

35



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

MANUAL PARA UN CURSO DE
ADMINISTRACION Y MANEJO DE
MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERA QUIMICA

PRESENTA:

GRACIELA JUANA CARRILLO HERNANDEZ



MEXICO D.F.



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

288051

2001



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

JURADO ASIGNADO:

Presidente Prof. JESUS ARTURO BUTRON SILVA
Vocal Prof. RODOLFO TORRES BARRERA
Secretario Prof. HILDA ELIZABETH CALDERON VILLAGOMEZ
1er. Suplente Prof. LANDY IRENE RAMIREZ BURGOS
2º. Suplente Prof. ALFONSO DURAN MORENO

Sitio donde se desarrollo el tema: Instituto Mexicano del Petróleo

Asesor del tema: I.Q. RODOLFO TORRES BARRERA

Supervisor Técnico: I.Q. HELADIO GOMEZ MURAT

Sustentante: GRACIELA JUANA CARRILLO HERNANDEZ

The right side of the page contains three horizontal lines, each with a handwritten mark or signature above it. The top line has a circled '13' and a diagonal slash. The middle line has a heart-shaped scribble. The bottom line has a more complex, illegible scribble.

AGRADECIMIENTOS

A mis Padres

Armando y Lina, gracias por apoyarme no solo en el transcurso de la carrera sino a través de toda mi vida. Los amo.

Antonio

Por tu confianza, paciencia y fe, con ellas e podido alcanzar mis objetivos.

Ing. Heladio

Porque gracias a su apoyo, además de la realización de la presente tesis, pude realizar muchos otros proyectos.

Abuelita

Por esas pequeñas grandes ayudas, que en su momento me impulsaron para salir adelante.

	Pag.
INTRODUCCION.	1
CAPITULO I	
Tema 1. SITUACION ACTUAL EN MEXICO	2
1.1. Introducción.	2
1.2. Panorama de la industria en México.	3
1.3. Obstáculos a la minimización de residuos industriales.	4
1.4. Condicionantes institucionales.	4
1.5. Repercusiones ambientales.	5
1.5.1. Impactos ecológicos en los ecosistemas.	6
1.5.2. Impactos en recursos hídricos.	6
1.5.3. Riesgos de salud ambiental (tóxicos).	7
1.5.4. Riesgos por accidentes ó contingencias.	8
1.6. Generación de residuos peligrosos.	8
1.7. Sitios afectados con residuos peligrosos.	11
1.7.1. Identificación de sitios.	11
1.7.2. Tipologías de sitio con alta concentración de RP.	12
1.8. Infraestructura para el manejo de residuos peligrosos.	14
1.8.1. Estimación de rp generados, que son manejados adecuadamente.	14
1.8.2. Infraestructura.	14
1.8.3. Empresas dedicadas al manejo de RP.	15
1.8.4. Empresas dedicadas al transporte de RP.	16
1.9. Prioridades.	16
1.9.1. Regiones de atención prioritaria.	16
1.9.2. Prioridades regionales conforme a la magnitud y tipo de industria que alojan.	17
1.9.3. Areas urbanas prioritarias debido a su vulnerabilidad geohidrológica.	18
1.10. Restauración de sitios.	18
1.11. Regulación de movimientos transfronterizos.	20
Referencias.	21
Tema 2. MARCO JURIDICO.	23
2.1. Sistema legal en México en materia de materiales y residuos peligrosos.	23
2.2. Ley general de equilibrio ecológico y protección al ambiente (LGEEPA).	24
2.3. Reglamento general en materia de residuos peligrosos.	24
2.4. Normas oficiales mexicanas.	26
2.4.1. Limitaciones del marco normativo.	28
2.5. Distribución de competencias.	29
2.6. Orientaciones y principios a seguir para el mejoramiento del manejo de los residuos peligrosos.	32

2.7 derecho ambiental internacional.	34
2.7.1. Declaración de río sobre el medio ambiente y el desarrollo.	35
2.7.2. Programa 21. Establecimiento de un marco jurídico y reglamentario eficaz.	36
2.7.3. Metas y principios de la evaluación del impacto ambiental.	37
2.7.4. Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación.	39
Referencias.	42
Tema 3. CLASIFICACION DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS.	43
3.1. Definición de residuo peligroso.	43
3.2. Características que hacen a un residuo peligroso.	43
3.2.1 características que hacen a un residuo peligroso en México Nom-052-ecol-1993.	43
3.2.2. Características que hacen a un residuo peligroso en E.U.A.	45
3.3. Clasificación de los residuos peligrosos.	46
3.3.1. Operaciones y procesos unitarios y clasificación de residuos por su estado físico.	46
3.3.2. Clasificación de los residuos peligrosos de acuerdo con la NOM-052-ECOL-1993.	58
3.3.3. Clasificaciones de los residuos peligrosos en E.U.A..	58
3.3.4. Clasificación de residuos peligrosos de acuerdo al reglamento para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.	59
Referencias.	62
CAPITULO II.	
Tema 4. ANALISIS DE RIESGOS.	63
4.1. Introducción.	63
4.2. ¿Que es un estudio de riesgos?.	65
4.3 Técnicas de análisis de riesgos.	67
4.3.1. Revisión de la seguridad (safety review).	68
4.3.2. Análisis check-list (check-list analysis).	69
4.3.3. Clasificación relativa (relative ranking).	71
4.3.4. Análisis que pasa sí (what if analysis).	72
4.3.5. Análisis que pasa sí/check-list (analysis what-if/check-list).	74
4.3.6. Análisis de riegos y operabilidad.	75
4.3.7. Análisis modo de fallas y consecuencias (failure modes and effects analysis).	77
4.3.8. Análisis árbol de fallas (fault tree analysis).	78
4.3.9. Análisis árbol de eventos (event tree analysis).	79
4.3.10. Análisis causa-consecuencia (cause-consequence analysis).	80
4.3.11. Análisis de la confiabilidad del factor humano (human reliability analysis).	81
Referencias.	81

Tema 5. ANALISIS DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS.	82
5.1. Naturaleza de la química analítica.	82
5.2. Clasificación del análisis cuantitativo.	82
5.3. Escala del análisis cuantitativo.	83
5.4. Pasos a seguir en un análisis químico.	83
5.4.1. Muestreo.	84
5.4.2. Disolución de la muestra.	85
5.4.3. Preparación del analito para las mediciones.	85
5.4.4. Medición.	86
5.4.5. Cálculos e interpretación de los resultados.	86
5.5. Clasificación de los métodos de análisis.	86
5.5.1. Métodos volumétricos.	87
5.5.2. Métodos gravimétricos.	89
5.5.3. Métodos instrumentales.	90
5.6. Métodos recomendados de análisis químico.	90
Referencias.	91
Tema 6. TOXICOLOGIA.	92
6.1. Conceptos básicos.	92
6.2. Areas de la toxicología.	93
6.3. Las exposiciones.	93
6.4. Fase toxicocinética.	94
6.4.1. Pasaje a través de las membranas.	95
6.4.2. Plan general del destino de las sustancias.	96
6.4.3. Absorción por las distintas rutas de exposición.	97
6.4.4. Distribución y acumulación.	101
6.4.5. Biotransformación.	103
6.4.6. Eliminación.	104
6.5. Fase toxicodinámica.	105
6.5.1. Efecto tóxico.	106
6.5.2. Mutagénesis, teratogénesis y carcinogénesis.	107
6.5.3. Interacción de agentes químicos.	108
6.5.4. Intoxicación.	108
6.6. Relaciones dosis-efecto y dosis-respuesta.	109
6.6.1. Dosis.	109
6.6.2. Efecto y respuesta.	109
6.6.3. Curvas de dosis-respuesta.	110
Referencias.	110

CAPITULO III.

