la ley General en Materia de Residuos Peligrosos.

Cuando se produzcan derrames, infiltraciones, descargas o vertidos de residuos peligrosos durante las operaciones que comprenden su manejo, el generador y, en su caso, la empresa que ofrece el servicio, deberán notificar de inmediato de estos hechos a la SEMARNAP, aviso que deberá ser ratificado por escrito dentro de los tres días siguientes a la fecha del evento, para que dicha dependencia esté en posibilidad de dictar o promover ante las autoridades competentes la aplicación de las medidas respectivas. Dentro de la legislación ambiental se encuentran disposiciones legales, por ejemplo, el artículo 139 de la Ley General ordena que toda descarga, depósito, infiltración de sustancias o materiales contaminantes en los suelos, se sujete a lo que disponga dicha ley pero resulta que no hay especificaciones de acción, a excepción de la fracción III del artículo VII de la misma ley, que faculta a la autoridad para realizar acciones que le competen a fin de preservar, proteger y restaurar el equilibrio ecológico y el ambiente.

FIGURA 2.1. Estructura jurídica vigente en México.

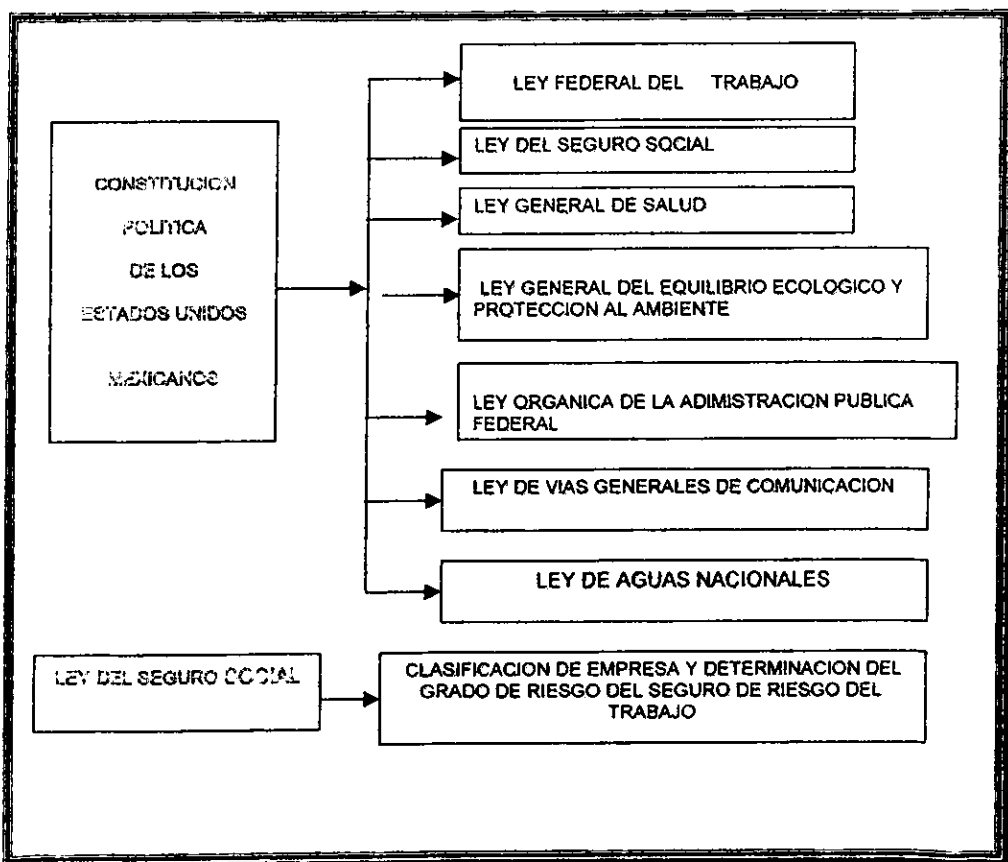
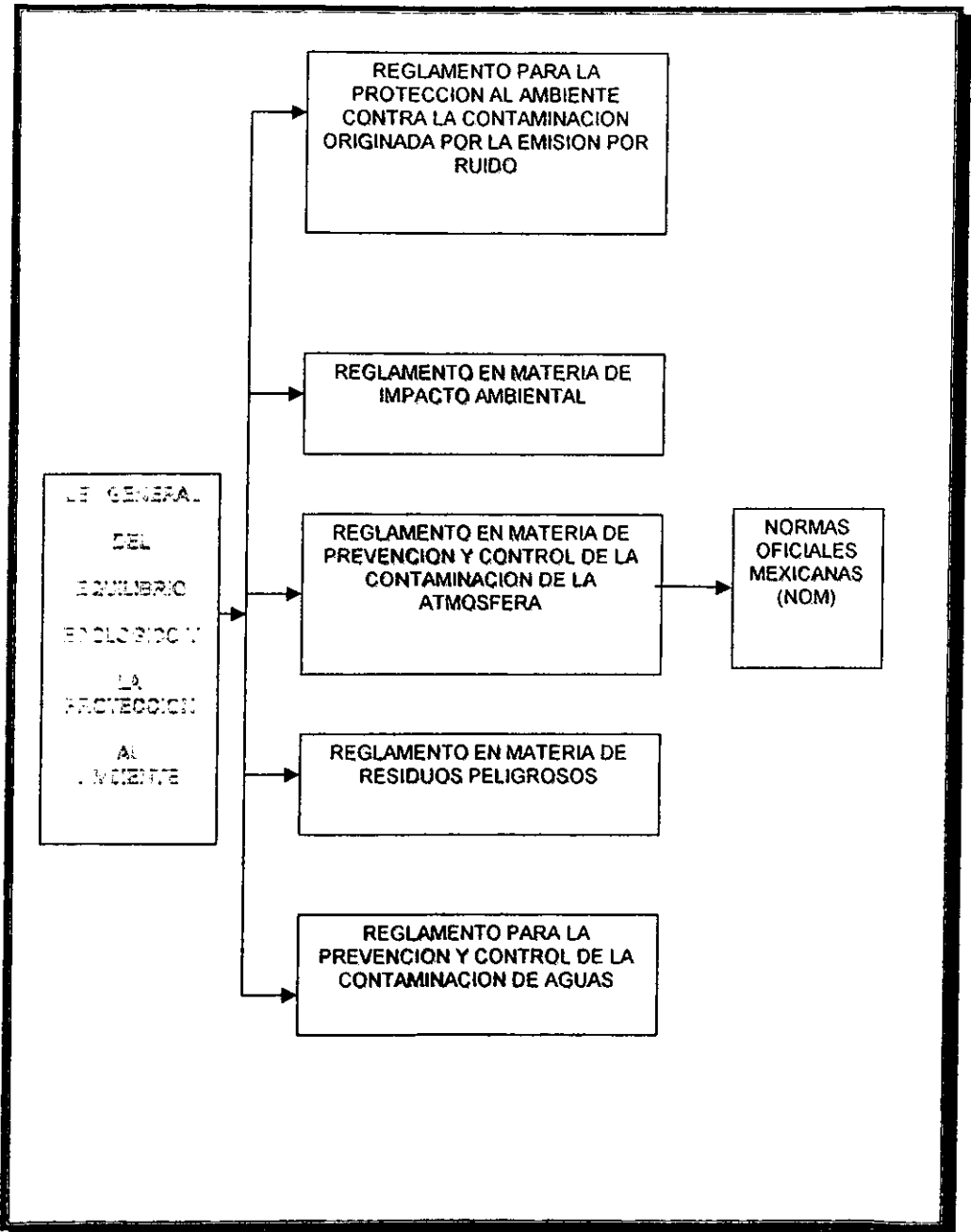


FIGURA 2.2 Estructura Legislativa en materia ambiental.



2.5 TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO Y DISPOSICION DE RESIDUOS PELIGROSOS

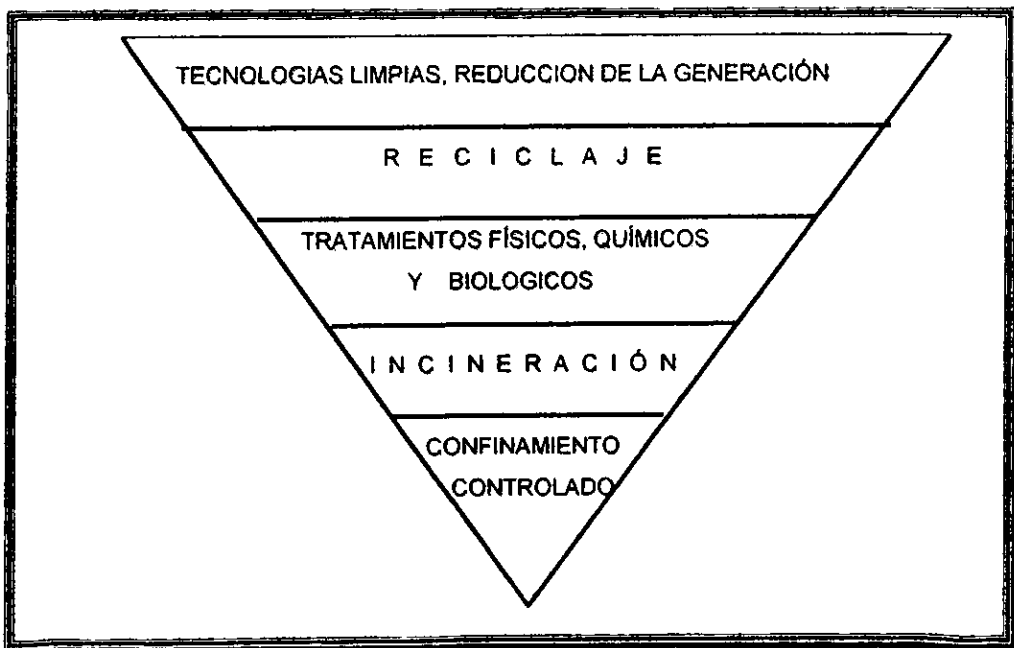
El principal objetivo del tratamiento y disposición final de un residuo es el de minimizar la exposición de los seres humanos y el medio ambiente a dichos materiales peligrosos y en la mayoría de los casos tóxicos.

El término "tratamiento" se refiere a cualquier método, técnica o proceso (incluyendo la neutralización) que pueda modificar las propiedades físicas, químicas, biológicas o la composición de cualquier residuo o desecho, esto con la finalidad de neutralizarlo, recuperar, disminuir su volumen, que sea seguro de transportar, almacenar o disponer.

La selección de algún tratamiento involucra primordialmente la naturaleza del residuo, las características que se desean del producto que se obtiene después del tratamiento, la adecuación de alternativas, consideraciones ambientales, económicas y financieras, requerimientos de energía, operación y mantenimiento. Es conveniente aclarar que actualmente no existe una tecnología para estabilizar completamente todo tipo de residuo o desecho que se genera; y que además ninguna ruta de disposición ofrece seguridad absoluta.

A continuación se muestra en la figura 2.3 la manera más sencilla de manejar los residuos sólidos peligrosos:

FIGURA 2.3. Estrategia de manejo de los residuos industriales.



2.5.1 TRATAMIENTOS FÍSICOS

Son diversos procesos, que a través de un cambio en la concentración y/o fase, transforman a los constituyentes peligrosos a una forma más conveniente para un procesamiento posterior o para su disposición final. Se pueden utilizar solos o junto con otros procesos que involucran una reacción química. Esta tecnología se emplea por lo general, para reducir el volumen del material residual, de esta forma el residuo no se destoxifica, sino que únicamente se concentra o se prepara para un tratamiento o recuperación posterior, como muestra en la tabla 2.7.

Las separaciones líquido-sólido incluyen dispositivos como son los estanques de sedimentación por gravedad, los clarificadores, las unidades de flotación de espuma y de gas. Las operaciones de trituración y molienda tienen varias aplicaciones, pues se utilizan en procesos que generan residuos, con el fin de reducir el tamaño de partícula para lograr un cambio física o químico adecuado, en las subsecuentes etapas de tratamiento.

Por otra parte, la mayoría de los procesos de transferencia de masa, tienen alguna aplicación en este campo. La destilación y la evaporación se pueden emplear para separar la corriente de alimentación en dos o más fases, en la que una contenga la mayor parte del contaminante de interés. La desorción se utiliza para las corrientes contaminadas con trazas de constituyentes volátiles. Aún cuando los sistemas de absorción no se emplean directamente para el tratamiento de residuos peligrosos, se utilizan como auxiliar de otros sistemas de procesamiento, como es el caso del control de las emisiones de vapor industrial.

TABLA 2.7 Algunos tratamientos físicos para residuos peligrosos.

Proceso	aplicación	ventajas	desventajas
Separación por gravedad	<ul style="list-style-type: none"> • aceites libres • sólidos suspendidos 	<ul style="list-style-type: none"> • bajo costo • elementos no-metálicos • relativamente seguro • fácil de operar 	<ul style="list-style-type: none"> • generación de emisiones volátiles • eliminación final de residuos aceitosos y lodosos
Flotación de aire	<ul style="list-style-type: none"> • aceites y grasas • emulsificados • sólidos finamente suspendidos 	<ul style="list-style-type: none"> • rompe emulsiones mecánicas • bajo costo • relativamente seguro 	<ul style="list-style-type: none"> • generación de emisiones volátiles • no remueve constituyentes disueltos • alto costo de energía

TABLA 2 7 (Continuación)

Coalescencia de aceites	<ul style="list-style-type: none"> • aceites libres y emulsificados 	<ul style="list-style-type: none"> • mantenimiento ocasional • sin elementos mecánicos • mayor remoción de aceites • bajos costos de energía 	<ul style="list-style-type: none"> • no remueve constituyentes disueltos • eliminación final de acetos • no rompe emulsiones químicas
Evaporación	<ul style="list-style-type: none"> • compuestos orgánicos volátiles • reducción del volumen del agua 	<ul style="list-style-type: none"> • reduce volumen • reduce contaminantes disueltos • fácil de operar 	<ul style="list-style-type: none"> • generación de emisiones contaminantes • alto costo de energía
Filtración	<ul style="list-style-type: none"> • aceites libres y emulsiones • sólidos suspendidos 	<ul style="list-style-type: none"> • fácil de operar • reduce contaminantes 	<ul style="list-style-type: none"> • dificultad de mantenimiento • no remueve constituyentes disueltos.
Adsorción con carbón activado o aire	<ul style="list-style-type: none"> • compuestos volátiles • compuestos semivolátiles 	<ul style="list-style-type: none"> • remoción de contaminantes disueltos • bajo costo de capital 	<ul style="list-style-type: none"> • dificultad de mantenimiento • eliminación o regeneración del carbón activado

FUENTE: CHEMICAL ENGINEERING PROCESS, AGOSTO 1997.

2.5.2 TRATAMIENTOS QUIMICOS.

Son procesos en los que se altera la naturaleza interna de los constituyentes peligrosos por medio de reacciones químicas. Se emplean para facilitar la destrucción de los residuos peligrosos y con la finalidad de modificar las propiedades químicas de los mismos; es importante recordar que este procedimiento no desaparece de manera mágica el contaminante tóxico de la matriz en la que se encuentra, sino que únicamente lo transforma en otra de menor peligrosidad. Por lo que es de vital importancia asegurar que los productos obtenidos en la etapa de destoxificación química constituyan verdaderamente un menor problema que el residuo original. También es importante aclarar que las sustancias para tales reacciones pueden ser de manejo peligroso. Debido a que las reacciones químicas involucran Reactivos específicos que funcionan bajo condiciones especiales, estos procesos se utilizan por lo general cuando el tratamiento involucra sustancias afines.

Cuando se aplica a un residuo de composición mixta pueden surgir interferencias o reacciones secundarias no deseables con productos de mayor peligrosidad a la que se sometió a tratamientos. Enseguida se muestra en la tabla 2 8, algunas de sus principales ventajas y desventajas.