Tema 7. TECNOLOGIAS ACTUALES DE TRATAMIENTO.	112
7.1. Reducción de las fuentes emisoras.	112
7.2. Recuperación y reciclado.	112
7.3. Tratamiento: tecnologías empleadas actualmente.	113
7.3.1. Tratamiento térmico. Incineración.	113
7.3.2. Tratamientos químicos.	117
7.3.3. Tratamientos biológicos.	119
7.4. Confinamiento.	130
Referencias.	131
Tema 8. TRANSPORTE DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS.	132
8.1. Planeación de los movimientos de los productos peligrosos.	132
8.1.1. Revisión de las unidades de transporte.	132
8.1.2. Documentación.	132
8.2. Envase y embalaje.	139
8.2.1 especificaciones para el marcado de los envases y embalajes.	140
8.3. Características de las etiquetas de envases y embalajes destinados al transporte de materiales y residuos peligrosos.	142
8.3.1 principios generales.	142
8.3.2. Características de las etiquetas.	143
8.3.3. Etiquetas de riesgo secundario.	147
8.3.4. Señalamiento para el manejo y almacenamiento.	147
8.3.5. Etiquetas para envases y embalajes mixtos y consolidados.	147
8.4. Sistemas de identificación de unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.	147
8.4.1. Principios generales.	148
8.4.2. Especificaciones de los carteles.	148
8.5. Condiciones de seguridad (inspección de las unidades).	150
8.5.1. Disposiciones generales.	151
8.5.2. Hoja de inspección diaria.	151
8.5.3. Disposiciones.	151
Referencias.	152
Tema 9. RESPUESTA EN CASO DE ACCIDENTE DURANTE EL TRANSPORTE TERRESTRE DE MATERIALES PELIGROSOS	154
9.1. Creación de los planes de emergencia.	154
9.1.1. Inspección del material peligroso.	154
9.1.2. Preparación del plan de contingencia.	155

9.1.3. Evaluación del plan.	156
9.2. Entrenamiento.	157
9.3. Recursos para la respuesta.	158
9.4. Organización de la respuesta.	160
9.4.1. Recepción de las llamadas.	161
9.4.2. Grupos de respuesta involucrados en la llamada final.	162
9.4.3. Respuesta del grupo de ataque.	163
9.5 grupos de respuesta y comité directivo.	163
9.5.1. Grupos de respuesta (organización en condiciones normales).	163
9.5.2. Grupo de respuesta (funciones durante la emergencia).	163
9.5.3. Comité directivo para el plan de emergencia (organización en condiciones normales).	164
9.5.4. Comité directivo para el plan de emergencia (organización en condiciones anormales).	165
9.6. Funciones del plan de emergencia.	165
9.6.1. Contacto con la autoridad a cargo del incidente.	165
9.6.2. Aseguramiento del área afectada.	166
9.6.3. Comprobar que el personal de emergencia ha tomado las medidas de control.	167
9.6.4. Realizar las maniobras de transvase y neutralización.	167
9.6.5. Remoción, mitigación y depósito.	167
9.6.6. Descontaminación.	168
9.7. Procedimientos de acción.	168
9.7.1. Aseguramiento o control del área del incidente.	168
9.7.2. Descontaminación del área del incidente.	171
Referencias.	173
CAPITULO IV. DIDACTICA DE LA INFORMACION.	
Tema 1. RECURSOS DIDACTICOS.	174
1.1. Técnicas de trabajo individual.	174
1.2. Dinámicas de grupo.	175
1.2.1. Clasificación.	175
1.3. Recomendaciones generales al maestro.	182
Referencias.	182
CAPITULO V. MATERIAL DE APOYO.	
Tema 1. SITUACION ACTUAL EN MEXICO.	183
Tema 2. MARCO JURIDICO.	187
Tema 3. CLASIFICACION DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS.	191

Tema 4. ANALISIS DE RIESGOS.	195
Tema 5. ANALISIS DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS.	196
Tema 6. TOXICOLOGIA.	198
Tema 7. TECNOLOGIAS ACTUALES DE TRATAMIENTO.	201
Tema 8. TRANSPORTE DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS.	204
Tema 9. RESPUESTA EN CASO DE ACCIDENTE DURANTE EL TRANSPORTE TERRESTRE DE MATERIALES PELIGROSOS.	208
CONCLUSIONES.	212

INTRODUCCION

En la presente Tesis se genera el material para dar el curso denominado “**Administración y Manejo de Materiales y Residuos Peligrosos**”, para ello en los tres primeros capítulos se desarrolla la base teórica que se impartiría a través del curso, la cual puede servir de ayuda para la persona que este impartiendo y aquellas que lo tomen, además como una ayuda a la persona que lo imparta se dan los capítulos cuatro y cinco en donde respectivamente se desarrollan las distintas formas de poder impartir el material de los tres primeros capítulos y el material de apoyo diseñado específicamente para este fin. A continuación se da un resumen de los cinco capítulos.

Capítulo 1. En este capítulo se abordará el tema 1 que nos da un panorama de la situación prevaleciente en nuestro país con respecto a la infraestructura, generación, control, destino y otros aspectos relevantes en cuanto a Materiales y Residuos Peligrosos. Con el fin de que la información sea más manejable se presentará en su mayoría en forma de gráficas. En el tema 2 se recopilará en forma general la legislación existente en México que regule a los Materiales y Residuos Peligrosos y se hará un análisis de la información obtenida y en el tema 3 describirá el cómo se clasifican los Materiales y Residuos Peligrosos tomando en cuenta la legislación Mexicana y algunos aspectos internacionales.

Capítulo 2. En este capítulo se abordará el tema 4 que da un panorama general de lo que es un estudio de riesgo y operabilidad, en el tema 5 se verá una clasificación general de los tipos de análisis para los Materiales y Residuos Peligrosos y en el tema 6 se verán principios generales de toxicología como son definición de toxicología, vías de excreción de un tóxico, etc.

Capítulo 3. Se verá en el tema 7 la transportación de Materiales y Residuos Peligrosos basándose en la legislación mexicana prevaleciente, en el tema 8 se verá un panorama general de cuales son las alternativas de tratamiento para los Materiales y Residuos Peligrosos, como por ejemplo los métodos de incineración, etc. y en el tema 9 se abordarán los planes de emergencia que se llevan a cabo para enfrentar una contingencia en la que se vean involucrados los Materiales y Residuos Peligrosos.

Capítulo 4. Se da un esbozo de cómo se puede dar la cátedra para que la persona que lo imparta pueda escoger la técnica que mejor le convenga.

Capítulo 5. Se dará material en forma de cuadros sinópticos que resumirán los conceptos que se deberán abordar en las cátedras.

TEMA 1

SITUACION ACTUAL EN MEXICO

1.1. INTRODUCCION.

La mayoría de los procesos industriales, utilizan materias primas para obtener productos finales con valores de mercado positivos, mediante procesos que básicamente separan, transforman y purifican los insumos. En estos, se presentan salidas intermedias en forma de residuos, que tienen características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas o inflamables; estos, se consideran incluidos en la clasificación de residuos industriales peligrosos ⁽⁸⁾.

Cada sector industrial genera diversas cantidades y tipos de residuos peligrosos. Tradicionalmente la industria los ha manejado mediante su disposición en terrenos baldíos ó sitios abandonados en forma clandestina y sin ningún control, por lo que no existen datos precisos del volumen y del tipo de residuos peligrosos generados. Este tipo de información debe partir de conocimientos detallados de los procesos que se utilizan actualmente en nuestra industria, considerando las características de las materias primas, su procesamiento y operaciones de transformación, los métodos de almacenamiento y manejo interno de residuos, su transporte y disposición final. Abordar la problemática de los residuos industriales peligrosos significa en el fondo examinar procesos, productos, tecnologías, insumos, diseño y administración de calidad en las empresas.