TABLA 2 8 Algunos tratamientos químicos para residuos peligrosos

PROCESO	APLICACION	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Precipitación Química	metales inorgánicos	<ul style="list-style-type: none"> • eliminación del disolvente • recuperación del metal • reactividad segura 	<ul style="list-style-type: none"> • emisiones volátiles • disposición de desperdicio de lodo • selección de eliminación
Recuperación Electrolítica	alta concentración de metales orgánicos e inorgánicos	<ul style="list-style-type: none"> • eliminación del disolvente • recuperación del metal • reactividad segura 	<ul style="list-style-type: none"> • selección de eliminación • dificultad de mantenimiento • susceptible a la suciedad
Intercambio Iónico	baja concentración de metales orgánicos e inorgánicos.	<ul style="list-style-type: none"> • eliminación del disolvente • recuperación del metal • reactividad segura • reuso del agua 	<ul style="list-style-type: none"> • selección de eliminación • dificultad de mantenimiento • susceptible a la suciedad
Osmosis Inversa	baja concentración de metales orgánicos e inorgánicos.	<ul style="list-style-type: none"> • eliminación del disolvente • recuperación del metal • reactividad segura • reuso del agua 	<ul style="list-style-type: none"> • selección de eliminación • dificultad de mantenimiento • susceptible a la suciedad
Oxido Reducción	alta concentración de compuestos orgánicos e inorgánicos	<ul style="list-style-type: none"> • eliminación del disolvente • alto grado de tratamiento • no existe corriente de lavado 	<ul style="list-style-type: none"> • selección de eliminación • alto costo de operación • dificultad de mantenimiento y operación
Aire Húmedo (oxidación)	alta concentración de componentes orgánicos tóxicos	<ul style="list-style-type: none"> • eliminación del elemento- disolvente • tratamiento secundario de la corriente 	<ul style="list-style-type: none"> • selección de eliminación • alto costo de operación • dificultad de mantenimiento y operación

FUENTE: CHEMICAL ENGINEERING PROCESS, AUGUST 1997.

2.5.3 TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS.

Los procesos de tratamiento biológico (tabla 2.9), utilizan mecanismos bioquímicos y biológicos para llevar a cabo un cambio químico en las propiedades de los contaminantes de interés. Las propiedades químicas que son alteradas bajo la acción de una amplia variedad de microorganismos para causar la descomposición del compuesto dentro de una corriente residual. El objetivo del tratamiento biológico es estabilizar las sustancias orgánicas, los productos finales de la degradación microbiana son células nuevas, monóxido de carbono, agua, haluros, nitrógeno, sulfuro, calor y energía. Frecuentemente, la descomposición de compuestos orgánicos no se efectúa por completo, formándose compuestos de bajo peso molecular, tales como alcoholes, cetonas y ácidos orgánicos. Sin embargo, estos compuestos son de baja toxicidad para los microorganismos o vida acuática y son fácilmente biodegradables bajo condiciones apropiadas.

TABLA 2 9 Algunos tratamientos biológicos para residuos peligrosos

PROCESO	APLICACION	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Lodos activados	baja concentración de compuestos orgánicos y algunos inorgánicos	<ul style="list-style-type: none"> eliminación elemento-disolvente seguro bajo costo de mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> emisiones volátiles disposición de desperdicio de lodo alto costo de energía susceptible al choque de carga y tóxicos
Lagunas de estabilización	baja concentración de compuestos orgánicos y algunos inorgánicos	<ul style="list-style-type: none"> eliminación elemento-disolvente seguro fácil de operar bajo costo de mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> emisiones volátiles disposición de desperdicio de lodo alto costo de energía susceptible al choque de carga y tóxicos susceptible al cambio climático
Ajuste de reactores de película	baja concentración de compuestos orgánicos y algunos inorgánicos	<ul style="list-style-type: none"> eliminación elemento-disolvente seguro fácil de operar bajo costo de mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> emisiones volátiles disposición de desperdicio de lodo alto costo de energía susceptible al choque de carga y tóxicos susceptible al cambio climático
Degradación anaerobia	baja concentración de compuestos orgánicos y algunos inorgánicos	<ul style="list-style-type: none"> eliminación elemento-disolvente seguro 	<ul style="list-style-type: none"> emisiones volátiles disposición de desperdicio de lodo alto costo de energía susceptible al choque de carga y tóxicos

FUENTE: CHEMICAL ENGINEERING PROCESS, AUGUST 1997.

2.5.4 TRATAMIENTOS TERMICOS.

La incineración es una técnica adecuada para la disposición de residuos peligrosos que contengan compuestos orgánicos, porque se obtienen altas eficiencias de destrucción de materia orgánica. Cualquier dispositivo de combustión controlada es adecuado para la descomposición del residuo; estos varían desde una caldera de vapor hasta un arco-plasma de alta tecnología, siempre que se satisfagan los requerimientos establecidos en la reglamentación vigente.

La incineración es un proceso que se basa en la oxidación térmica a altas temperaturas (800° C o mayores), para convertir un material peligroso, en cenizas inertes. Para este fin se requiere que el residuo o por lo menos sus componentes peligrosos, sean combustibles con el objeto de que puedan ser destruidos. Los principales productos de la combustión de los residuos orgánicos son el bióxido de carbono, vapor de agua y cenizas

El método de tratamiento (tabla 2 10), se puede ver influenciado por la necesidad de cumplir con los requerimientos legales, entre los que se encuentran la destrucción mínima, las eficiencias de remoción y de destrucción, los niveles reglamentarios de contaminantes emitidos al aire, el control de los gases ácidos, y el grado de peligro que presentan las cenizas de materiales tóxicos

TABLA 2 10 Algunos tratamientos térmicos para residuos peligrosos

PROCESO	APLICACION	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Oxidación Con aire Húmedo	altas concentraciones de compuestos orgánicos y compuestos tóxicos	<ul style="list-style-type: none"> • remoción de contaminantes disueltos • proceso destructivo • no requiere tratamiento secundario para los residuos generados 	<ul style="list-style-type: none"> • altos costos de energía • dificultad en el mantenimiento • alto grado de peligrosidad • dificultad durante la operación • altos costos de capital y operación
Oxidación Supercrítica	altas concentraciones de compuestos orgánicos y compuestos tóxicos	<ul style="list-style-type: none"> • remoción de contaminantes disueltos • proceso destructivo • no requiere tratamiento secundario para los residuos generados • puede mantenerse por si mismo 	<ul style="list-style-type: none"> • altos costos de energía • dificultad en el mantenimiento • alto grado de peligrosidad • dificultad durante la operación
Incineración	altas concentraciones de compuestos orgánicos y compuestos tóxicos	<ul style="list-style-type: none"> • remoción de contaminantes disueltos • proceso destructivo 	<ul style="list-style-type: none"> • altos costos de energía • dificultad en el mantenimiento • alto grado de peligrosidad • dificultad durante la operación • altos costos de capital y operación • se requiere tratar los gases generados

FUENTE: CHEMICAL ENGINEERING PROCESS, AUGUST 1997

2.5.5 TRATAMIENTOS DE SOLIDIFICACION / ESTABILIZACION.

Son procesos en los que se reduce la peligrosidad que presenta un residuo, por medio de su estabilización o inmovilización. El resultado es una masa inerte con resistencia mecánica, la cual puede tener o no otra utilidad. Actualmente se investigan procesos de estabilización y de solidificación para la contención de materiales residuales que alguna vez se colocaron directamente en un relleno sanitario: residuos sólidos, líquidos o semilíquidos, los cuales no se pueden destruir o transformar por medios físicos, químicos o biológicos, y al disponerse de esa manera generan lixiviados. Gran parte de esta tecnología es relativamente nueva, excepto para algunas aplicaciones en la industria de disposición nuclear.

El proceso de solidificación transforma al residuo (líquido o semilíquido) en otra forma física que se pueda manejar, almacenar y disponer de manera más segura y conveniente. De esta manera se

reduce también el volumen del residuo al remover a los líquidos que se encuentren presentes. Existe una gran variedad de materiales para la solidificación y de técnicas disponibles (tabla 2.11); pero en todos los casos se persigue que el proceso no sea reversible.

TABLA 2.11. Tecnologías de estabilización/solidificación

MÉTODO	FORMA DEL RESIDUO
Encapsulación	sólido-líquido
Solidificación en cemento	sólido-líquido
Solidificación en cal	sólido-líquido
Microencapsulamiento termoplas	sólido-líquido
Polímero orgánico	sólido-líquido
Autoaglutinación	sólido-líquido
Vitrificación	sólido-líquido
Sorbentes	líquido
Inyección profunda	líquido

2.5.6 COMPARACION DE LAS TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO PARA RESIDUOS PELIGROSOS.

Como se ha observado, los tratamientos y metodologías de manejo de residuos peligrosos, son muy variados tanto en costo, facilidad de operación, equipo y personal requerido entre otros aspectos. En la tabla 2.12, se presenta un resumen de las características, ventajas y desventajas que cada uno de los métodos de tratamiento presenta para aplicarse a los residuos peligrosos.

TABLA 2 12 Comparación de las principales tecnologías de tratamiento para los residuos peligrosos

TRATAMIENTO	DESCRIPCION	VENTAJAS	DESVENTAJAS
FISICO	Separación y reducción de volumen y toxicidad. Procesos sencillos.	Se aplica residuos sólidos, líquidos y gaseosos. Agiliza el tratamiento adecuado para disponer sustancias de manera definitiva y segura	Aplicación en función del volumen del residuo. Más aplicable a residuos sólidos que a líquidos
QUIMICO	Uso de reacciones químicas para transformar las corrientes de residuos peligrosos en sustancias menos peligrosas o inertes.	Reducción del volumen y toxicidad. Separación de contaminantes, estabiliza residuos con bajo contenido de materia orgánica. Buena aplicación a residuos farmacéuticos pues en muchos casos se puede esperar la inactivación del residuo.	Se tiene que conocer la naturaleza química del residuo para elegir el mejor tratamiento. Puede generar productos no deseados más peligrosos que los residuos originales. De mayor aplicación a residuos líquidos
BIOLOGICO	Degradación microbiológica de las aguas residuales que contienen carga orgánica alta.	Rentable para tratar grandes volúmenes. Puede no requerir reactivos adicionales.	Aplicable a aguas residuales que no sean tóxicas para los microorganismos que intervienen. Se emplean para otras corrientes cuando han sido previamente tratadas. Requiere equipo y personal calificado.
TERMICOS	Oxidación controlada de componentes orgánicos a alta temperatura para producir bióxido de carbono y agua.	Disminuye el volumen y la toxicidad del residuo. Se aplica a residuos sólidos, líquidos y gaseosos. Se aplica a gran variedad de residuos. Se habla de la destrucción total del residuo obteniendo material inerte.	Aplicable a residuos con bajo contenido de humedad. Tecnologías que requieren de una gran inversión, equipo y personal calificado.
ESTABILIZACIÓN SOLIDIFICACION	Se aplican aditivos para inmovilizar.	Estabiliza residuos muy tóxicos	Aplica a sólidos y líquidos muy costosa.

CAPITULO 3



RESIDUOS SOLIDOS

MUNICIPALES

(NO PELIGROSOS)

3.0 INTRODUCCION.

Una gran parte de los artículos que utiliza el hombre en su vida cotidiana se elaboran a base de plástico, material que paulatinamente ha ido sustituyendo a otros, como el papel y el vidrio. La proliferación de su uso se puede atribuir en gran medida a su costo relativamente bajo, comparado con el de otros materiales, su versatilidad y estabilidad.

El reciclaje de los desechos sólidos municipales, requiere el compromiso activo de todos los integrantes de la sociedad, y necesita de un sistema eficiente para la separación, clasificación, así como su disposición final.

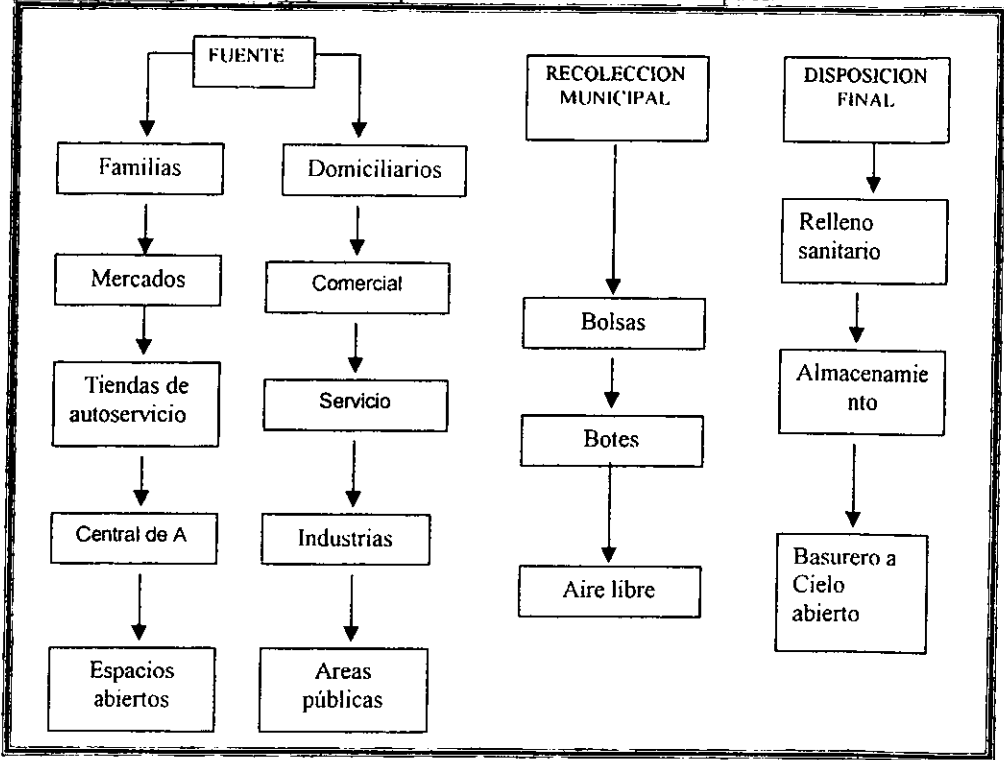
Los centros de enseñanza superior, no pueden permanecer ajenos al problema que representan los desechos, pueden y deben participar, dentro del proceso de reciclado y cumplir con sus funciones sustantivas de docencia, investigación y servicio.

3.1 RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES EN MEXICO (NO PELIGROSOS).

Actualmente México enfrenta una serie de problemas relacionados con la generación, el manejo, y la capacidad física de disposición de los residuos sólidos que se desechan de hogares, comercios, parques, escuelas, etc. (figura 3.1). Estos desechos se convierten en basura al mezclarse con otros residuos, dicha basura se recolecta por las autoridades correspondientes ya sea municipal, o estatal por lo que se les llama comúnmente Residuos Sólidos Municipales (RSM).

De acuerdo a los registros oficiales del INEGI (1997), se estima que la generación anual a nivel nacional de residuos sólidos municipales es de más de 32 millones de toneladas, para una población de 95,495,312 habitantes, con una generación per cápita de 0.904 kg/hab/día. Esta situación empeorará a menos que se tomen medidas inmediatas como: reducir la generación, disminuir la cantidad total de desechos que requieren de disposición final, administrar y disponer de manera eficiente los residuos resultantes

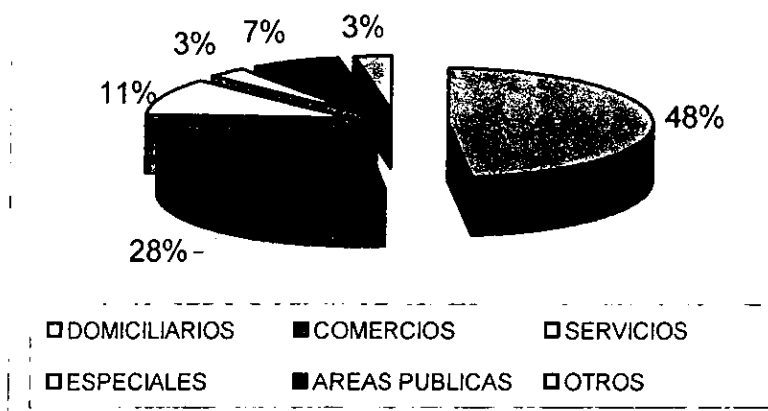
FIGURA 3.1 Diagrama de flujo para la disposición de desechos sólidos municipales.