Cabe señalar que sería un error decir que los residuos peligrosos generados por un mismo tipo de industria son esencialmente de una composición común. La composición real de un residuo (peligroso o no), no sólo es diferente entre sectores industriales, sino que puede ser apreciablemente distinto aun dentro de diferentes plantas de una misma rama industrial que fabriquen productos idénticos ó similares. Las razones son las diferencias fundamentales de procesos, equipo, rutas, condiciones de reacción y de manera importante, las técnicas de control de contaminantes aplicadas en cada industria.

Tanto en México como en el mundo, la generación de residuos es un problema al que urge ya una solución, desafortunadamente ésta no puede ser generalizada a todos los países del mundo, cada país debe estudiar a fondo su generación de residuos, la cantidad generada, la problemática ambiental particular y solucionarlo estableciendo una normatividad que además sea acorde con los tratados internacionales; ya que el desarrollo industrial que ha tenido el mundo y nuestro país en las últimas décadas no corresponde con un esfuerzo similar en el desarrollo de instalaciones apropiadas para el almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de este tipo de residuos. La sociedad moderna esta aprendiendo a un costo muy alto que no se pueden seguir desperdiciando los recursos, adoptando procesos de producción ineficientes que generan productos de los cuales no se puede deshacer en forma ambientalmente idónea y cuya acumulación conlleva a riesgos para la salud y el ambiente.

La etapa inicial del diagnóstico es la integración de los inventarios de generación de residuos a partir de información estadística, aprovechando los Manifiestos de Generación y Manejo de Residuos Peligrosos ⁽⁸⁾ para configurar la distribución por región, tipo de residuo y rama industrial.

Los mecanismos que se establezcan para el manejo adecuado de los residuos industriales peligrosos, deben verse no como medidas de mitigación de un efecto destructivo e ineludible, sino como un medio para convertir un problema en un campo de desarrollo de oportunidades, integración de cadenas productivas, generación de riqueza e impulso a la competitividad industrial, cumpliendo con las aspiraciones más altas de protección ambiental.

1.2. PANORAMA DE LA INDUSTRIA EN MEXICO.

El desarrollo industrial de México a partir de los años cincuenta, ha experimentado un impulso notable, debido al apoyo para la creación de nuevas industrias en todos los ramos, esto obligó a intensificar el aprovechamiento de los recursos naturales mediante diversas actividades industriales. Este desarrollo si bien ha traído innumerables beneficios al país, en muchos casos se ha realizado en forma no planeada y sin tomar en cuenta su recuperación. 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 diversos procesos industriales y de servicio. Actualmente, en nuestro país se enfrentan problemas generados por el manejo inadecuado de los residuos peligrosos, en los cuales se refleja una modificación de ecosistemas con la consecuente pérdida de biodiversidad y un aspecto muy importante: que constituyen un peligro para la salud del ser humano.

En etapas incipientes del proceso de industrialización, el volumen de generación de residuos peligrosos es relativamente pequeño y permite que éste sea asimilado dentro de las capacidades de cargas de suelos, cuerpos de agua y drenajes urbanos. Sin embargo, al avanzar el proceso, el volumen rebasa las capacidades biofísicas de asimilación y manejo, convirtiéndose en un reto enorme de gestión industrial y de política ambiental.

La promulgación de la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental, en 1971 ⁽⁶⁾, marca el surgimiento de una normatividad que, aunque estaba más orientada por criterios de salud, incorporaba elementos para el control de emisiones, lo que comprometía a la industria en el logro de procesos cada vez más limpios. Posteriormente, la aparición de un nuevo Código Sanitario, en 1973 ⁽⁸⁾, introdujo normas más específicas relacionadas con emisiones y descargas industriales y la generación de residuos peligrosos. Se expidieron también reglamentos para la prevención y control de la contaminación atmosférica por humos y polvos, control de la contaminación de aguas, prevención y control de la contaminación del mar por desechos y otros ordenamientos que directa o indirectamente se relacionaban con la industria.

Las transformaciones que vive actualmente la economía mundial pueden caracterizarse por la acelerada presencia de empresas, industrias e innovaciones técnicas que llevan a la aparición de nuevas ramas industriales ó de servicios y al surgimiento de sistemas tecnológicos más avanzados. Este encadenamiento de mejoras y de nuevos productos, procesos y sistemas tecnológicos está transformando las condiciones de trabajo, los patrones de consumo y de demanda y la estructura de producción de los distintos países que participan en el comercio mundial. Los niveles de interrelación de México con la economía internacional han permitido que su industria, en términos cuantitativos y cualitativos, siga determinadas pautas de modernización de su planta industrial y con ello un mayor control en cuanto a la generación de residuos.

1.3. OBSTACULOS A LA MINIMIZACION DE RESIDUOS INDUSTRIALES.

Es evidente que la estrategia más sensata desde el punto de vista ambiental es, más que solucionar los problemas de residuos una vez que éstos se han generado, tratar de reducir ó abatir su producción a través de prácticas de minimización.

Aunque la minimización puede ser rentable, existen obstáculos que dificultan su implantación en las empresas. Estos tienen que ver con aspectos culturales y organizativos, la necesidad de justificar inversiones no amortizadas y una regulación inadecuada que no establece los incentivos necesarios.

Desde luego, las limitaciones económicas juegan un papel preponderante para impedir el desarrollo suficiente de las estrategias de minimización, ya que los cambios en los procesos de producción para la implantación de tecnologías limpias no siempre son rentables en el corto plazo.

Por otro lado, debe señalarse que no existe suficiente información sobre experiencias en alternativas de minimización en otros países. Asimismo, destacan impedimentos tecnológicos reales derivados de la escasez de programas de investigación y de la dificultad de generalizar cambios tecnológicos en empresas pequeñas que operan en escalas productivas muy reducidas.

Deben destacarse por otro lado, obstáculos de tipo administrativo, entre los que resalta una vigilancia no especializada ni suficiente que impida la disposición ilegal e incontrolada de los residuos y los enfoques de regulación e inspección tradicionales, que se centran prioritariamente en opciones de confinamiento ó destrucción.

1.4. CONDICIONANTES INSTITUCIONALES.

La capacidad de manejo adecuado de los residuos peligrosos en México es sumamente limitada; de hecho, sólo una muy pequeña proporción del total generado es transportado, reciclado, destruido ó confinado en condiciones técnicas y ambientales satisfactorias ⁽⁶⁾. Las razones son muchas, pero la mayor parte de ellas tienen que ver con ciertas condiciones institucionales que han impedido el desarrollo de sistemas de manejo, mercados, esquemas de concertación, información y regulación. En términos muy generales conviene enumerar algunas de ellas:

- ❖ Opinión pública desinformada.
- ❖ Incentivos insuficientes para la reducción y manejo adecuado de residuos industriales.
- ❖ Normatividad incompleta.
- ❖ Bajo control de calidad ambiental en la micro, pequeña y mediana industria.
- ❖ Mercados poco desarrollados.
- ❖ Procedimientos administrativos excesivamente largos y costosos.
- ❖ Inspección y vigilancia insuficiente.

A estas condiciones generales se añaden algunas características de la micro y pequeña industria, que han complicado y obstaculizado todavía más la creación de arreglos institucionales que favorezcan un manejo ambientalmente seguro de los residuos peligrosos. Entre éstas se pueden citar:

- ❖ Un desarrollo incipiente de la cultura industrial que dificulta el control en los procesos de generación de residuos, ya sea por parte del personal involucrado en la industria o por parte de los usuarios y consumidores. Este

problema se presenta desde los niveles gerenciales hasta los de operarios y se expresa en limitaciones al control de calidad que, en muchos casos, determinan gran parte de los impactos ambientales.