FUENTE MEMORIA DEL FORO SOBRE EL SERVICIO DE LIMPIA Y RECOLECCIÓN DE BASURA DEL D D F. MAYO DE 1997

En 1994 de acuerdo al Instituto Nacional de Ecología, la fuente con mayor generación, era la domiciliaria, seguida por los comercios y los servicios con 48%, 28%, y 11% respectivamente el restante 13% está conformado por áreas públicas con 7%, especiales con 3%, y otros con 3%, como lo muestra la gráfica 3.1

GRAFICA 3.1 GENERACION DE LOS RESIDUOS MUNICIPALES, POR FUENTE



FUENTE: INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA, MÉXICO 1997

3.2 COMPOSICION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES.

De acuerdo con los datos proporcionados por el Instituto Nacional de Ecología (INE), dependiente de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) y del Gobierno del Distrito Federal, la generación de residuos sólidos municipales en el país es superior a 55000 toneladas/día. El Distrito Federal genera aproximadamente 11000 ton/día y contando a la zona metropolitana que incluye 16 municipios del Estado de México, se producen 18000 ton/día de RSM, que son el 30% del total de residuos generados por el país.

Un análisis realizado por el D.D.F. la composición media de los residuos sólidos municipales, muestra que los residuos orgánicos (alimentos y jardinería) representan aproximadamente el 47% del total de dichos residuos, por otra parte cerca del 38% lo constituyen los desechos de envase y embalaje y materiales que lo forman, el 15% restante está formado por otros residuos como se muestra en la tabla 3.1.

TABLA 3.1. Composición de los RSM en el Distrito Federal

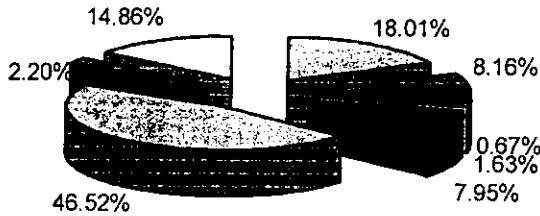
TIPO DE RESIDUO	PORCENTAJE %
Cartón	4.11
Envase de cartón	2.20
Papel	11.76
Lata (aluminio)	1.58
Material ferroso	1.63
Plástico de película	0.08
Plástico rígido	4.97
Poliuretano	0.13
Poliestireno expandido	0.67
Vidrio de color	2.06
Vidrio transparente	5.89
Envases y embalajes	Total 38.14
Alimentos	40.69
Jardinería	5.83
Orgánicos	Total 46.52
Algodón	0.36
Fibra dura vegetal	0.10
Fibra sintética	1.74
Cuero	0.15
Hueso	0.10
Hule	0.24
Loza y cerámica	0.48
Madera	0.16
Material de construcción	0.50
Pañal desechable	3.76
Trapo	0.67
Otros	7.0
Total	15.34

FUENTE: DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL 1997.

Así mismo, se ha incrementado la generación de RSM que pueden considerarse como peligrosos, como resultado del incremento de la actividad de unidades médicas, laboratorios, transportes, industrias etc.

La composición promedio, a nivel nacional de los residuos sólidos municipales (RSM) por tipo de residuo, se presenta en la gráfica 3.2.

GRAFICA 3.2 COMPOSICION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES



- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Papel y cartón | <input checked="" type="checkbox"/> Plástico |
| <input type="checkbox"/> Poliestireno Expansible | <input type="checkbox"/> Material ferroso |
| <input checked="" type="checkbox"/> Vidrio | <input type="checkbox"/> Alimentos y jardinería |
| <input checked="" type="checkbox"/> Fibras textiles | <input type="checkbox"/> Otros |

FUENTE INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA(INE). MÉXICO 1997

3.3 MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES.

Desde hace varios años, tirar la basura ha sido el método preferido por todos para disponer de los RSM. Existen personas que viven con montañas de basura, a las que llamamos pepenadores, los cuales alternan con roedores, perros y otros animales semidomésticos. Estas personas son grupos de gente marginadas. Los pepenadores seleccionan y reúnen desechos de papel, cartón, vidrio, plásticos, metales y otros materiales secundarios, con la venta de los cuales apenas pueden mal vivir. Por otra parte justo es reconocer que estas personas realizan una excelente labor de reciclaje y de recuperación de recursos.

3.3.1 TRATAMIENTOS Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES.

El tratamiento de los residuos sólidos se presenta como una alternativa frente a la disposición final de éstos, ya sea en tiraderos a cielo abierto o bien rellenos sanitarios. Cabe mencionar que dicha alternativa tiene una elevación en los costos de disposición final, dada la cada vez mayor dificultad para obtener terrenos aptos para ello cercanos a las ciudades, se tiene también, la oposición de ciertos sectores de la población debido a que las medidas de seguridad necesarias para proteger el medio ambiente y la salud no son las adecuadas.

El tratamiento de los residuos sólidos municipales puede definirse como el conjunto de técnicas o métodos de procesamiento, físico químicos, o biológicos, que se aplican a los desechos sólidos con la finalidad de modificar sus características. Los objetivos del tratamiento pueden ser varios entre los que se encuentran los siguientes:

- Reciclaje de subproductos
- Reducción de tamaño
- Recuperación de energía
- Eliminación de agresividad de los residuos
- Facilita su manejo.

3.3.2 INCINERACION.

Los procesos de tratamiento térmico utilizan temperaturas elevadas hasta 1000 °C, para causar la destrucción o descomposición de los contaminantes. Las especies metálicas se descomponen en su forma elemental, cenizas o gases puros, mientras que los compuestos orgánicos en bióxido de carbono, agua, gases, y halógenos o haluros. En la práctica, el producto gaseoso puede contener además óxidos de nitrógeno, bióxido de azufre, ácido clorhídrico, y aún compuestos tóxicos como las dioxinas de ciertos metales pesados.

La incineración reduce la basura urbana hasta un 10% de su volumen inicial, hay algunos incineradores que queman alrededor de 500 ton/día de residuos sólidos. Mediante la incineración los residuos logran los siguientes objetivos:

- Reducción de volumen
- Destrucción de gérmenes patógenos
- En ciertos casos recuperación de energía

3.3.3 PIROLISIS.

De las muchas alternativas de procesos conversión química, excluyendo la incineración, la pirólisis es la más importante. En la pirólisis las sustancias orgánicas pueden descomponerse térmicamente, en líquidos de alto contenido energético. El proceso de pirólisis es la descomposición térmica en una atmósfera libre de oxígeno. Es una combinación de cracking térmico y reacciones de condensación. En contraste con el proceso de combustión, el cual es altamente exotérmico, el pirólisis es altamente endotérmico, por lo que también se le llama destilación destructiva.

Productos de la pirólisis

Una corriente de gas que contiene hidrógeno, metano, monóxido de carbono, dióxido de carbono, y otros gases dependiendo de las características orgánicas del material que va a someterse al tratamiento. El contenido energético de los aceites combustibles está estimado en 10000 Btu/lb, y el de los gases 700 Btu/ft³.

Saneeei W, Walters J, et al. , (1970), sometieron a pirólisis grandes cantidades de desechos sólidos y demostraron que de una tonelada de desechos sólidos municipales se obtienen:

- ♣ 154 a 424 lb de residuo sólido
- ♣ 0.5 a 6 galones de alquitrán
- ♣ 1 a 4 galones de aceite
- ♣ 97 a 133 galones de alcohol
- ♣ 16 a 32 lb de sulfato de amonio
- ♣ 32 a 18058 pie³ de gas

3.3.4 PROCESOS BIOLÓGICOS.

Los procesos biológicos utilizan mecanismos bioquímicos y biológicos para llevar a cabo un cambio químico en el contaminante. Las propiedades químicas se alteran mediante microorganismos que causan la descomposición del compuesto, y así estabiliza a las sustancias orgánicas. Los productos son compuestos nuevos, CO, H₂O, haluros, nitrógeno, sulfuros, calor y energía en exeso, compuestos de bajo peso molecular como alcoholes y ácidos orgánicos.

3.3.4.1 DEGRADACION AEROBIA Y ANAEROBIA

Este proceso se usa cuando se desea reducir la cantidad de lodos que deben eliminarse posteriormente. El proceso de degradación anaerobio, es similar a un proceso aerobio, excepto que la degradación de contaminantes ocurre en ausencia de oxígeno. Los productos finales son: metano, bióxido de carbono y una gran variedad de compuestos de bajo peso molecular. A diferencia del proceso aerobio, mediante el proceso anaerobio se lodo en exeso o biomasa, dado que se obtiene menor energía durante el metabolismo. La velocidad de reacción es menor que en el proceso aerobio requiriendo tiempos de degradación del orden de meses para algunos constituyentes (días para un proceso aerobio).

3.3.5 COMPOSTAJE.

El composteo se define como la degradación bioquímica de la materia orgánica fermentable, para convertirla en un compuesto bioquímicamente inactivo llamado *composta*. Se puede decir que la composta es un material que se obtiene por acción microbiana controlada, donde se utilizan los desechos orgánicos como materia prima.

En algunos casos el relleno sanitario es una forma ineficiente de composteo. La aplicación del composteo como los procesos biológicos en general, está restringida obviamente a la fracción orgánica de la basura. El composteo se desarrolló originalmente, un elemento para mejorar los suelos, reponiéndoles la materia orgánica y los micronutrientes perdidos a causa del cultivo exhaustivo.

La composta no se puede considerar como un fertilizante, ya que contiene alrededor de 1% de nitrógeno, 0.25% de fósforo, y 0.25% de potasio. Una de las principales ventajas de la composta es que evita la corrosión y el deslave, además de mejorar las propiedades físicas del suelo, su actividad biológica así como disminuye la cantidad requerida de fertilizante.

Los componentes básicos de una planta de composteo son: área de recepción de basura, tolva de alimentación, equipo de transporte, clasificación, y volumen, área de fermentación y un laboratorio

Ventajas.

- ♣ Única técnica actual para reutilizar la materia orgánica.
- ♣ Es adecuada para manejar residuos industriales de empresas productoras de cármicos, vegetales y maderas.
- ♣ Reduce el volumen de hasta un 50%
- ♣ Integración de la totalidad de la materia orgánica al ciclo natural
- ♣ Recuperación de subproductos con valor comercial
- ♣ La composta se puede usar como material de cubierta de relleno sanitario o regenerador de suelos de cultivo.

Desventajas

- ♣ Capacitación de personal
- ♣ Se requiere controlar las condiciones físicas, químicas y biológicas del proceso
- ♣ Existe un mercado reducido para la composta
- ♣ Costos altos para el transporte de la composta
- ♣ Costos de mantenimiento elevado por el desgaste del sistema de molineta
- ♣ Requiere de tiempos prolongados de para estabilizarse
- ♣ Se requiere de áreas grandes

3.3.6 RECICLAJE.

La técnica del reciclaje se sustenta en la recuperación de materiales. En México, el reciclaje de materiales sin práctica ingeniería se realiza en casi todas las ciudades de forma más o menos clandestina y recibe el nombre de pepena. Los materiales recuperados por los empleados de limpia, por el pepenador de los basureros, por los carreros o carretoneros o por el pepenador urbano van a parar generalmente a un centro de acopio.

La industria ambiental del reciclaje participa en la gestión de los residuos sólidos, comercializando algunos productos, generando economía de manera directa para aproximadamente 20000 familias e indirectamente para otras 72000, que dependen de dicha economía para sobrevivir. Según las últimas estadísticas del INEGI en México existen aproximadamente 5000 comercios establecidos; el INARE (Instituto Nacional de Recicladores), ha clasificado a los comercios que participan en tres de las fases de conversión del residuo en insumo.

Dentro de la industria ambiental del reciclaje en 1993 los recicladores mexicanos participaron en la recuperación de aproximadamente 607,000 toneladas mensuales de residuos sólidos

3.3.6.1 MATERIALES RECICLABLES

Las técnicas utilizadas en la recuperadora de materiales dependen de la forma en que se clasifique la basura. Existen equipos capaces de separar los materiales valiosos de acuerdo a sus propiedades específicas como: densidad, tamaño de partícula, propiedades metálicas etc. En la actualidad hay diversos sistemas de separación entre los que se encuentran:

- ♣ Clasificación magnética
- ♣ Clasificación por color y activación de aire
- ♣ Clasificación por conductividad eléctrica
- ♣ Clasificador neumático

Una condición indispensable para que un material pueda recuperarse o se le considere reciclable es que tenga mercado, esto hace que en cada entidad varíen los materiales considerados como reciclables, de donde los más comunes son:

- ✦ Papel y cartón
- ✦ Metales(aluminio y acero)
- ✦ Vidrio
- ✦ Plásticos
- ✦ Otros

3.3.6.2 PAPEL

El papel que contiene la basura, se puede clasificar en dos grupos dependiendo del grado de limpieza: papel comercial y doméstico. En la ciudad de México se producen cerca de 1800 toneladas diarias de desperdicio de papel y cartón. El reciclaje de éstos materiales contribuye a disminuir la cantidad de desechos que acaban su vida útil en un tiradero a cielo abierto o relleno sanitario. Cada vez que se recicla una tonelada de periódico viejo se deja de cortar entre 15 y 17 árboles. Al usar el residuo de papel en lugar de fibra de madera virgen, se reduce el consumo de energía en un 58%

3.3.6.3 VIDRIO

El vidrio constituye aproximadamente el 8% en peso de los residuos sólidos municipales, el 90% es vidrio de botella o recipiente blanco, verde o ámbar, el 10% restante es vidrio plano y de vajilla. El reciclado de envases de vidrio en nuestro país tiene más de 50 años de existencia. Utilizado por la industria y dentro del ramo artesanal como materia prima, tuvo un importante auge en los inicios de los 80's debido a su impacto en relación con el ahorro de energéticos, en los últimos años se le ha otorgado el mismo enfoque que a todos los materiales reciclables; al considerarse sus beneficios ecológicos, sociales, políticos, económicos y psicológicos.

Los beneficios a la industria al utilizar vidrio reciclado son:

- Reemplaza a las mezclas como materia prima.
- Cuando se utiliza en el proceso de fundición los hornos pueden operar a menor temperatura que cuando trabajan con mezclas básicas, ahorrando así energía
- Lleva a operar a una planta a una mayor capacidad en comparación a cuando se utilizan mezclas
- Reduce las emisiones de contaminantes a la atmósfera.

Una condición indispensable para que un material pueda recuperarse o se le considere reciclable es que tenga mercado, esto hace que en cada entidad varíen los materiales considerados como reciclables, de donde los más comunes son:

- ♣ Papel y cartón
- ♣ Metales(aluminio y acero)
- ♣ Vidrio
- ♣ Plásticos
- ♣ Otros

3.3.6.2 PAPEL

El papel que contiene la basura, se puede clasificar en dos grupos dependiendo del grado de limpieza: papel comercial y doméstico. En la ciudad de México se producen cerca de 1800 toneladas diarias de desperdicio de papel y cartón. El reciclaje de éstos materiales contribuye a disminuir la cantidad de desechos que acaban su vida útil en un tiradero a cielo abierto o relleno sanitario. Cada vez que se recicla una tonelada de periódico viejo se deja de cortar entre 15 y 17 árboles. Al usar el residuo de papel en lugar de fibra de madera virgen, se reduce el consumo de energía en un 58%.

3.3.6.3 VIDRIO

El vidrio constituye aproximadamente el 8% en peso de los residuos sólidos municipales, el 90% es vidrio de botella o recipiente blanco, verde o ámbar, el 10% restante es vidrio plano y de vajilla. El reciclado de envases de vidrio en nuestro país tiene más de 50 años de existencia. Utilizado por la industria y dentro del ramo artesanal como materia prima, tuvo un importante auge en los inicios de los 80's debido a su impacto en relación con el ahorro de energéticos, en los últimos años se le ha otorgado el mismo enfoque que a todos los materiales reciclables; al considerarse sus beneficios ecológicos, sociales, políticos, económicos y psicológicos.

Los beneficios a la industria al utilizar vidrio reciclado son:

- Reemplaza a las mezclas como materia prima
- Cuando se utiliza en el proceso de fundición los hornos pueden operar a menor temperatura que cuando trabajan con mezclas básicas, ahorrando así energía
- Lleva a operar a una planta a una mayor capacidad en comparación a cuando se utilizan mezclas
- Reduce las emisiones de contaminantes a la atmósfera.

3.3.6.4 METALES: ALUMINIO Y ACERO

Las latas de aluminio son reciclables. Una vez usadas se recolectan y son enviadas a una fundición para ser convertidas en lingotes; éstos, a su vez, se transforman en lámina de aluminio. La gran mayoría del aluminio que se recicla se convierte en latas y vuelve a utilizar como envase para bebidas. El reciclaje del aluminio proporciona grandes ahorros de energía y costo. Cuando se utiliza aluminio recuperado para fabricar las latas, en lugar de materias vírgenes, se logra un ahorro de 95% en la cantidad de energía requerida en el proceso. De una manera general, cuando se consideran los costos de recolección del desecho de aluminio por reciclar, el ahorro general total es de aproximadamente 40 por ciento.

Los contenedores de acero son totalmente reciclables y las materias primas que los constituyen pueden ser rehusadas indefinidamente, aunque es necesario separarlas previamente. Los procesos de desestañado usan energía de modo intensivo. Los materiales de recubrimiento y el acero libre de ellos se venden como productos nuevos de alta calidad para ser reconvertidos en nuevas materias primas para envase. Cuando se fabrican latas a partir de acero reciclado, en lugar de mineral de hierro virgen, se consiguen ahorros de entre 60% y 70% en los consumos de energía. El reciclaje también reduce la contaminación del agua y del aire hasta en 86 por ciento. Los metales no ferrosos constituyen aproximadamente el 6 % de los RSM, incluyendo residuos comerciales e industriales.

3.3.6.5 PLASTICO.

Las resinas poliméricas que dan origen a los plásticos provienen de los productos derivados del petróleo o del gas natural, los cuales son también fuentes de energía. Los reglamentos sanitarios prohíben el uso de plásticos reciclados en contacto directo con alimentos y bebidas. Los plásticos son fáciles de procesar y conducen a productos ligeros, éstas dos características resultan ahorros tanto de manufactura como de transporte.

Los plásticos son difíciles de reciclar, debido a los problemas que existen para separarlos por resinas. Una vez separados, algunos plásticos se adaptan mejor al reciclaje. En E.U.A. y Canadá el reciclaje del PET y de polietileno de alta densidad alcanza cantidades superiores al 50%. Los plásticos reciclados no se utilizan en la producción de nuevos envases de alimentos, debido a los requisitos sanitarios.

Los plásticos pueden clasificarse en dos grandes grupos: los termoplásticos y termofijos. Los termoplásticos se ablandan cuando se les aplica calor, por lo que pueden reutilizarse y volver a transformarse, los termofijos no tienen dicha característica por lo que no se pueden reciclar. Los principales plástico utilizado son los siguientes:

- 1 Polietilentereftalato(PET)
- 2 Polietileno de alta densidad(PEAD)
- 3 Policloruro de vinilo(PVC)
- 4 Polietileno de baja densidad(PEBD)
- 5 Polipropileno(PP)
- 6 Poliestireno(PS)
- 7 Otros.

El orden que se presenta es el que se le ha otorgado de acuerdo a la importancia en la demanda de dichos plásticos. Las principales aplicaciones de los plásticos antes mencionados son.

- 1 PET. Producción de fibras de poliéster y capas intermedias en laminados para producción de nuevos envases.
- 2 PEAD: Películas de alta resistencia para bolsas y sacos, botellas no sanitarias, juguetes, cubetas y gran variedad de productos para el hogar
3. PVC: Tuberías para irrigación, mangueras, molduras de ventanas, discos, botellas no sanitarias y accesorios de automóviles
- 4 PEBD: Bolsas, sacos y películas flexibles, botellas no sanitarias por moldeo soplado, y aislamiento de cables eléctricos y de teléfono.
- 5 PP Sillas y otros tipos de muebles, cajas para batería y otros accesorios automotrices, tubería y conexiones, conos, canillas y otros accesorios para la industria textil.
6. PS: Material de empaque para uso no alimenticio, accesorios para oficina, peines, escobas y piezas de equipaje.

De entre los plásticos menos comunes, el poliuretano(PU) se utiliza casi siempre en forma expandida al igual que el poliestireno(PS), es decir como espuma, por lo que es poco económico reciclarlo

1. - RECICLAJE DE POLIESTIRENO EXPANSIBLE (PS).

Cada día se encuentran más desechos de materiales plásticos expandidos, como son las charolas para carne y los empaques para huevo, los vasos y platos para comida caliente, tirados por doquier, al igual que las piezas de empaque rígido para inmovilizar los equipos electrónicos en su embalaje de transporte, están elaborados de poliestireno expandido(PSE) y son repugnantes para muchas personas además de que

simbolizan los problemas de basura callejera que aquejan a las grandes ciudades. Sin embargo la solución no es prohibir el uso de dichos materiales.

Los plásticos en la vía pública como en parques, bosque, playas, hogares, carreteras, etc., no son tóxicos, no se degradan, no propician enfermedades, no envenenan; solamente, afean el paisaje y producen un rechazo visual además de ocupar un volumen muy grande.

En el Reino Unido, la empresa Ltd, desarrolló un proceso que permite eliminar la mayoría de los contaminantes en plásticos como PS; PP y ABS (acrilonitrilo-butadieno-estireno). A pesar de que los problemas, la empresa recicla principalmente 60 toneladas semanales de ganchos para colgar ropa.

La empresa austríaca Lorenz Schoegl Technik, de Pottentein, desarrolló lo que asegura ser la solución al problema de reciclaje de PS expandido. El proceso involucra tres etapas diferentes:

- La unidad Chipser, de cortado en caliente, produce hojuelas y virutas, que pueden usarse como material de empaque.
- La unidad Styrocut produce gránulos del tamaño de una nuez, que pueden usarse como sustituto de la grava en aplicaciones de drenaje.
- La Unidad Styromill convierte el material en gránulos finos, que conservan la estructura de las celdas expandidas, con sólo una pequeña abrasión de la superficie, lo cual los hace apropiados para la horticultura o como aditivo en la fabricación de ladrillos.

En U.S.A. han hecho grandes inversiones en plantas de reciclamiento y lo que se obtiene son: tablas de espuma aislante de cimentación, accesorios de oficina, charolas para comida, recipientes para basura, etc.

Existen 15 grandes productores de poliestireno en U.S.A., de los cuales, 8 de ellos pertenecen a la National Polystyrene Recycling Company (NPRC), asociación que desarrolla tecnología para el reciclaje de poliestireno. Uno de los principales métodos de reciclaje de poliestireno expansible, es la densificación, la cual consiste en aplicar calor para eliminar el aire que contiene.

El futuro del reciclaje de poliestireno, depende de muchos factores, como la actitud de la gente al desecharlo, la legislación sobre el uso y su composición, y sobre todo la parte económica.

3.3.7 RELLENO SANITARIO.

Es una técnica de disposición de basura, el cual se define según la Norma Oficial Mexicana NOM-084-ECOL-1995 como "un método de ingeniería para la disposición de residuos sólidos en tierra, de manera que se dé la protección al medio ambiente, mediante el esparcimiento de los residuos en pequeñas capas, compactándolas al menor volumen y cubriéndolos con tierra al final del día de trabajo" Un relleno sanitario se debe de apegar a estrictos códigos de operación basados en principios sólidos de ingeniería, éstos principios se definen cada vez mejor conforme avanza el conocimiento sobre el comportamiento de materiales de desecho en las condiciones del relleno.

El relleno sanitario es un macroreactor donde se llevan a cabo las reacciones de descomposición y biodegradación. Algunos de los cambios físicos, químicos y biológicos que sufre la basura durante su descomposición son:

- Generación de gases y líquidos
- Oxidación química de materiales
- Escape y difusión de gases a través del relleno
- Disolución (lixiviado) de materiales orgánicos e inorgánicos por el agua y por el propio lixiviado

3.3.7.1 SELECCIÓN DEL SITIO DE CONFINAMIENTO.

Metas de la selección:

- ✦ Minimiza riesgos para la salud
- ✦ Minimiza el impacto al ambiente
- ✦ Minimiza los costos del proyecto
- ✦ Aumenta la aceptación pública

Pasos de la selección:

- ✦ Definición del área de estudio
- ✦ Factores y criterios del medio físico
- ✦ Factores y criterios socioeconómicos
- ✦ Factores y criterios ecológicos
- ✦ Factores y criterios relativos al proyecto

Ventajas

- ♣ Es el método más adecuado si el terreno tiene un bajo costo
- ♣ La inversión inicial es pequeña comparada con otros métodos de disposición
- ♣ Es un método completo de disposición final, no deja residuo como la incineración
- ♣ Puede almacenar todo tipo de residuos sólidos, sin separación previa
- ♣ Es flexible, ya que maneja cantidades variadas de residuos con poco personal
- ♣ Una vez terminado el proceso, el terreno puede habilitarse como campos deportivos, aeropuertos, estacionamientos etc.

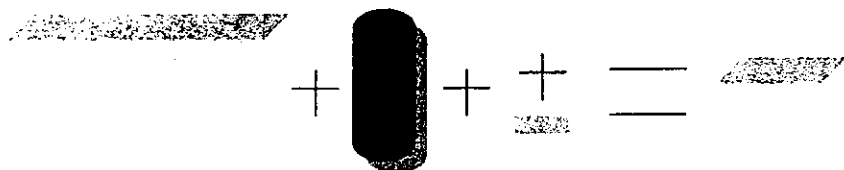
Desventajas

- ♣ En áreas altamente pobladas la distancia puede aumentar los costos
- ♣ Si no se opera adecuadamente puede convertirse en tiradero a cielo abierto
- ♣ La ubicación del relleno sanitario en zonas residenciales provocaría la oposición pública
- ♣ Requiere mantenimiento periódico
- ♣ Requiere personal especializado
- ♣ Las construcciones permisibles sobre el relleno, son especiales y limitadas debido a los gases y asentamientos
- ♣ Produce gases altamente explosivos.

CAPITULO 4

PARTE

EXPERIMENTAL.



4.1 INTRODUCCION.

Para identificar así como evaluar la peligrosidad de los residuos o desechos, es importante reconocer que existen varios niveles de riesgo asociados a las diferentes exposiciones, concentraciones y/o características de los materiales. En México la peligrosidad de los residuos generados por los diferentes rubros de la industria de proceso, se basa en la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL/93 que se encarga de calificar las características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico - infecciosas (figura 4 1), de acuerdo a los siguientes límites.

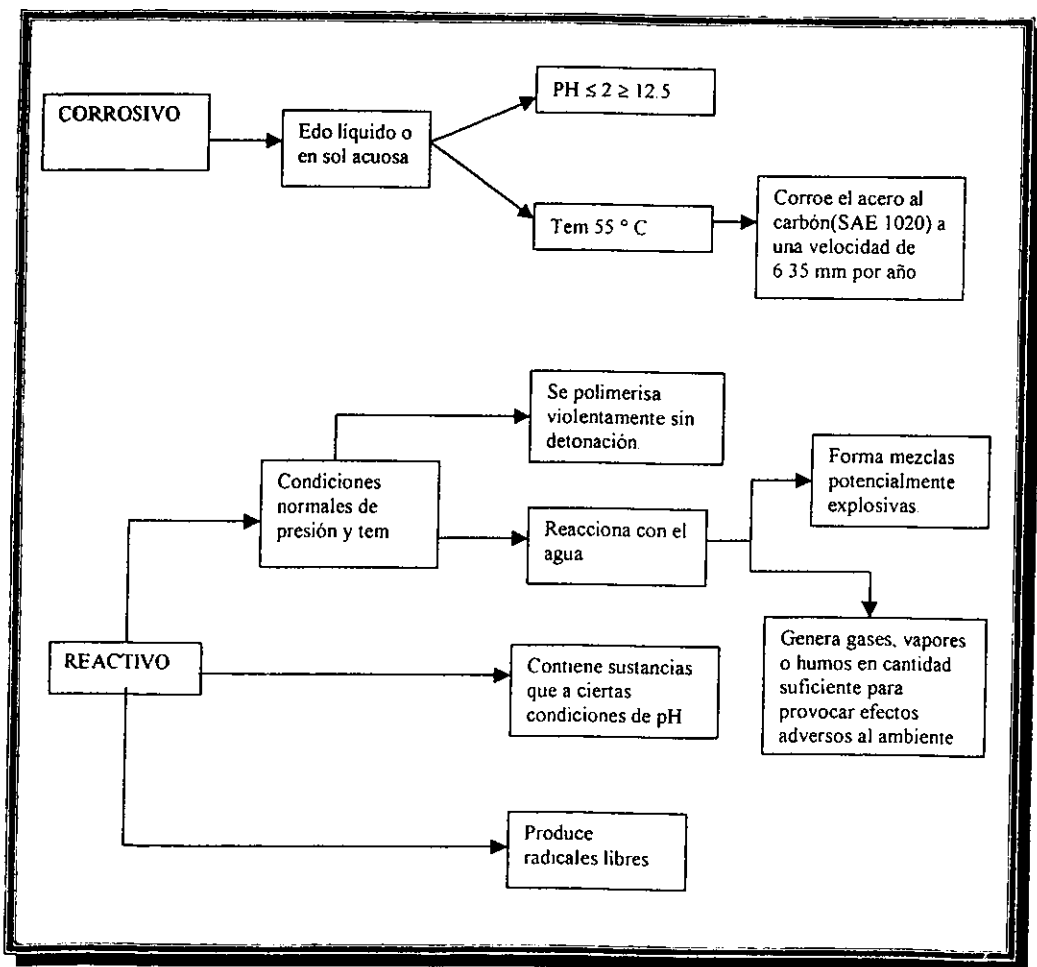
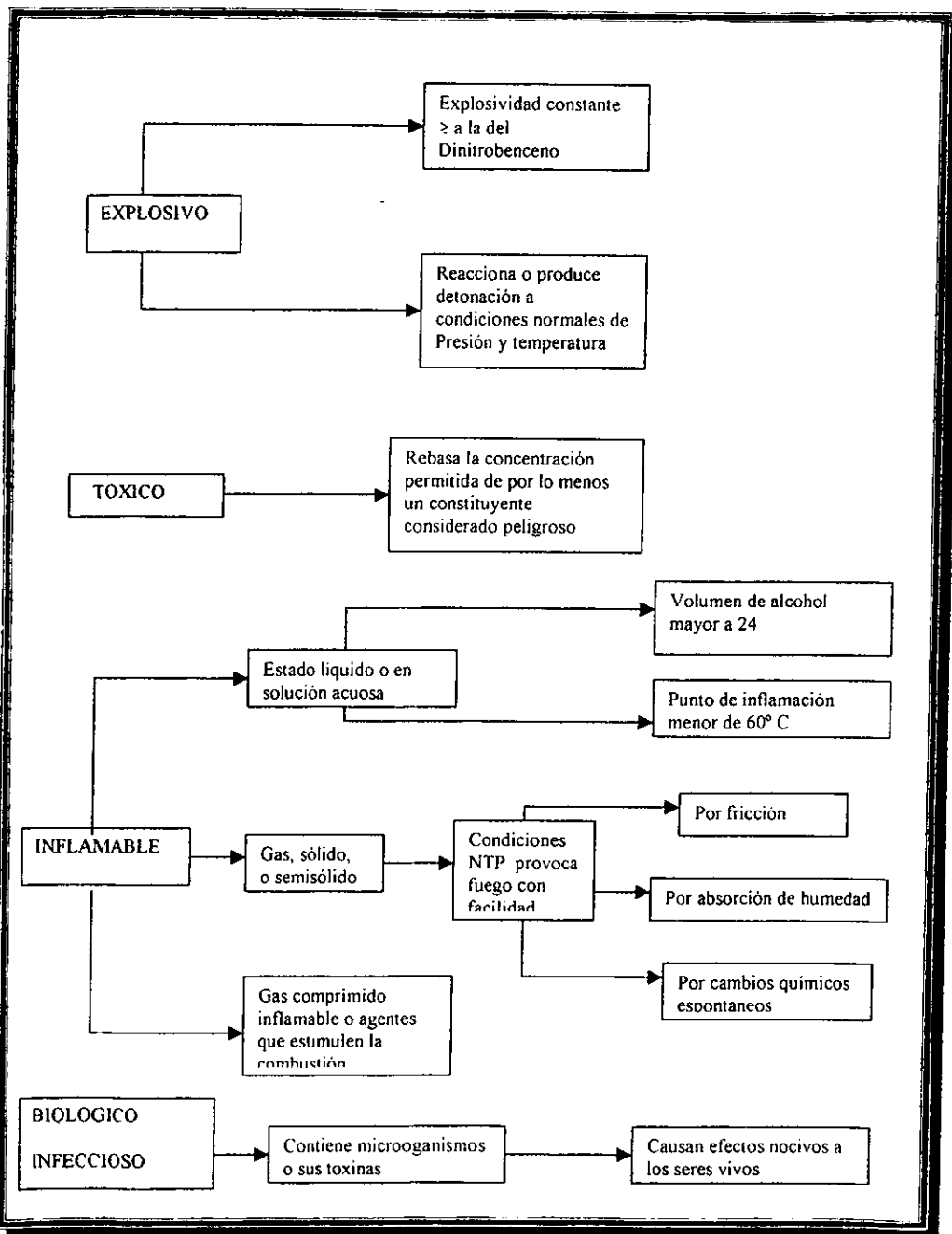


FIGURA 4 1 Código CRETIB Diario Oficial de la federación 1993

FIGURA 4.1 Continuación



Sin embargo, existen varias dificultades para establecer un enfoque cuantitativo, para establecer los límites permisibles de un residuo peligroso en cualquier medio ambiente, de manera que no sean perjudiciales a los seres vivos, de modo que se inicia de manera cualitativa y con base en lo anterior se pueden definir tres categorías de residuos.