- ❖ Una gran cantidad de industrias operan a nivel artesanal, por lo que los sistemas de administración y control de procesos son empíricos y basados principalmente en experiencias locales. No se cuenta con suficiente capacitación tecnológica y administrativa, ni con capital e información sobre los avances en materia ambiental.

La carencia de la infraestructura necesaria para el manejo adecuado e integral de los residuos peligrosos y las controversias suscitadas por las iniciativas de ubicación de las mismas, acentúan la inquietud de la población, enrareciendo el clima de concertación necesaria para la solución adecuada de esta problemática. Hasta ahora se ha presentado una oposición casi generalizada de comunidades locales a aceptar instalaciones para el manejo de residuos peligrosos. Frecuentemente, la población se entera del establecimiento de una instalación para el manejo de residuos peligrosos cuando el proyecto ya se encuentra en etapa de autorización. Se ha carecido de un procedimiento para proponer, anunciar, negociar, autorizar, instalar ó reconsiderar la ubicación geográfica y la naturaleza tecnológica de algún proyecto, en el que en cada paso se contemple la participación de los gobiernos locales, universidades, organismos no gubernamentales y miembros de la comunidad ⁽⁶⁾. Un aspecto importante en la autorización y negociación del proyecto, son los beneficios compensatorios para la comunidad, tales como carreteras, servicios públicos, empleos, entre otros.

Las experiencias internacionales para la selección de sitios y la gestión de confinamientos de residuos industriales, indican que es necesario involucrar a la comunidad receptora, a través de mecanismos preestablecidos y legitimados. Lo importante es que la comunidad receptora perciba claramente los beneficios del proyecto y esté satisfecha con ellos. No parece importar el momento en el que la comunidad es involucrada, siempre y cuando el gestor del proyecto mantenga transparencia en su actuación y no presente sus decisiones como definitivas ó indiscutibles.

1.5. REPERCUSIONES AMBIENTALES.

Uno de los riesgos ambientales asociado al crecimiento industrial es el uso intensivo de productos químicos que son precursores de residuos peligrosos, algunos de los cuales tienen características de peligrosidad para la salud humana y la de los ecosistemas. El daño que estas sustancias pueden causar depende en primera instancia de su grado de toxicidad, pero también de que los volúmenes de generación y su persistencia propicien que alcancen concentraciones suficientes para causar efectos nocivos. En este contexto, la preocupación por las sustancias químicas potencialmente tóxicas se centra en aquellas que poseen propiedades de alta toxicidad, de persistencia ambiental ó de bioacumulación y que son generadas por las actividades productivas.

Se ha hecho evidente que toda sustancia química puede encerrar peligros para la salud y seguridad de los seres vivos y el ambiente, si alcanza una concentración dada y la exposición se prolonga el tiempo suficiente para que ejerza sus efectos ⁽⁷⁾. De acuerdo con los principios adoptados por la Agenda 21, cada sociedad debe decidir qué riesgos considera excesivos ó inaceptables y con base en ello, definir sus marcos regulatorios y de gestión de sustancias químicas. En particular, se hace necesario considerar los siguientes aspectos:

- ❖ Impactos ecológicos en los ecosistemas.
- ❖ Impactos en recursos hídricos.
- ❖ Riesgos de salud ambiental.
- ❖ Riesgos por accidentes ó contingencias.

1.5.1. IMPACTOS ECOLOGICOS EN LOS ECOSISTEMAS.

Una vez en el ambiente los contaminantes tóxicos pueden ser ingeridos y retenidos en altas concentraciones por los organismos vivos, ocasionándoles serios trastornos, incluso la muerte. Si se encuentran en bajas concentraciones, causan efectos subletales, como la reducción del tiempo de vida de ciertas especies ó el incremento de la susceptibilidad a enfermedades ó bien pueden causar efectos mutagénicos y teratogénicos.

Los organismos poseen una resistencia variable a los contaminantes, según el grado de aclimatación al tóxico. Por ejemplo, algunas especies de animales son capaces de disminuir ó anular la toxicidad de algunos metales pesados incorporándolos en proteínas; sin embargo, otros compuestos, como los organoclorados, pueden dar lugar a metabolitos de mayor toxicidad que el compuesto que los genera.

Los ecosistemas mantienen capacidades de carga limitadas para asimilar sustancias. La presencia y cantidad de las sustancias introducidas puede representar un riesgo de desequilibrio para ellos, con las consecuencias de degeneración de los ciclos naturales y agotamiento de recursos.

Algunos de los procesos naturales más relevantes en el movimiento de sustancias tóxicas y de residuos peligrosos en el ambiente, son:

- ❖ La lixiviación. Es la transferencia de un componente soluble de un sólido a un disolvente adecuado.
- ❖ La absorción. Es el proceso mediante el cual una sustancia se transfiere de un fluido (líquido ó gas) a un líquido ó sólido absorbente quedando disuelta en él.
- ❖ La desorción. Es el proceso inverso, es decir la transferencia de un componente en un sólido ó líquido a un gas.
- ❖ La volatilización. Consiste en la evaporación de un componente, el cual genera ó se incorpora a una fase gaseosa; en este proceso ocurre una concentración de componentes tanto en la fase líquida como en la fase gaseosa. La volatilidad de compuestos orgánicos en residuos del manejo de combustibles y otros derivados del petróleo imponen riesgos de inhalación de sustancias tóxicas.
- ❖ La bioacumulación. Describe la tendencia de ciertas sustancias a acumularse en los tejidos de organismos vivos. Ciertos plaguicidas como el DDT, el aldrin y el endrin mantienen un elevado grado de bioacumulación.

1.5.2. IMPACTOS EN RECURSOS HIDRICOS.

Sin lugar a dudas, una de las consecuencias más graves y de mayor preocupación que pueden generar las malas prácticas para la disposición de los residuos peligrosos, es la afectación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos. En el primer caso la contaminación se produce al infiltrarse el agua de lluvia a través de los residuos depositados en barrancas, cauces de ríos, laderas y grietas, circulando posteriormente con su carga contaminante hacia los cuerpos de agua ubicados en la vertiente. En el caso de los recursos hídricos subterráneos, la

contaminación se da mediante un proceso similar, ya que durante y después de los episodios de precipitación pluvial, el agua que se ha percolado por los desechos y que contiene una alta carga contaminante, puede migrar al acuífero y afectar su calidad.

Pueden intervenir factores que en algunos casos llegan a mitigar esta afectación, como la presencia de acuíferos de tipo confinado ó semiconfinado, en los cuales el material que almacena es cubierto por horizontes prácticamente impermeables ó muy poco permeables respectivamente, por lo que los fluidos contaminados no llegan al acuífero. Sin embargo, en otros casos, el acuífero es muy somero ó está constituido por materiales fracturados, lo que incrementa su vulnerabilidad a la contaminación. Este último caso, que es frecuente en el territorio Nacional, implica la contaminación de los recursos hídricos, la afectación de las cadenas tróficas y en un contexto más general, el deterioro de los recursos naturales y de la calidad de vida.

De los diversos compuestos químicos encontrados en aguas subterráneas, los orgánicos son los que representan el mayor riesgo por sus efectos en el ambiente y en la salud humana. Dentro de este grupo de compuestos, los disolventes industriales y los hidrocarburos aromáticos derivados del petróleo son los más comunes ⁽⁶⁾. Los productos químicos encontrados en aguas subterráneas se originan principalmente en actividades en zonas urbanas e industriales. Por lo tanto, las aguas subterráneas contaminadas se localizan cerca de áreas industrializadas ó densamente pobladas, circunstancia que incrementa la posibilidad de exposición humana.

Algunos de los contaminantes orgánicos que se han detectado en aguas subterráneas representan un severo riesgo para la salud. Sustancias como el percloroetileno y tricloroetileno producen depresión del sistema nervioso central ó afectan el funcionamiento del hígado y riñón, en tanto que el tetracloruro de carbono, el cloroformo y el benceno son agentes cancerígenos.