La primera incluye a los residuos de mayor prioridad, debido a las altas concentraciones de los compuestos tóxicos, móviles, y persistentes o bioacumulables en el medio ambiente como.

- ◆ **Disolventes clorados.** Se emplean en diversos procesos para desengrasar metales, realizar síntesis orgánicas y son constituyentes principales de los plaguicidas; éstos compuestos son muy tóxicos, móviles y en cierta manera persistentes en el ambiente.
- ◆ **Residuos de BPC's (bifenilos policlorados).** Estos residuos se obtienen en grandes cantidades por el crecimiento del mercado electrónico, son persistentes en el medio ambiente y tienen la capacidad de bioacumularse.
- ◆ **Residuos de cianuro.** Son compuestos altamente tóxicos.

Aquellos compuestos que no se pueden separar, se agrupan en una segunda categoría en la que se incluyen los residuos de hidróxidos metálicos, en donde los metales tóxicos se encuentran físicamente insolubles y con poca movilización.

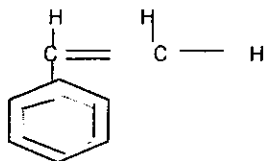
En la tercera categoría están presentes los residuos considerados de poco riesgo y algunos que pueden descomponerse, en esta categoría, la diferencia entre "riesgosos" y "no riesgoso", no es del todo clara, pero no intenta eliminar o disminuir un manejo adecuado de dichos residuos.

4.1.1 REACCIONES CARACTERÍSTICAS DEL ESTIRENO CON DIVERSOS DISOLVENTES ORGÁNICOS.

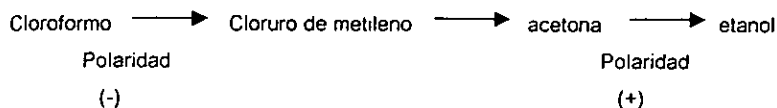
El monómero del poliestireno, el estireno, experimenta dos tipos de reacciones químicas como son:

- ◆ Sustitución en el anillo aromático
- ◆ Adición en el doble enlace de la cadena lateral

El anillo aromático y el doble enlace, tienen una electronegatividad relativamente alta, por lo que puede haber competencia entre ambos sitios, si se llevan a cabo las reacciones correspondientes para ciertos reactivos electrofílicos. Sin embargo, se ha observado que el doble enlace carbono-carbono ($C=C$) de la cadena lateral muestra mayor reactividad que el anillo bencénico, el cual tiene una mayor estabilidad por el efecto de resonancia



Este sistema conjugado con doble enlace carbono-carbono, unido a un anillo aromático es extraordinariamente estable, pero la reactividad con el doble enlace en la cadena lateral, favorece algunas reacciones con ciertos compuestos orgánicos de acuerdo a su polaridad, como por ejemplo

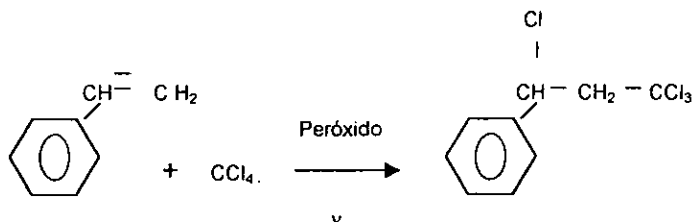


1.- REACCIONES DE SUSTITUCION EN EL ANILLO AROMATICO

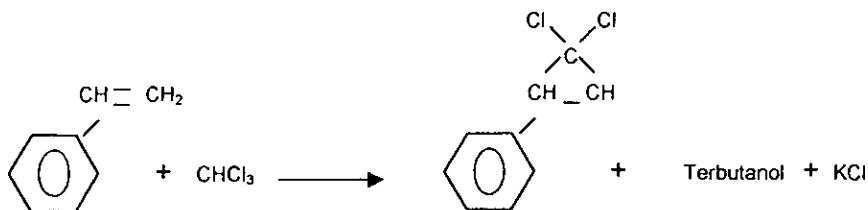
Como se mencionó anteriormente, las reacciones de sustitución en el anillo aromático son muy difíciles, por lo que se llevan a cabo primeramente en el doble enlace del grupo vinilo y posteriormente reacciones de sustitución en el anillo bencénico, y en consecuencia se obtienen productos no deseados o muy difíciles de obtener. Sin embargo, existen varias dificultades para establecer un enfoque cuantitativo para delimitar los límites permisibles

2.- REACCIONES DE ADICION EN EL DOBLE ENLACE DEL GRUPO VINILO.

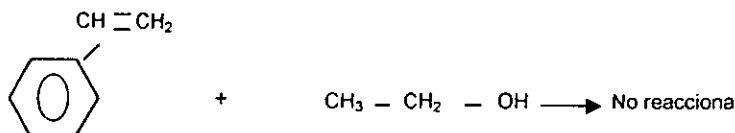
Reacción de adición de radicales en presencia de peróxido y luz ultravioleta:



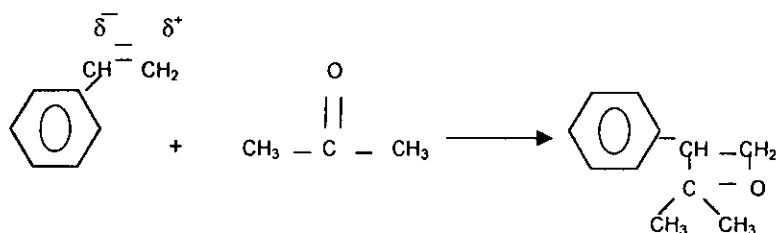
Reacción de adición en presencia de butóxido de potasio



Reacción con alcohol etílico



No se produce reacción, debido a la polaridad positiva del alcohol sobre el enlace π del estireno, ya que el oxígeno no es lo suficientemente electronegativo para que pueda ocurrir la reacción. Sin embargo el enlace carbono - oxígeno en otros compuestos orgánicos como la acetona puede favorecer la reacción de adición en el enlace π de la cadena lateral del estireno, ya que el grupo carbonilo es un grupo polar, el carbono es el polo positivo del dipolo y el oxígeno el negativo.



4.1.2 TRATAMIENTOS DE ESTABILIZACION / SOLIDIFICACION.

Las tecnologías de solidificación/ estabilización (tabla 4.1), se emplean para el resguardo y disposición de residuos nucleares, su aplicación para otros residuos peligrosos, es relativamente nueva y se está investigando en la actualidad. Aún cuando los términos de estabilización y solidificación se emplean indistintamente, representan conceptos diferentes. En general la solidificación implica la obtención de un bloque sólido de residuo tratado, con alta integridad estructural, de manera que permite facilidad en su transporte. Específicamente, el proceso de solidificación asegura mecánicamente los contaminantes dentro de un material sólido. La estabilización, es un proceso que limita la solubilidad, permite minimizar o eliminar las características de peligrosidad de un compuesto, ésta técnica se complementa con la solidificación, pero también involucra una reacción química para transformar un componente tóxico en otro menos tóxico. No se consideran procesos biológicos. Cuando se realiza una estabilización física se mezcla el residuo semilíquido con un agente aglutinante, con el fin de producir sólidos granulados de fácil manejo, como se muestra en la tabla 4.1.

Las técnicas de solidificación y/o estabilización se clasifican, de acuerdo a

- ♣ Tipo de aglutinante
- ♣ Mecanismo de contención o aglutinación del contaminante

4.1.2.1 EL AGENTE AGLUTINANTE

Los sistemas de aglutinación se dividen en orgánicos e inorgánicos. La mayoría de los sistemas de aglutinación inorgánicos que se emplean incluyen varias combinaciones de cementos hidráulicos, cal, puzolanas, yeso y silicatos. Los aglutinantes orgánicos que más se emplean son epóxidos, poliésteres, asfalto, poliolefinas, y urea formaldehído.

El conocimiento sobre éstos compuestos, es un factor determinante para la evaluación y selección de la técnica más adecuada.

4.1.2.2 MECANISMOS DE CONTENCIÓN O AGLUTINACIÓN

Los sistemas de estabilización-solidificación, también se pueden clasificar de acuerdo al mecanismo de contención del residuo o por el tipo de reacción:

- ♣ Sorción
- ♣ Reacciones puzolánicas
- ♣ Reacciones de cemento portland-puzolana
- ♣ Microencapsulación termoplástica
- ♣ Macroencapsulación.

1.-La sorción, involucra adicionar un sólido que se apodera de cualquier líquido libre en el residuo, por ejemplo carbón activado, silicatos, yeso, arcilla, y materiales de características similares. La mayoría de los procesos de sorción, sólo retienen el líquido de la superficie y reduce la posibilidad de lixiviación del contaminante, de manera que se pueda disponer de ellos en los rellenos sanitarios o sitios de confinamiento. Sin embargo, bajo las disposiciones de las reformas a los residuos sólidos y peligrosos, el uso de materiales sorbentes está restringido.

2.-Reacciones puzolánicas - Este proceso emplea sílica gel no cristalina proveniente de la ceniza muy fina y el calcio que contiene la cal para producir una cementación de poca resistencia. El principal mecanismo de contención es atrapar físicamente al contaminante en una matriz curada de concreto-puzolana. El agua que se utiliza se remueve por hidratación del concreto-puzolana.

3.- Reacciones de cemento portland -puzolanas - En éste proceso, el cemento portland se combina con ceniza muy fina, para producir una matriz de residuo cemento que tenga una resistencia

relativamente grande. La contención del residuo a través de dicho proceso es atrapar las partículas del residuo. Se pueden adicionar silicatos solubles para ayudar al proceso en la contención de metales por la formación de geles de silicato.

4.-Microencapsulación - Este proceso combina partículas de residuo con asfalto derretido y otros materiales similares. El mecanismo de contención es atrapar tanto a líquidos como a sólidos.

5.-Macroencapsulación. - Este proceso involucra el uso de una de las técnicas de estabilización-solidificación para microencapsular al contaminante; para compensar la posibilidad de que haya un lixiviado, se realiza una macroencapsulación de la matriz que contiene el contaminante. El proceso aísla un gran volumen de residuo al colocarlo en una chaqueta de material inerte. Un ejemplo es recubrir un tambor con polietileno y colocar allí los residuos tratados y cerrarlo, quedando inmobilizados y guardados.

Tabla 4.1 Compatibilidad de algunos residuos con diferentes técnicas de solidificación/estabilización.

Técnicas /Componente	Sorción	Basado en cemento	Basado en cal	Microencapsulación	Macroencapsulación
Solventes Orgánicos y aceites	Se debe absorber en una matriz	Dificultades en el fraguado	Dificultades en el fraguado	Los compuestos pueden evaporarse	Puede retardar el fraguado del polímero
Compuestos halogenados	Compatible	Retarda el fraguado lixivía fácilmente	Retardan el fraguado los lixiviados	Se puede deshidratar	Compatible
Compuestos orgánicos sólidos plásticos	Compatible	Buena generalmente incrementa su estabilidad	Posible empleo	Puede retardar el fraguado del polímero	Compatible
Residuos ácidos	Compatible	El cemento neutraliza los ácidos	Compatible	Debe neutralizarse antes	Debe neutralizarse antes
Metales pesados	Compatible	Compatible	Compatible	El PH ácido solubiliza los hidróxidos	Compatible
Oxidantes	Compatible	Compatible	Compatible	Puede originar fuego	Puede deteriorar los materiales
Sulfatos	Compatible	Retarda el fraguado y origina fracturas	Puede deshidratarse y causar cuarteaduras	Compatible	Compatible

4.1.2.3 TEORIAS DEL FRAGUADO Y ENDURECIMIENTO

HIPOTESIS DE LA CRISTALIZACION

Lavoisier en 1765, decía que el fraguado " se produce por una cristalización rápida e irregular, y los pequeños cristales que se originan, están tan entrecruzados, que resulta una masa muy dura" Después Le Chatelier supuso que el cemento se disuelve para dar una solución que está sobresaturada con relación a los productos de hidratación. En la precipitación se forman cristales, que se entrecruzan y se presenta el fraguado. Le Chatelier consideró que la hipótesis de la cristalización es aplicable a todos los cementos hidráulicos.

1.-HIPOTESIS DEL GEL.

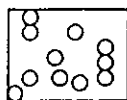
En 1893 Michaëlis, atribuyó el endurecimiento de los cementos hidráulicos a la formación de un gel. Recién formado el gel es suave y contiene mucho agua; en esa fase, existen todavía granos de cemento que no han reaccionado. En la hidratación, esos granos absorben agua del gel formado por lo que se vuelve duro e impermeable.

2.-LA NATURALEZA DE LOS GELES

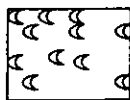
La mayoría de los investigadores actuales describen como geles a las pastas fraguadas y endurecidas de cemento portland. Hermans, define a los geles como cuerpos que satisfacen las siguientes condiciones.

- ♥ Son sistemas dispersos coherentes, de naturaleza coloidal, de dos componentes por lo menos.
- ♥ Muestran las propiedades mecánicas características del estado sólido.
- ♥ El componente disperso y el medio dispersante se extienden de una manera continua a través de todo el sistema.

Las partículas del componente disperso pueden ser cristalinas o amorfas; pueden ser por ejemplo, globulos amorfos, partículas cristalinas, fibras cortas o largas cadenas macromoleculares, como se puede ver en la siguiente figura:



(1)



(2)



(3)



(4)

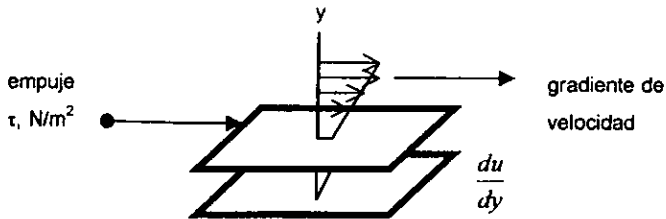
Las uniones entre las partículas dependen de la naturaleza de las sustancias; así, pueden soldarse estructuras iónicas o covalentes y pueden ocurrir atracciones electrostáticas, tales como los enlaces por puentes de hidrógeno. Las fuerzas de Van der Waals deben ser importantes.

4.1.3 FLUIDOS NO NEWTONIANOS.

Los fluidos provocan y circulan sometidos a esfuerzos. Los fluidos newtonianos son los más sencillos y se caracterizan por la propiedad de que el gradiente de velocidad en un punto es proporcional al esfuerzo cortante en dicho punto, es decir:

$$(\text{Velocidad de cizalladura}) \propto (\text{esfuerzo cortante}) \text{ o } \frac{du}{dy} \propto \tau$$

El resto de los fluidos, se denominan *no newtonianos*. El aire, el agua, el vapor de agua, están constituidos por moléculas sencillas, son newtonianos; las suspensiones densas, lodos, emulsiones, soluciones de polímeros, fluidos biológicos, suspensiones de arcilla son en general no newtonianos.



Los fluidos no newtonianos (NNs) se dividen en tres clases de materiales.

1.- NNs independientes del tiempo, para los que

$$\left(\begin{array}{l} \text{velocidad} \\ \text{de cizalladura} \end{array} \right) = f \left(\begin{array}{l} \text{esfuerzo cortante} \\ \text{sólo} \end{array} \right) \text{ o } \frac{du}{dy} = f(\tau \text{ sólo})$$

Existe una serie de fluidos dependiendo de la forma de la relación τ frente a du/dy , como se muestra en la figura 4.2.

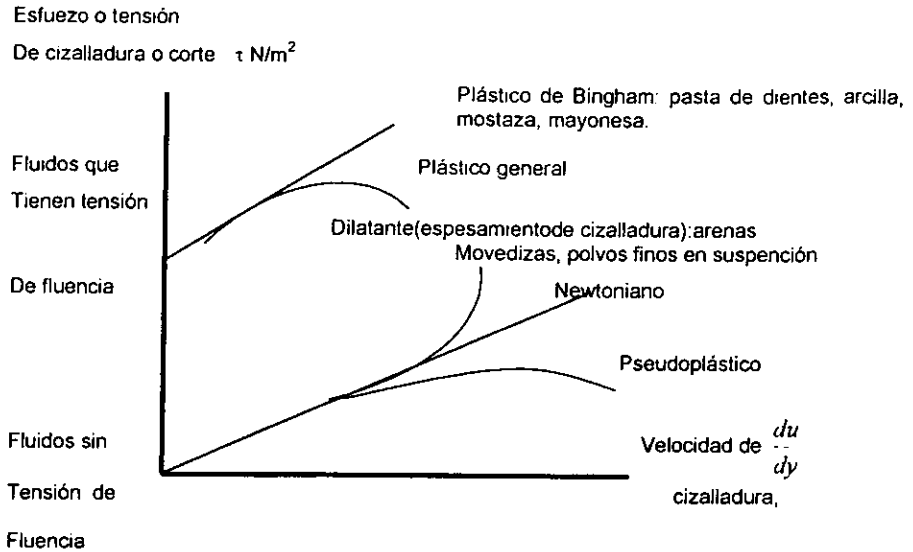


FIGURA 4.2 Esfuerzo frente a velocidad de cizalladura para diversos tipos de fluidos no newtonianos independientes del tiempo.

2.- NNs dependientes del tiempo pero no elásticos. Son fluidos cuyo comportamiento en un momento determinado está influenciado por lo que les ha ocurrido en el pasado reciente. Por ejemplo, la salsa (catsup) de tomate que ha estado en reposo durante un rato no verterá; sin embargo, una botella de catsup recientemente agitada verterá fácilmente. Estos fluidos parece que tienen memoria que se desvanece con el tiempo, por tanto se puede escribir:

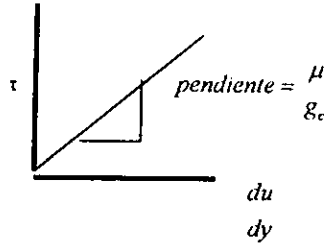
$$\left(\begin{array}{l} \text{velocidad de} \\ \text{cizalladura} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{l} \text{esfuerzo historia pasada} \\ \text{cortante del esfuerzo} \end{array} \right)$$

3.- NNs viscoelásticos. Son materiales que combinan las propiedades elásticas de los sólidos con el comportamiento de los fluidos biológicos, sopa concentrada de tomate, masa de pan, y muchas soluciones poliméricas.

4.1.3.1 ESFUERZO CORTANTE Y VISCOSIDAD

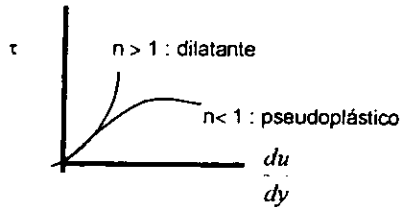
1 - Para un fluido newtoniano el gradiente de velocidad es proporcional al esfuerzo cortante impuesto, es decir:

$$\tau = \frac{\mu}{g_c} \left(\frac{du}{dy} \right) \quad \left[\frac{N}{m^2} \right] = Pa$$



2.-Para pseudoplásticos y dilatantes que siguen un comportamiento potencial, denominados fluidos de la ley de potencia, la relación entre esfuerzo cortante y gradiente de velocidad no es lineal, por lo que:

$$\tau = \frac{K}{g_c} \left(\frac{du}{dy} \right)^n \quad \left[\frac{N}{m^2} \right] = Pa$$

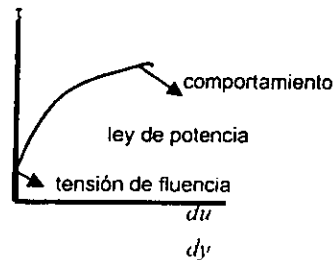


donde K y n, se pueden encontrar a través de una correlación log - log, siendo n la pendiente y $\log(K/g_c)$ la ordenada al origen.

3.- Para plásticos en general se tiene:

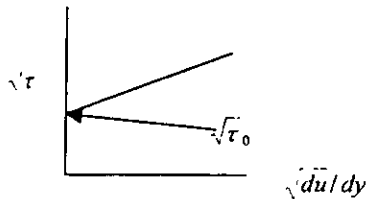
$$\tau = \tau_0 + \frac{K}{g_c} \left(\frac{du}{dy} \right)^n \quad \left[\frac{N}{m^2} \right] = Pa$$

τ_0



El plástico en general tiene características de plásticos de Bingham y fluidos de la ley de potencia y representa una clase de fluidos, que incluye todos los NNs independientes del tiempo. Para determinar todos los parámetros de este tipo de fluido, τ_0 , K , y n , se determina primero la tensión de fluencia τ_0 de la figura anterior y entonces se prepara el gráfico $\log(\tau - \tau_0) - \log(du/dy)$, y obtenemos K y n como se mencionó anteriormente

Algunas veces es difícil estimar τ_0 con seguridad. De modo que, se puede representar $\sqrt{\tau}$ frente a $\sqrt{du/dy}$, ya que con frecuencia da una línea recta cerca de la abscisa cero, como se muestra en la siguiente figura:



Este tipo de gráfico fue utilizado por primera vez por Casson, por lo que la ecuación:

$$\sqrt{\tau} = \sqrt{\tau_0} + K' \sqrt{du/dy}$$

se denomina ecuación de Casson. Tiene una vaga asociación con la teoría, pero es útil para encontrar τ_0 .

Existen muchas otras formas de ecuación para NNs. Sin embargo, las formas anteriores son preferibles ya que son fáciles de utilizar para encontrar la función del fluido y las necesidades de bombeo.

Los NNs dependientes del tiempo y los NNs viscoelásticos no tienen una curva única de τ frente a du/dy , por lo que, si se utiliza una de las formas anteriores para dichos fluidos (debido a que son difíciles de tratar de otra manera) se puede sólo usar con seguridad las ecuaciones para el flujo en estado estacionario en un tubo recto sin aceleraciones o disminución de la misma, del fluido (entradas, salidas, orificios, cambio del tamaño del tubo, etc.).

Los fluidos no newtonianos, generalmente se transportan con un sistema de bombeo especial, debido a su alta viscosidad. Las bombas que mejores resultados tienen con este tipo de fluidos son las rotatorias de engranes

4.2 EXPERIMENTACION.

PROPUESTA DE DISPOSICION FINAL DE MEZCLAS MULTICOMPONENTES DE DISOLVENTES CLORADOS IRRECUPERABLES MEDIANTE EL EMPLEO DE UN PLASTICO DE DESECHO: POLIESTIRENO EXPANSIBLE(UNICEL).

4.2.1 OBJETIVOS.

◆OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un proceso para obtener un material plástico rígido, a partir de residuos de mezclas multicomponentes irreuperables de disolventes clorados, haciendo reaccionar con ellos desechos de plástico de poliestireno expansible(unicel).

◆OBJETIVOS PARTICULARES

Encontrar la manera de reducir el volumen del poliestireno expansible de desecho, para evitar que al pulverizarse a la intemperie en los tiraderos de basura, perjudique la salud humana, resolviendo así, un problema de espacio

Proponer una disposición final para mezclas multicomponentes irreuperables de disolventes clorados, disminuyendo su peligrosidad.

4.2.2 HIPOTESIS

Si se pone en contacto una mezcla de disolventes clorados irreuperables con un plástico de desecho como el poliestireno expansible(unicel), ambos reaccionaran de acuerdo a sus propiedades químicas, se espera obtener un material viscoso que al adicionarle un agente aglutinante se obtendrá un producto plástico rígido estable, menos peligroso y de fácil manejo para una disposición final más rentable o un confinamiento controlado de menor costo para éste tipo de residuos peligrosos.

Para cumplir con los objetivos, así como la comprobación de la hipótesis, se plantearon tres ensayos experimentales.

4.3 RESISTENCIA QUÍMICA DEL PSE EN LAS MEZCLAS DE DISOLVENTES

En el primer ensayo, se pretende determinar, el grado de resistencia química del poliestireno expansible con diversas mezclas de disolventes orgánicos, adicionando una mezcla de disolventes orgánicos al poliestireno expansible. El plástico se deteriorará, dependiendo de la afinidad química así como la cantidad de los componentes que contenga la mezcla, de acuerdo con siguiente método

Pesar 20 g de poliestireno expansible, cortarlo en trozos pequeños y colocarlos en un frasco con tapa previamente etiquetado y adicionar, una alícuota de 5 ml de la primera mezcla de disolventes de la tabla 4.2; dejar de adicionar disolventes al poliestireno cuando éste cambie de su estado sólido a semisólido, y registrar la cantidad de disolvente, repetir, el método con cada una de las mezclas de la tabla 4.2.

TABLA 4.2 Mezclas de disolventes que se desechan comúnmente en un laboratorio

NUMERO	MEZCLA DE DISOLVENTES
1	Acetato de etilo-hexano-acetona
2	Acetona-cloroformo-hexano
3	Cloroformo-1,2 dicloroetano-acetona
4	Acetona-etanol-metanol
5	Hexano- acetato de etilo- cloroformo
6	Hexano
7	Acetato de etilo
8	Cloroformo
9	1,2 Dicloroetano
10	Metanol
11	Etanol
12	Acetona

4.3.1 RESULTADOS

TABLA 4.3 Resultados de la resistencia química del poliestireno con diferentes mezclas de disolventes

ENSAYO REALIZADO	MEZCLA DE DISOLVENTES	DISOLVENTE GASTADO (ml)	POLIESTIRENO EMPLEADO (g)
1	ACETONA	11.2	10.4
2	ACETONA	26.4	23.2
3	ACETONA	55.8	49.8
4	ACETONA	113.5	100.0
1	HEXANO	15.0	2.0
1	ACETATO DE ETILO	24.0	21.6
2	ACETATO DE ETILO	55.7	50.0
3	ACETATO DE ETILO	114.3	100.0
1	ETANOL	15.0	2.0
1	METANOL	15.0	2.0
1	CLOROFORMO	23.0	17.52
2	CLOROFORMO	65.6	50.0
3	CLOROFORMO	131.3	100.0
1	1,2 DICLOROMETANO	28.0	18.5
2	1,2 DICLOROMETANO	75.7	50.3
3	1,2 DICLOROMETANO	151.4	100.8
1	HEX-AC.ETILO-ACET	27.0	18.7
2	HEX-AC.ETILO-ACET	72.2	50.3
3	HEX-AC.ETILO-ACET	144.5	101.4
1	ACET-CLORO-HEXA	21.1	20.0
2	ACET-CLORO-HEXA	105.5	100.6
3	ACET-CLORO-HEXA	2120.0	2010.0
1	CLOROF-DICLORO	14.2	10.0
2	CLOROF-DICLORO	28.3	20.0
3	CLOROF-DICLORO	72.2	50.0
1	HEX- AC.ETILO-CLOF	16.2	20.1
2	HEX- AC.ETILO-CLOF	36.0	44.5
3	HEX- AC.ETILO-CLOF	80.3	101.2
1	ACET-ETOH-MEOH	20.4	10.2
2	ACET-ETOH-MEOH	50.2	22.3
3	ACET-ETOH-MEOH	100	58.0

4.4 OBTENCION DE UN PLÁSTICO RIGIDO MEDIANTE UNA MEZCLA DE DISOLVENTES CLORADOS Y POLIESTIRENO EXPANSIBLE.

Con el segundo ensayo, se pretende elegir el estabilizador y/o solidificador del material viscoso que se obtiene al mezclar Poliestireno expansible – mezcla de disolventes clorados, además de comprobar si hay o no, reacción química, condensando los vapores que se desprenden y analizándolos mediante espectrofotometría UV- visible.

Los aglutinantes como el cemento, cal, cemento-cal, celita, favorecen la solidificación, entonces al mezclarlos con el material viscoso obtenido al mezclar Poliestireno - disolventes clorados, y midiendo el tiempo de secado con cada uno, así como su combustibilidad, se obtendrá el más adecuado para su solidificación, procediendo de la siguiente manera:

Se pesan 100g de poliestireno expansible (unicel), y se miden 120 ml de disolventes clorados; mezclarlos en una cubeta de polietileno de aproximadamente 5 l. Cuando ya se tenga un material altamente viscoso o se agote el disolvente, pesar 130 g de cemento e ir adicionando poco a poco y mezclar hasta que la pasta obtenida no se pegue en la cubeta. Se coloca la pasta en un molde de polietileno previamente pesado, y se registrar su peso. Pesar, el material cada 24 hr, hasta que no se presente variación significativa en el peso. Repetir, el método con los diferentes tipos de aglutinantes (se pueden pesar o medir, cantidades diferentes siempre y cuando se respete la relación PS- DISOLVENTE- AGLUTINANTE).

4.3.2 RESULTADOS

TABLA 4.4 Resultados de los requerimientos de materias primas.

	CEMENTO	CAL	CEM-CAL	CELITA
Aglutinante (g)	500	195	140	150
Poliestireno (g)	1110	500	300	411.4
Disolventes (ml)	1800	694	345	441
Perdidas (g)	200	10	-	-

GRAFICA 1. RESULTADOS DE REQUERIMIENTOS DE MATERIAS PRIMAS

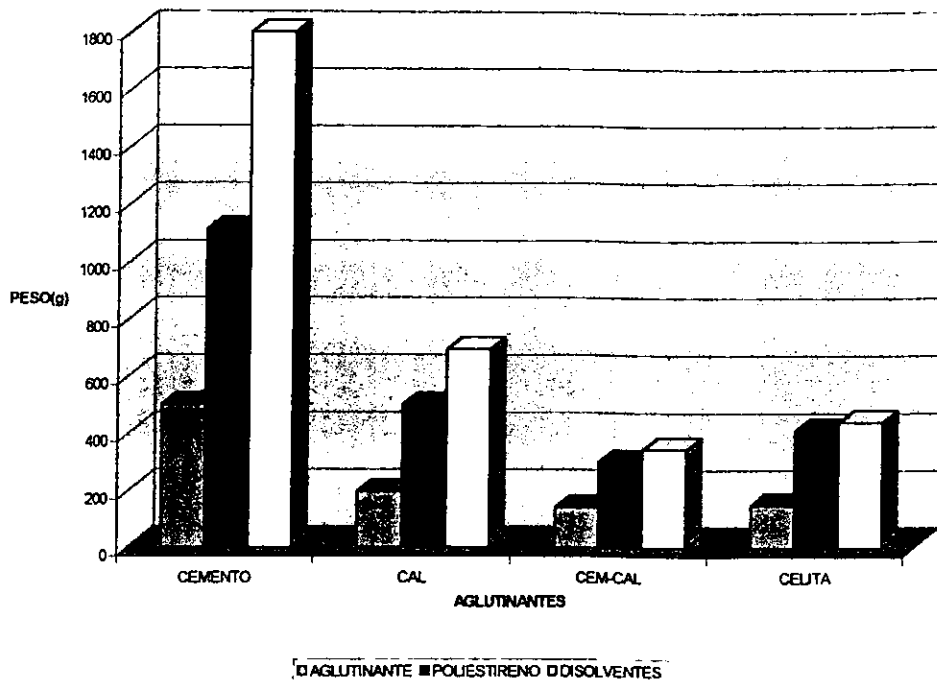


TABLA 4.5 Relación de la mezcla Aglutinante – PS, por cada 100 g de aglutinante.