Una buena parte de los contaminantes que hacen a un residuo peligroso se encuentran en forma líquida ó disuelta, por lo que una vez en el ambiente emigran en fase acuosa interactuando a su paso con las partículas del suelo. Además existe una gran cantidad de desechos en estado sólido que producen lixiviados al descomponerse e infiltrarse el agua de lluvia a través de ellos.

En México es aún escaso el seguimiento a problemas de contaminación de recursos hídricos. Destaca el trabajo sobre las posibles implicaciones ambientales del mal manejo de residuos peligrosos llevado a cabo por el Centro de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el cual evalúa el potencial de contaminación de acuíferos con compuestos orgánicos vertidos al drenaje del Valle de México ⁽⁶⁾. A pesar de que se cuenta con algunos estudios de afectación ocasionada por residuos peligrosos de la industria maquiladora y estudios de impacto ambiental asociados a diversas actividades y proyectos de manejo de residuos peligrosos, aún no se dispone de un banco de información ó sistema actualizado en la materia.

1.5.3. RIESGOS DE SALUD AMBIENTAL (TOXICOS).

La toxicidad de una sustancia se determina de acuerdo con los efectos letales, crónicos ó subcrónicos que pueden presentarse en diferentes organismos ó blancos ambientales. Sin embargo, generalmente se resaltan los efectos adversos potenciales de las sustancias sobre la salud humana. Entre los parámetros de toxicidad comúnmente

evaluados se destacan los siguientes: Letalidad aguda, efectos subletales en especies no mamíferas, efectos subletales en plantas, efectos subletales en mamíferos, teratogenicidad, mutagenicidad y carcinogenicidad.

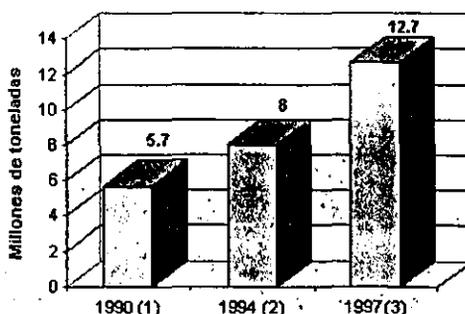
Como se mencionó anteriormente, el daño que puede sufrir una comunidad por la emisión de sustancias peligrosas no depende únicamente de las características tóxicas, sino también del hecho de que las sustancias puedan entrar en contacto con la población. Si bien las rutas de exposición pueden variar entre sustancias y depender de las características del ambiente, su persistencia y bioacumulación determinan el riesgo implícito. La persistencia ambiental se relaciona con la tendencia de una sustancia química a permanecer en el ambiente debido a su resistencia a la degradación química ó biológica asociada a los procesos naturales ⁽⁹⁾. Una vida media corta (pocos días) generalmente no produce una acumulación significativa en el ambiente. Contrario a esto, una sustancia con una vida media mayor puede resultar en una exposición ó acumulación sustancial en la cadena alimenticia. Algunos compuestos organoclorados como los BPC's y metales pesados como el plomo, el cadmio y el mercurio, son ejemplos típicos de contaminantes con elevada persistencia ambiental.

1.5.4. RIESGOS POR ACCIDENTES O CONTINGENCIAS.

Otros riesgos derivados del inadecuado manejo de los residuos peligrosos, son incendios, explosiones, fugas ó derrames de sustancias tóxicas ó inflamables. Estos riesgos se presentan con frecuencia durante las operaciones de transporte ó transferencia, procesos de tratamiento físico-químico, almacenamiento de residuos incompatibles ó a causa de una inadecuada utilización de envases para el almacenamiento de los residuos. La falta de capacitación del personal encargado del manejo de los residuos peligrosos, puede provocar accidentes que en algunos casos pueden alcanzar a receptores sensibles tales como población ó ecosistemas.

1.6. GENERACION DE RESIDUOS PELIGROSOS.

Generación de residuos peligrosos a nivel nacional.

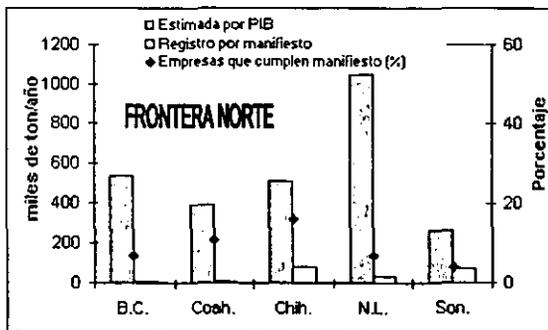
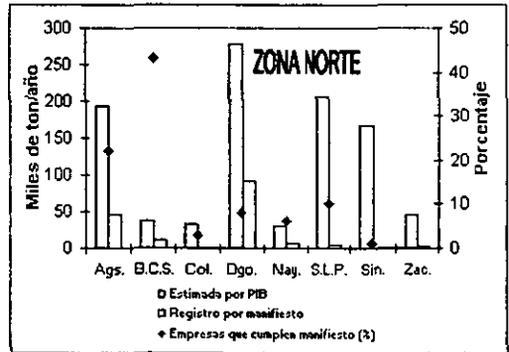
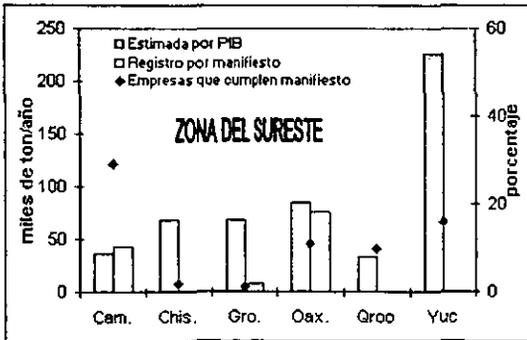
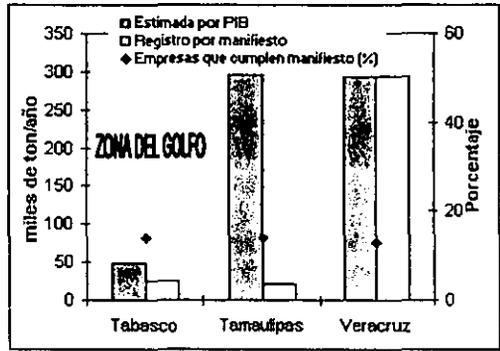
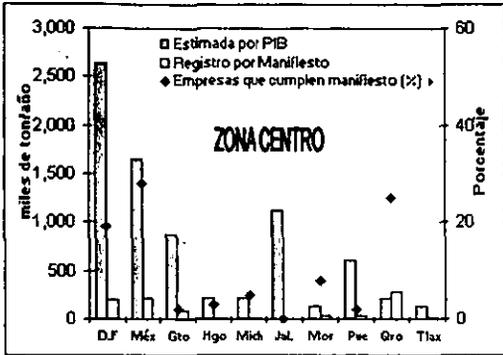


NOTA: No incluyen jales mineros, en los cuales se calcula que se producen entre 300 mil y 500 mil toneladas diarias.

Fuente: (1) INE, SEDESOL, 1993. Serie de Monografías No. 3, Residuos Peligrosos en el Mundo y en México 1993, Pág. 118. (2) INE, SEMARNAP, 1996. Programa para la Minimización y Manejo Integral de Residuos Industriales Peligrosos en México 1996-2000, Pág. 44. (3) INE, SEMARNAP, 1997. Dirección general de Residuos, Materiales y Actividades Riesgosas (www.ine.gob.mx/dgmrar/ri/grg-giro/sld001.htm).

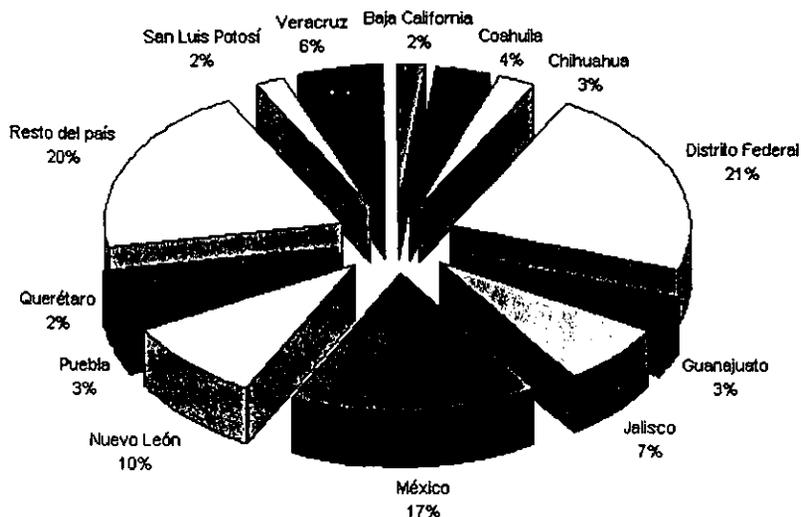
Generación de residuos peligrosos a nivel regional.

Actualmente no se cuenta con un inventario de generación de residuos peligrosos, por lo que se han realizado estimaciones basadas en estudios piloto y el Producto Interno Bruto (PIB) de la industria manufacturera (columna oscura). Paralelamente, se ha cuantificado la generación de residuos por empresas de acuerdo a la información que ellas mismas proporcionan al presentar su "Manifiesto de Residuos Peligrosos" (columna clara). Las notables diferencias entre las dos estimaciones que aparecen en las gráficas se deben a que sólo un porcentaje minoritario del total de las empresas generadoras de residuos peligrosos cumple con este requisito (indicadas con el rombo) ⁽⁹⁾.



Fuente: <http://www.ins.gob.mx/INE/documentos/dgmrar/n/ge-edos/gen>.

*Generación por entidad federativa de residuos peligrosos
Principales estados generadores de RP
(Estimación basada en el PIB de la industria manufacturera)*

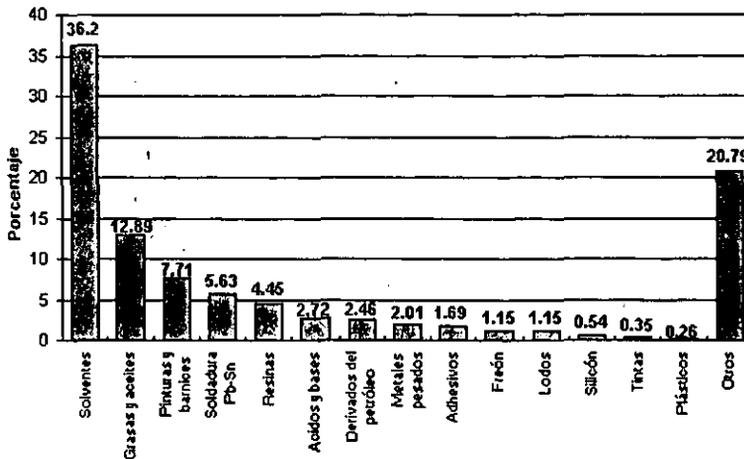


PIB y volumen de residuos peligrosos generados

ESTADO	PIB (Miles de pesos)	GENERACION DE R.P. (Ton/Año)	ESTADO	PIB (Miles de pesos)	GENERACION DE R.P. (Ton/Año)
Aguascalientes	1'978,495	63,602	Morelos	3'652,263	117,408
B.C.	4'497,253	144,572	Nayarit	1'383,679	44,481
B.C.S.	328,895	10,573	Nuevo León	25'027,464	804,551
Campeche	371,185	11,932	Oaxaca	2'433,020	78,214
Coahuila	9'617,964	309,186	Puebla	7'648,722	245,882
Colima	342,764	11,018	Querétaro	5'551,803	178,473
Chiapas	1'838,324	59,096	Quintana Roo	335,447	10,785
Chihuahua	6'587,400	211,763	San Luis Potosí	5'255,784	168,956
Distrito Federal	58'125,978	1'877,243	Sinaloa	2'247,401	72,246
Durango	3'152,573	101,345	Sonora	4'281,798	137,646
Estado de México	45'801,065	1'472,355	Tabasco	1'458,874	46,898
Guanajuato	7'960,087	255,891	Tamaulipas	4'268,732	137,226
Guerrero	888,709	28,569	Tlaxcala	1'882,435	60,514
Hidalgo	4'598,108	147,814	Veracruz	13'113,228	421,548
Jalisco	17'653,145	567,491	Yucatán	2'351,096	75,580
Michoacán	3'499,078	112,484	Zacatecas	455,975	14,658
TOTAL				150'543,009	8'000,000

Fuente: INE, SEMARNAP, 1996. Programa para la Minimización del Manejo Integral de Residuos Industriales Peligrosos en México, 1996-2000, Pág. 43.

Generación de residuos peligrosos por tipo
(Porcentaje por tipo de residuo)



Fuente: Estadísticas del Medio Ambiente, tomo 1. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Editado por INEGI. México 1999.

1.7. SITIOS AFECTADOS CON RESIDUOS PELIGROSOS.

1.7.1. IDENTIFICACION DE SITIOS.

Dada la desproporción que guarda el volumen creciente de residuos peligrosos generados con las capacidades existentes para su manejo, con frecuencia se presenta una disposición clandestina en drenajes y tiraderos municipales, carreteras, barrancas y terrenos baldíos, así como en los patios de las mismas empresas. La SEMARNAP ha desarrollado un programa de identificación y caracterización de sitios abandonados contaminados con residuos peligrosos, con el fin de evaluar los daños ambientales provocados por estos residuos y adoptar las medidas tendientes a su tratamiento y disposición.

A partir de 1995 se comenzó a integrar un listado de los sitios identificados con información general sobre el tipo y la cantidad de residuos presentes, su problemática ambiental y/o social y su situación legal ⁽⁴⁾. Para finales de ese año se tenían identificados 28 sitios en 15 Estados. Durante 1996, el número de sitios identificados se incrementó como resultado de los estudios realizados en los estados de San Luis Potosí, Guanajuato, y Baja California, cuyo objetivo fue evaluar las condiciones de peligro y riesgo de los residuos que se encuentran depositados en ellos, así como los efectos que han causado ó pudieran provocar en el entorno de su área de influencia.

Los estudios recabaron información sobre los sitios localizados, mediante el reconocimiento de campo, entrevistas y consultas en las entidades federativas y municipios, agrupaciones empresariales, organizaciones ecologistas, instituciones educativas, centros de investigación afines, denuncias populares, aduanas, etc. Se identificaron las empresas con mayor antigüedad en la zona, las más importantes por su capacidad productiva y las que presentan una complejidad significativa en sus procesos y generación de residuos. Estos estudios permitieron clasificar cada uno de los sitios en función del grado de deterioro y peligrosidad que representan para el ambiente y la población, de

acuerdo con el tipo de residuos, las cantidades estimadas y sobre todo con las características propias de cada zona. Gracias a estos estudios se pudo contar con un inventario nacional a fines de 1996, de 108 sitios en 16 entidades federativas ⁽²⁾. En 1997 se continuó con los estados de Chihuahua, Tamaulipas, Sonora, Coahuila, Zacatecas y Nuevo León. Así para fines de este año, el inventario nacional alcanzó 166 sitios en 20 entidades federativas, de las cuales 60 corresponden específicamente a sitios abandonados ⁽⁴⁾.

De manera genérica, a través de estos inventarios se han identificado diversos residuos, los más comunes son: solventes, plaguicidas, azufre, metales pesados, hidrocarburos y diversas sustancias químicas, entre otros ⁽⁴⁾.