Aglutinante	PS (g)
Celita	160
Cal	250
Cemento	75
Cemento – cal	200

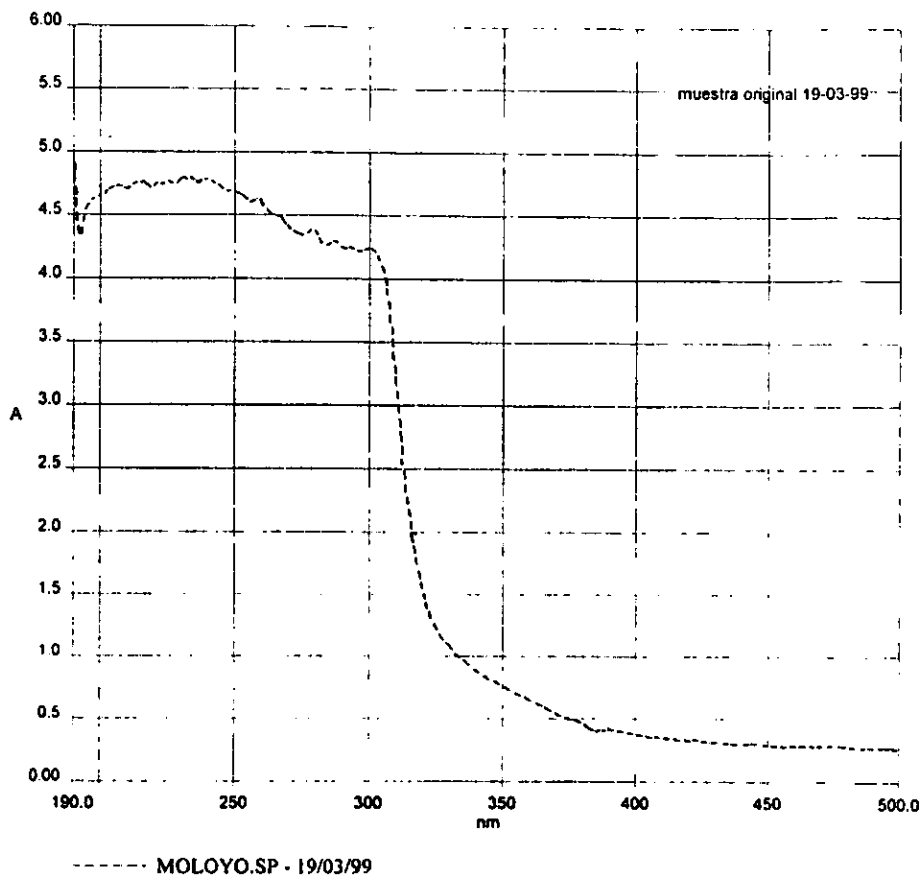


Figura 4.3 Espectro de UV- visible de la muestra original de componentes clorados.

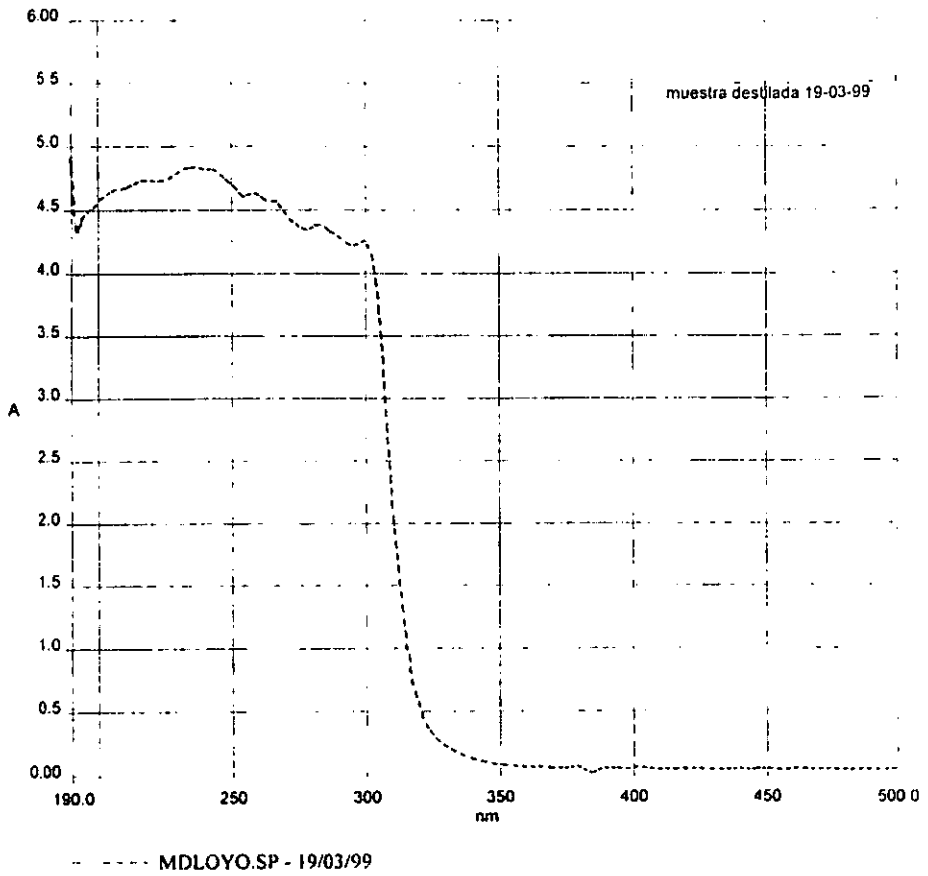
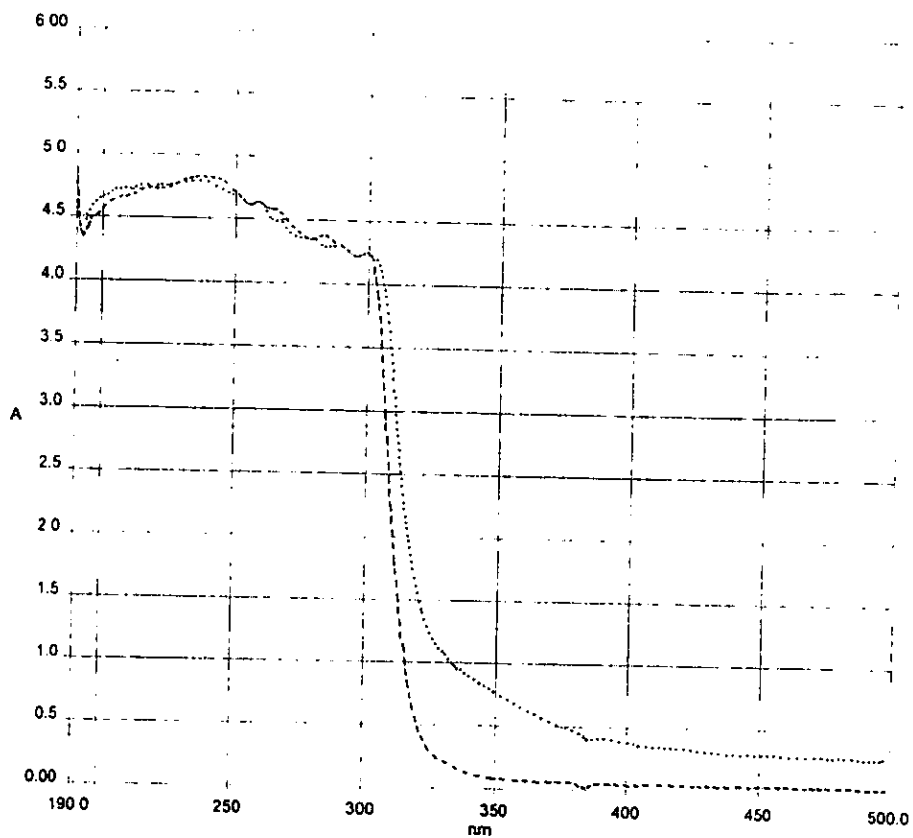


Figura 4.4 Espectro de U.V- visible de los vapores desprendidos del material plástico.

Date 19/03/99

Time 10 16 49 AM



MDLOYO.SP - 19/03/99

MOLOYO.SP - 19/03/99

muestra destilada 19-03-99

TABLA 4.6 Resultados del tiempo de secado con los diferentes aglutinantes.

Tiempo(día)	Cemento (g)	Cal (g)	Cem-Cal (g)	Celita (g)
1	1608	1027.3	449.2	597.2
2	1595.3	945.6	440.5	568.1
3	1587.4	900.2	435.7	567.2
4	1584.9	887.2	433.9	566.4
5	1584.5	856.1	430.7	566.1
6	1583.8	835.6	429.5	565.8
7	1583.5	826.8	428.5	565.5
8	1583.3	818.3	427.9	565.3
1 (mes)	1578.2	768.0	419.8	565.1
2	1564.3	755.3	419.3	565.0
3	1486.0	718.1	419.0	562.4
4	1781.7	716.5	419.0	560.0
5	1478.6	715.0	419.0	560.0
6	1478.6	715.5	419.0	560.0

GRAFICA 4.2 TIEMPO DE SECADO CON DIFERENTES AGLUTINANTES

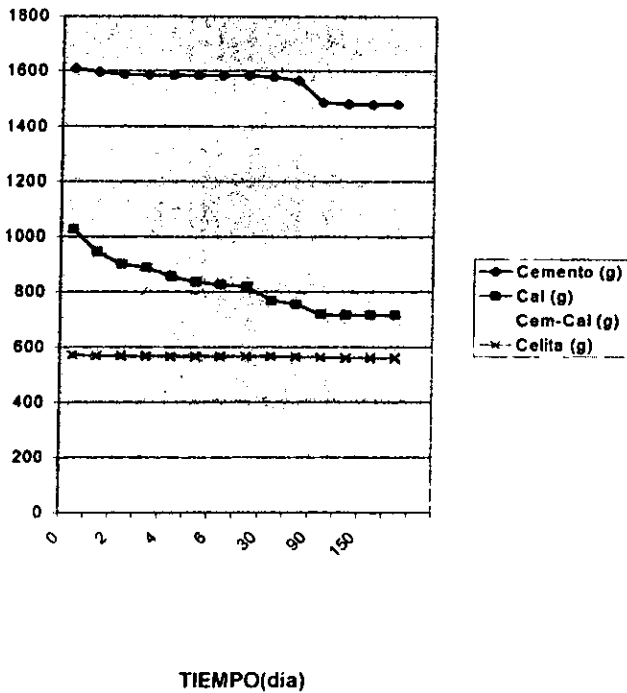


TABLA 4.7 Resultados de la prueba a la flama del material plástico rígido

Muestra	Combustibilidad	Color de humos	Olor de humos	Color de la flama
Muestra sin aglutinante	Fácil de incendiar	Negros	A parafina como el PS	Amarilla y base azul
Cemento + PS	Fácil de incendiar	Negros	A disolventes	Amarilla y base azul
Cal + PS	Fácil de incendiar	Negros	—	Amarilla y base azul
Cal-Cemento	Fácil de incendiar	Negros	A disolventes	Amarilla y base azul
Celita	No se incendia fácilmente	—	—	—

4.5 OBTENCIÓN DE LA RELACION OPTIMA DE CAL - CELITA

Mediante el tercer ensayo, se trata de encontrar la cantidad optima de mezcla cal-celita, para disminuir el tiempo de secado y costo del material rígido estable, obtenido de la mezcla Disolventes Clorados - PS - Aglutinante, adicionando mayor cantidad de mezcla cal-celita al material viscoso. empleando el siguiente método:

Se pesan 100 g de poliestireno expansible, y 120 ml de disolventes clorados, se mezclan en una cubeta de aproximadamente 5 l. Cuando ya se tenga el material viscoso, pesar aproximadamente 120 g de celita, y adicionarlos poco a poco hasta que la pasta no se pegue en las paredes de la cubeta. Colocar la pasta semisólida en un recipiente de polietileno, y registrar el peso del material hasta que no haya variación significativa en el peso. Repetir los pasos anteriores con las siguientes cantidades:

- Celita 100 %
- Celita - cal 20%
- Celita - cal 50%
- Celita - cal 80%
- Cal 100%
- Cal 10 g de cal adicionales

4.5.1 RESULTADOS.

TABLA 4.8 Resultados de las cantidades requeridas de PS – Disolventes – celita-cal

	Celita (g)	Celita-Cal (g) 80%	Celita-Cal (g) 50%	Celita-Cal (g) 20%	Cal (g)	Cal(g) +10 g adicionales
	55	55	75	85	98	108
PS (g)	90.8	100	85	90	116	116
DISOLVENTES (ml)	150	170	150	150	170	170

TABLA 4.9 Relación de la mezcla aglutinante – PS, por cada 100 g de celita - cal.

	PS
Celita	160
Celita – cal 80%	120
Celita – cal 50%	110
Celita – cal 20%	112
Cal	250

GRAFICA 4.2 REQUERIMIENTOS DE MATERIALES

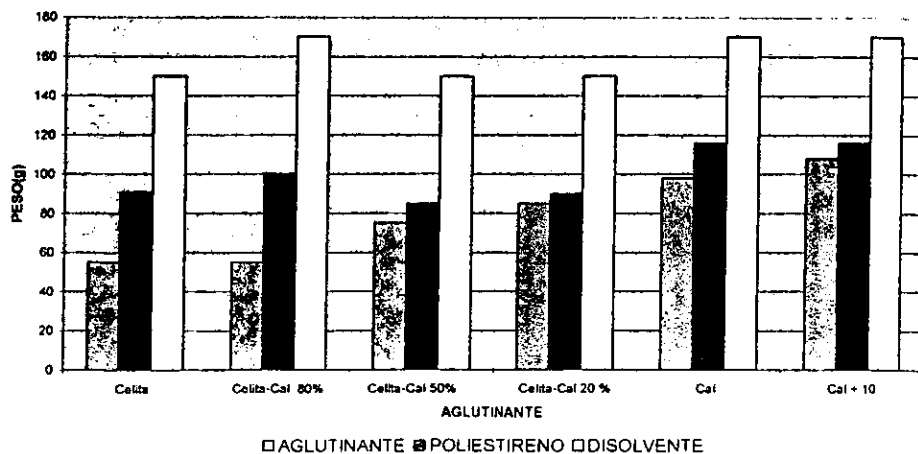


TABLA 4 10 Resultados del tiempo de sacado con la celita a diferentes concentraciones.

Tiempo (dia)	Celita (g)	Celita-Cal (g) 80%	Celita - Cal (g) 50%	Celita - Cal (g) 20%	Cal (g)	Cal + 10g
1	212.5	241.0	243.7	209.3	282.3	287.3
2	174.0	212.4	206.4	176.4	253.1	263.1
3	164.6	201.1	201.1	170.0	243.4	259.2
4	155.4	195.5	179.8	157.2	237.3	255.5
5	149.0	193.4	175.6	155.3	232.6	248.8
6	147.1	186.10	174.4	151.1	228.9	247.7
7	142.8	184.8	173.2	148.6	226.6	231.3
8	140.9	184.1	172.9	146.2	225.2	229.1
9	140.3	183.5	172.1	145.3	224.8	228.6
10	140.1	183.2	171.7	144.1	224.4	226.2
11	139.9	183.0	171.4	143.8	223.9	225.4
12	139.9	182.9	171.1	143.3	223.5	224.5
13	139.9	182.8	170.8	143.0	223.1	224.0
14	-	-	170.6	142.8	222.7	223.6
15	-	--	170.5	142.6	222.5	223.3
16	-	-	170.4	142.5	222.4	223.1
17	-	-	-	142.5	222.3	223.0
18	-	-	-	-	222.2	223.0
19	-	-	-	-	222.2	223.0

4.5.2 ANALISIS DE RESULTADOS DE LOS EXPERIMENTOS

En el primer ensayo, los primeros disolventes, de la tabla 4.2, son disolventes puros que se utilizaron para obtener un punto de referencia del comportamiento del poliestireno en ellos y poder predecir su comportamiento en las mezclas de disolventes; también, se observa que el poliestireno no se deteriora con el hexano de forma inmediata como con el acetato de etilo, cloroformo y diclorometano. Los alcoholes como el etanol y metanol, no afectan significativamente al poliestireno, los demás disolventes puros lo disuelven inmediatamente al contacto con ellos, al igual que las mezclas; sin embargo en algunas queda líquido sobrante. Durante la disolución se observa un desprendimiento de vapores, gases o aire que tiene atrapado el poliestireno.

Como se puede ver en la tabla 4.6 del segundo ensayo, algunos pesos de los materiales con los diferentes aglutinantes (celita, cemento, cal, cemento-cal, calita - cal), empiezan a bajar lentamente y posteriormente aumenta la diferencia, esto es porque se perforaron con una pequeña navaja.

Por otro lado al sumar las cantidades de los disolventes, el poliestireno y los aglutinantes se observa que solo es el peso del poliestireno más el aglutinante, aproximadamente (la razón podría ser por que se utilizaron 2 tipos de balanza, la semianalítica y la granataria con una precisión de ± 20 g). Ahora bien, en primera instancia se muestran datos obtenidos cada 24 hr, y después cada mes; esto se debe a que en los primeros días la disminución en el peso era apreciable y después disminuye en menor proporción. En lo que respecta a las pruebas a la flama (tabla 4.7), se tiene que la celita es la más resistente a la aplicación de energía calorífica, ya que solamente presenta ablandamiento, mientras que con los demás aglutinantes el material se incendia fácilmente.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el tercer ensayo (tabla 4.8), se puede apreciar que la velocidad de secado, empieza con una disminución brusca de peso, pero a medida que transcurre el tiempo se va reduciendo en forma lenta (de manera similar al enfriamiento de un líquido puro). Por otro lado se muestra que al adicionar una mayor cantidad de aglutinante (cal, celita-cal) de la necesaria, el secado ocurre con mayor rapidez. Con los requerimientos de celita y cal, se puede ver que la celita es la adecuada en cuanto a los requerimientos y características del sólido rígido final, sin embargo, por costo lo es la cal; por lo que la mezcla 1:1 celita-cal sería una buena opción de aglutinante, debido a su relación 1:1 con poliestireno, y 1:2 (tabla 4.9). En la tabla de resultados 4.10 se aprecia una disminución grande de peso en los primeros días, después la disminución es lenta y posteriormente vuelve a bajar, esto puede haber surgido de la necesidad de colocar el material en un molde que se pudiera desprender con facilidad, y al retirarlo, los vapores atrapados se evaporan libremente repercutiendo en la disminución de peso.

Los experimentos se realizaron primeramente en recipientes sin tapa por lo que los vapores no se pudieron recuperar, posteriormente, se realizaron en un sistema cerrado en el cual los vapores se condensaron, observándose que tenían los mismos componentes que la mezcla original. Para analizar dicho disolvente, se utilizó la espectrofotometría de UV- visible, se obtuvieron tres espectros, (figuras 4.3, 4.4, 4.5) el primero, pertenece a la mezcla original, el segundo al disolvente condensado, y el tercero los muestra juntos, en esta gráfica se puede apreciar la similaridad de ambas, lo que significa que tenían los mismos componentes; no estaban superpuestas porque su composición era diferente debido a que la evaporación del disolvente no se lleva a cabo totalmente en corto tiempo.

4.6 CONCLUSIONES DE LOS EXPERIMENTOS.

Antes de realizar los experimentos, se pensaba que la mezcla de disolventes clorados reaccionaría químicamente con el poliestireno expansible y se formaría un sólido estable, sin embargo, se comprueba que no hay reacción alguna, así que solo se obtuvo una mezcla de poliestireno impregnado de disolventes (con un volumen considerablemente menor al inicial), el cual sin la adición de un aglutinante no se presenta la solidificación o endurecimiento total, solamente parcial en la capa superior, la cual impide el paso del disolvente al exterior, resultando una posible alternativa de codisposición de un residuo peligroso con uno no peligroso, aunque esta mezcla no proporciona una disposición totalmente confiable pues a largo plazo se obtuvieron lixiviados.

Por lo que respecta a la elección del aglutinante, de acuerdo al menor tiempo de secado, el más adecuado es la cal, sin embargo, las pruebas de comportamiento a la flama muestran que con la celita la combustibilidad es baja, característica de la que se carece con la cal, por lo que en el tercer ensayo se experimentó con una mezcla de ambas, ya que la celita tiene un mayor costo; se obtuvieron los mejores resultados con la composición al 50% en peso.

La disposición final que se tenía pensada para las mezclas irrecuperables de disolventes clorados (residuo peligroso), no resultó factible, sin embargo, se logró dar un rehuso a dichos disolventes, utilizándolos para disminuir el volumen del poliestireno espuma de desecho, condensarlos y volverlos a utilizar de manera cíclica.

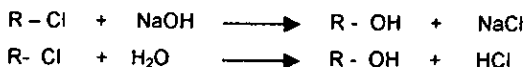
4.7.1 RECOMENDACIONES.

A) DESTILACION.

La mayoría de las empresas o instituciones, almacenan los disolventes de desecho en un mismo recipiente, sin importar si son componentes clorados o no, si contiene o no agua etc , por lo que se recomienda separar por fases, si es que la hay, la fase orgánica se destila en presencia de poliestireno expansible de desecho, las fracciones o corazones de la destilación, se van separando por temperaturas; de igual manera, se destila la mezcla sin poliestireno y se recolectan las fracciones. A cada una de las fracciones, se le practica un análisis cuantitativo, para saber la eficiencia de la destilación con y sin poliestireno.

B) CONVERSION A ALCOHOLES.

A la fase orgánica que contiene los componentes clorados, se le adiciona hidróxido de sodio o agua, de acuerdo a las siguientes reacciones:



Para seguir el transcurso de la reacción, se puede utilizar un método volumétrico ("Hidrólisis de algunos cloruros de alquilo, Pavia 1994, p.p 147 - 150).

C) CARACTERIZAR EL PLÁSTICO.

Analizar el material plástico rígido, para conocer su composición, y determinar si cumple con las concentraciones máximas permisibles de componentes clorados, y poder así buscar una aplicación rentable.

D) MATERIAL PARA SOPORTE DE RELLENOS SANITARIOS.

Comparar los requerimientos de los materiales utilizados en las capas de soporte de los rellenos sanitarios, con las del material plástico rígido, para saber si se puede utilizar para confinar los desechos con desechos.

Tanto la destilación, como la conversión a alcoholes de los disolventes clorados, se realizaron a lo largo de la experimentación, sin embargo, no se presentaron resultados, porque no se analizaron, debido a la falta de recursos técnicos como equipo de análisis: cromatografo de gases, resonancia magnética, espectrofotometría de masas, etc.

CONCLUSIONES.

La contaminación en cualquiera de sus formas es perjudicial para todo ser vivo, y más aun para el ser humano, no obstante, es el mismo quien la genera junto con las industrias y automóviles. La rapidez de acumulación de basura y residuos industriales, y por ende el aumento de la contaminación, han provocado la búsqueda, así como el aprovechamiento de nuevas alternativas en el tratamiento y/o disposición final de los residuos tanto peligrosos como no peligrosos. Sin embargo, en el régimen capitalista, el modelo del costo – beneficio, ha sido la forma dominante de concebir las soluciones a los problemas ambientales. El problema del razonamiento costo – beneficio, es que no todos los costos y beneficios pueden cuantificarse con facilidad, debido a los factores que cada uno debe de tomar en cuenta, tal es el caso en materia ambiental.

Tanto los plásticos(sobre todo las espumas, por su volumen) como las mezclas de disolventes clorados son materiales altamente contaminantes en los que se deben utilizar los recursos existentes para su tratamiento, así mismo el Ingeniero de proceso debe trabajar junto al Ingeniero Químico para desarrollar procesos factibles (aunque no necesariamente rentables), como la utilización de desechos para la eliminación o disposición de desechos mismos, el cual fue el objetivo de este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- 1- Carreaga, J. Antonio, "Manejo y reciclaje de los residuos de envases y embalajes", Serie monografías No 4. SEDESOL INE. México 1995, p.p. 2-5, 15-28.
- 2- Navarrete Rodríguez Ma. Eugenia. "Recopilación de las técnicas de estabilización/solidificación para el tratamiento de residuos industriales peligrosos", México 1993.
- 3- Espinoza Zepeda Margarita, " Evaluación de las tecnologías que emplean procesos fisicoquímicos para el tratamiento de residuos peligrosos. México 1990.
- 4- Edgeworth Johnstone, Robert, " Pilot plants, models, and scaleup methods in chemical engineering", Mc-Graw- Hill, New York. 1977. P.p 5-30.
- 5- Baca Urbina, Gabriel, "Evaluación de proyectos", Mc Graw Hill, México 1990. P.p. 106-215.
- 6- Meysenbuy, C.M., Manual del Ingeniero Químico, "Tecnología de los plásticos", vol. 4, Ediciones URMO. S.A., España 1978, p.p 51-75.
- 7- Houwink, R., Enciclopedia de la química industrial, "Adherencia y adhesivos", vol. 1 y 2, Ediciones URMO, S.A. España 1978, p.p 20-63.
- 8- Bernis, M.L., "Plastics Enginnering Handbook of the plastics industry,Inc", Editorial Van Nostrand Reinhold, 5ª edición, New York, 1991,p.p 78-92.
- 9- Kroschwitz, J.L., "Concise Enciclopedia of polimer science and Enginnering", Editorial Wiley Intercience Publication , Canada 1990, p.p 12-58.

BIBLIOGRAFIA

- 1- Carreaga, J. Antonio, "Manejo y reciclaje de los residuos de envases y embalajes", Serie monografías No 4. SEDESOL INE. México 1995, p.p. 2-5, 15-28.
- 2- Navarrete Rodríguez Ma. Eugenia. "Recopilación de las técnicas de estabilización/solidificación para el tratamiento de residuos industriales peligrosos", México 1993.
- 3- Espinoza Zepeda Margarita, " Evaluación de las tecnologías que emplean procesos fisicoquímicos para el tratamiento de residuos peligrosos. México 1990.
- 4- Edgeworth Johnstone, Robert, " Pilot plants, models, and scaleup methods in chemical engineering", Mc-Graw- Hill, New York. 1977. P.p 5-30.
- 5- Baca Urbina, Gabriel, "Evaluación de proyectos", Mc Graw Hill, México 1990. P.p. 106-215.
- 6- Meysenbuy, C.M., Manual del Ingeniero Químico, "Tecnología de los plásticos", vol. 4, Ediciones URMO. S.A., España 1978, p.p 51-75.
- 7- Houwink, R., Enciclopedia de la química industrial, "Adherencia y adhesivos", vol. 1 y 2, Ediciones URMO, S.A. España 1978, p.p 20-63.
- 8- Bernis, M.L, "Plastics Engineering Handbook of the plastics industry,Inc", Editorial Van Nostrand Reinhold, 5ª edición, New York, 1991,p.p 78-92.
- 9- Kroschwitz, J.L., "Concise Enciclopedia of polimer science and Engineering", Editorial Wiley Intercience Publication , Canada 1990, p.p 12-58.

- 10- Dyson, R W., "Engineering Polymers", Editorial Chapman and Hall Inc, New York 1990, p.p 120-147.
- 11- Fessenden, R.J., "Química Orgánica", Grupo editorial Iberoamericana, México 1985, pp. 45-48.
- 12- Streitwieser, A.J., "Química Orgánica", Fondo Educativo Interamericano, 2ª edición, México 1985, p.p. 12-20, 35-80.
- 13- Norma Oficial Mexicana NOM-CPR-002 a la 007- ECOL/93, México 22 de Octubre de 1993.
- 14- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 8ª edición, México 1993.
- 15- Scheffan, L, "The Hanbook of Solvents", Editorial Van Nostrand Company Inc. Canada 1983. p.p 25-87.
- 16- Rivero, O.S., "Los residuos peligrosos en México", PUMA, México 1997, p.p 74-150.
- 17- Trejo V. R., "Procesamiento de la basura urbana", Editorial Trillas, México 1996, p.p 13-60, 133-139, 143-189.
- 18- AMCRESPAC, (1998), "Residuos sólidos Municipales", México, pp 1-15
- 19- Taylor H.F., "La química de los cementos", Vol. 1 y 2, Editorial URMO, España 1980, pp 12-28
- 20- Tchobanoglous G., "Solid wastes: Enginnering principles and management issues", McGraw-Hill Publishing Co. , USA 1980, pp 3-7, 39-46, 51-74.
- 21- Edgeworth, R, "Pilot plants, models, and ecaleup methods in Chemical Enginnering", McGraw-Hill, New York, pp 1-39.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- 22- Ulrich. G., "Diseño y economía de los procesos de Ingeniería Química", Interamericana, México 1986, pp 1-16.
- 23- Levenspiel. O., "Flujo de fluidos e intercambio de calor", Editorial Reverte, España 1993, p.p 1-11- 1-30.
- 24- Pizzi. HandBook of adhesive technology. De. Marcel Dekker Inc. 1994. U.S.A.
- 25- Hal F. Brinson. Engineered materials handbook. Vol 3. Adhesives and sealants. ASM: international. 1990.USA.
- 26- Norris Shreve. Joseph A Brink Jr. Chemical process industries. Ed Mc Graw Hill. 1977. USA.
- 27- Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry. Fifth edition. Vol 20 A. Ed. Advisory Board. 1992.
- 28- Kirk-Othmer. Encyclopedia of chemical technology. Fourt edition. Vol 2, 19. editorial Jonh Wiley and Son. Inc. Vol 2, 19. 1996.
- 29- Edward J. Calabrese, and Paul T. Kostecki. Hidrocarbon contaminated soil and groundwater. Vol2 editorial Lewis Publishers. 1991. USA.
- 30- Howard F. Rase. Ingeniería de proyecto par a plantas de proceso. Editorial, CIA editorial continental S.A. de C.V. 1963. México.
- 31- Ehring, R.J., "Plastics recycling, products and processes ", Hanser Publishers, U.S.A. 1994., p.p. 115-129.

MANUALES.

- 32- Jaramillo, Jorge, " residuos sólidos municipales", SEDESOL INE, México 1996, p.p 60-80
- 33- Comisión de Uso y aprovechamiento de bienes y servicios públicos, "Memorias del foro sobre el servicio de limpia y recolección de basura en el D.F.", SEDESOL INE, México 1995.
- 34- Ecoprotección ambiental S.A. de C.V., "Anteproyecto de la Norma Oficial Mexicana, para la restauración de sitios no autorizados para la disposición de residuos peligrosos", SEMARNAP INE, México 1997.
- 35- SEDUE, "Políticas de limpia y estrategias en el manejo de los residuos municipales e industriales en México", México 1989.
- 36- George J. Austin. Manual de procesos químicos en la industria. Tomos 1,2 y 3. Ed. Mc Graw Hill. 5ª edición. México 1990.

REVISTAS.

- 37- Ames, J.L., International Award Address, Polymers Eng. & Sci. Vol 1 , Enero de 1974, p.p 59-87.
- 38- Swett, R.M. "Polystyrene", Polymers Eng. & Sci, Vol 1, Agosto de 1986, p.p 28-42.
- 39- Pohleman and Echte, "Fifty Years of Polystyrene", Polymers Sci. Overview. ACS, Symposium Series, Vol 175, 1981, p.p 15-86.