SITIOS ABANDONADOS E ILEGALES CON RESIDUOS PELIGROSOS		
ESTADO	No. DE SITIOS	PRINCIPALES RESIDUOS
Baja California	8	Solventes, metales pesados, polvos de fundición, aceites
Baja California Sur	2	Jales, escorias de fundición
Campeche	4	Aceite quemado, residuos biológico-infecciosos, lodos de perforación
Chiapas	17	Plaguicidas, hidrocarburos, residuos hospitalarios, solventes.
Chihuahua	13	Hidrocarburos, compuestos químicos, aceites gastados
Coahuila	15	Metales pesados, jales, aceite residual, hidrocarburos, biológico-infecciosos, compuestos químicos
Durango	3	Hidrocarburos, insecticidas
Estado de México	10	Escorias de fundición, biológico-infecciosos, compuestos químicos, lubricantes gastados.
Guanajuato	10	Aceites, metales pesados, organoclorados, lodos, escorias de fundición, aceites gastados
Hidalgo	6	Escorias de fundición, natas de pintura
Jalisco	7	Tierras de blanqueo, tetracloroetileno, lodos, res. De baterías, tierra contaminada con diesel y combustible
Morelos	1	Tambores metálicos vacíos y llenos sin identificación
Nayarit	5	Residuos hospitalarios, jales, hidrocarburos
Nuevo León	22	Escorias de fundición, aluminio, plomo, cadmio, níquel, aceite, cianuros, hidrocarburos
Oaxaca	1	Industriales peligrosos
San Luis Potosí	10	Residuos hospitalarios, asbesto, escoria de fundición, níquel, lodos, botes de pintura
Sinaloa	4	Envases de agroquímicos
Tamaulipas	8	Escorias de fundición, aceites arena sílica, fenoles, compuestos químicos, recipientes vacíos
Veracruz	8	Biológico-infecciosos, azufre
Zacatecas	9	Jales, metales pesados, reactivos químicos
Total	166	

En el resto de los estados no se han identificado sitios abandonados

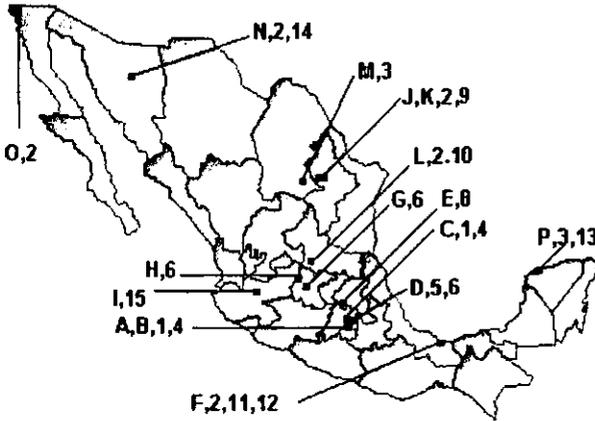
Fuente: Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente 1997-1998. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Editado por INEGI. México. 1999.

Una vez detectados los sitios se procede a caracterizarlos a mayor detalle para determinar con plena seguridad el tipo de contaminantes, las cantidades exactas y las características físicas, químicas y toxicológicas de cada uno de los residuos que se encuentran depósitos, los cuales varían desde escombros y basura doméstica, hasta sustancia altamente peligrosas, como los bifenilos policlorados (askareles) ⁽⁴⁾.

1.7.2. TIPOLOGIAS DE SITIO CON ALTA CONCENTRACION DE RESIDUOS PELIGROSOS.

No obstante la falta de información precisa sobre los sitios afectados, es posible integrar un balance ó inventario preliminar al respecto, para ello se han definido tres grandes tipologías de sitios con alta concentración de residuos peligrosos acumulados sin los sistemas de control necesarios ⁽⁶⁾: a) sitios identificados de disposición inadecuada de residuos peligrosos; b) áreas e instalaciones industriales potencialmente contaminadas por pasivos ambientales derivados de la acumulación inapropiada de residuos peligrosos; y c) rellenos sanitarios ó tiraderos de residuos sólidos urbanos ó municipales, ubicados en zonas de vulnerabilidad geohidrológica y donde probable y presumiblemente se depositan ó han depositado residuos peligrosos sin ningún tipo de control adecuado.

SITIOS AFECTADOS POR DISPOSICION INADECUADA DE RESIDUOS PELIGROSOS. La disposición de residuos peligrosos en el suelo sin ningún tipo de control ha planteado importantes riesgos a la población, así como de contaminación de acuíferos por lixiviación. Muchos de estos sitios se encuentran cercanos a centros de población ó vías generales de comunicación; en este indicador, se muestran los sitios identificados con mayor impacto por la disposición inadecuada de residuos.



UBICACION	
MUNICIPIO O DELEGACION	ENTIDAD FEDERATIVA
A Miguel Hidalgo	Distrito Federal
B Azcapotzalco	Distrito Federal
C Ecatepec	México
D Tultitlán	México
E Tula	Hidalgo
F Coatzacoalcos	Veracruz
G Salamanca	Guanajuato
H San Francisco del Rincón	Guanajuato
I Guadalajara	Jalisco
J Santa Catarina	Nuevo León
K Monterrey	Nuevo León
L San Luis Potosí	San Luis Potosí
M Saltillo	Coahuila
N Cumobabi	Sonora
O Tijuana	Baja California
P Progreso	Yucatán

TIPO DE CONTAMINANTE	
1. Hidrocarburos, metales pesados y BC's	8. Catalizadores gastados con agroquímico
2. Plomo	9. Combustóleo
3. Diesel	10. Arsénico
4. Solventes	11. Azufre líquido, aceites, solventes y lodos con cromo
5. Ácido fosfórico, hexametáfosfato, tripolifosfato, carbonato de sodio	12. Fosfoyeso (cales fosforadas)
6. Cromo	13. Gasolina
7. Agroquímicos y azufre contaminado	14. Cadmio
	Hidrocarburos

Fuente: <http://www.ine.gob.mx/> Sección Indicadores Ambientales.

AREAS E INSTALACIONES INDUSTRIALES POTENCIALMENTE CONTAMINADAS POR PASIVOS AMBIENTALES DERIVADOS DE LA ACUMULACION INAPROPIADA DE RESIDUOS PELIGROSOS. En México existen áreas industriales consolidadas, en donde se concentran actividades prioritarias desde el punto de vista de generación de residuos peligrosos. Tal es el caso de la refinación de petróleo, petroquímica básica y secundaria, industria química y beneficio de minerales ⁽⁶⁾. La inexistencia durante décadas de capacidades de manejo, de normatividad, de inspección y vigilancia, así como el desconocimiento sobre el impacto que la disposición inapropiada de residuos peligrosos imponen al ambiente, favoreció la acumulación inadecuada de residuos en importantes zonas y plantas del país. No se tienen datos objetivos al respecto, sin embargo la experiencia regulatoria resultados de auditorías ambientales y deducciones a partir de factores de generación de residuos en industrias prioritarias, permitirá pronto establecer un inventario preliminar de sitios industriales potencialmente afectados por el depósito sin control de residuos peligrosos ⁽⁶⁾.

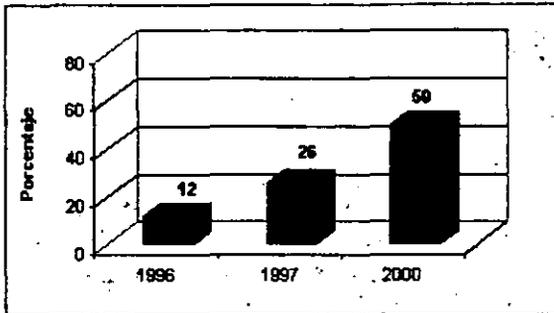
RELLENOS O TIRADEROS DE RESIDUOS URBANOS PRESUMIBLEMENTE CONTAMINADOS CON RESIDUOS PELIGROSOS. También debe apuntarse, ante la inexistencia de suficientes confinamientos para residuos peligrosos, el hecho de que muchas empresas industriales han dispuesto de sus residuos en los sistemas

municipales de recolección y tiro, que ante condiciones geohidrológicas de vulnerabilidad representan riesgos ambientales de consideración ⁽⁶⁾. En este sentido, conviene listar algunas de las áreas urbanas que merecen una atención prioritaria para evitar riesgos mayores a los que ya se hayan presentado, por lo cual se hace un listado de las zonas prioritarias en la sección 1.9.

1.8. INFRAESTRUCTURA PARA EL MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS.

1.8.1. ESTIMACION DE RP GENERADOS, QUE SON MANEJADOS ADECUADAMENTE.

Situación actual y proyección de la capacidad instalada para el manejo de los residuos peligrosos



Fuentes: 1996: INE, SEMARNAP, 1996. Programa para el Manejo Integral y el Aprovechamiento de los Residuos Industriales en la Región Central de México. 1997: INE, SEMARNAP, 1996. Programa para la Minimización y el Manejo Integral de Residuos Industriales Peligrosos en México. 1996-2000. Pag.103

1.8.2. INFRAESTRUCTURA.

La infraestructura existente en México para el manejo de residuos peligrosos es muy limitada, insuficiente para procesar los millones de toneladas que se generan cada año ⁽⁵⁾. Las razones de este rezago radican en parte en el tiempo insuficiente de maduración que ha tenido la política ambiental, así como en la carencia de actividades de promoción industrial y en la falta de mecanismos imaginativos de financiamiento.

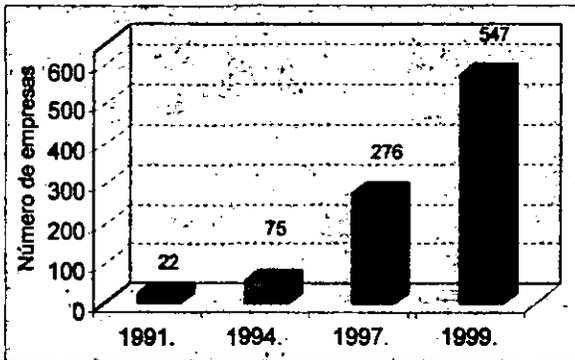
Las actividades desarrolladas en la actualidad para el control de los residuos peligrosos, se listan a continuación: Confinamientos, Reciclaje de solventes, Reciclaje de aceites, Reciclaje energético de residuos combustibles, Exportación de aceites contaminados con BPC y reciclaje de residuos con elementos metálicos ⁽⁵⁾.

INFRAESTRUCTURA INSTALADA PARA EL MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS	
17	Empresas para el reciclaje de solventes usados
9	Empresas para el manejo de aceites lubricantes usados
6	Empresas para almacenamiento temporal
2	Confinamientos controlados de residuos peligrosos de servicio público
2	Confinamiento de residuos peligrosos de servicio privado
3	Incineradores de residuos peligrosos de servicio privado
5	Empresa para el reciclado de metales
22	Empresas de tratamiento in situ de residuos peligrosos
71	Empresas para recolección y transporte de residuos peligrosos
3	Empresas para la formulación de combustible alterno
3	Empresas cementeras para la recuperación de energía alternativa a partir de residuos peligrosos
2	Empresas de reuso de tambores metálicos
4	Empresas de rehabilitación de sitios contaminados por residuos peligrosos
1	Empresa de tratamiento de aceites contaminados con BPCs

Fuente: Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas, INE. 1996.

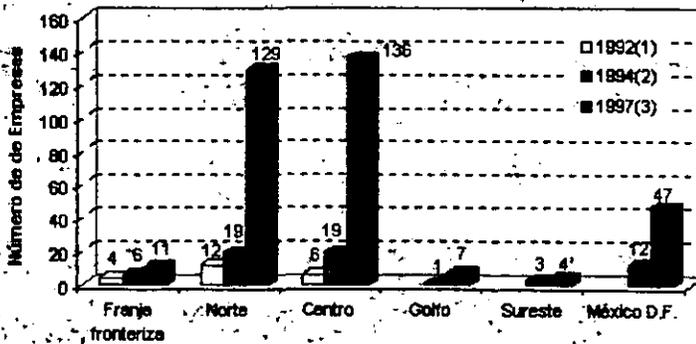
1.8.3. EMPRESAS DEDICADAS AL MANEJO DE RP.

Número de empresas dedicadas al manejo de residuos peligrosos a nivel nacional



Fuente: 1991: INE, SEDESOL, 1991. Informe de la Situación General en Materia del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente 1991-1992, Págs 204 y 205. 1994: INE, SEDESOL, 1994. Bases para una Política Nacional de Residuos Peligrosos, Pág. 10. 1997: INE, Dirección General de Residuos Materiales y Actividades Riesgosas, Actualizada el 31 de Noviembre de 1997. 1999: Estadísticas del Medio Ambiente, tomo 1. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Editado por INEGI, México, 1999.

Número de empresas que ofrecen el servicio de manejo de RP por región



Fuentes: (1) INE, SEDESOL, 1993. Informe de la Situación General en Materia del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. 1991-1992, Págs 204-205. (2) INE, SEDESOL, 1994. Bases para una Política Nacional de Residuos Peligrosos, Pág. 10. (3) 1997: INE, Dirección General de Residuos Materiales y Actividades Riesgosas, Actualizada el 31 de Noviembre de 1997.

**Infraestructura para el tratamiento de residuos biológico - infecciosos
Infraestructura por entidad federativa**

ENTIDAD FEDERATIVA	No.	TERMICO ton/día	NO.	ESTERILIZACION ton/día	No.	PIROLISIS ton/día	No.	QUIMICOS ton/día	No.	TOTALES ton/día
México	2	6.2	1	6	1	3	-	-	4	15.2
Chihuahua	-	-	1	5	-	-	-	-	1	5
D.F.	-	-	1	18	-	-	1	5	2	23
Jalisco	2	17.8	1	8	-	-	-	-	3	25.8
Puebla	1	5	-	-	-	-	-	-	1	5
Querétaro	2	1.3	-	-	-	-	-	-	2	1.3
Sinaloa	1	5	-	-	-	-	-	-	1	5
Tamaulipas	1	3	-	-	-	-	-	-	1	3
Yucatán	1	5	-	-	-	-	-	-	1	5
Totales	10	43.3	4	37	1	3	1	5	16	83.8

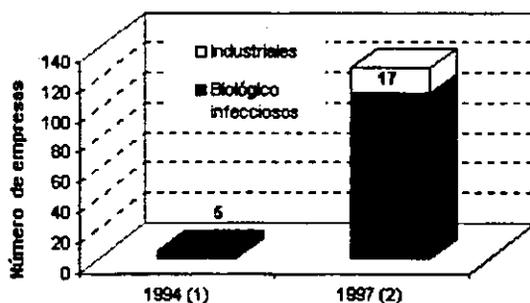
* Incluye oxidación térmica para patológicos.

Fuente: INE, SEMARNAP, 1996. Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas.

1.8.4. EMPRESAS DEDICADAS AL TRANSPORTE DE RP.

Cabe resaltar que en 1994, las 70 empresas transportistas autorizadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) carecían de la autorización correspondiente del Instituto Nacional de Ecología y en ocasiones incurren en prácticas irregulares, como disponer los residuos en barrancas ó terrenos baldíos ⁽³⁾.

Número de empresas que ofrecen servicio de transporte de RP a nivel Nacional



(1) INE, SEDESOL, 1994. Bases para una Política Nacional de Residuos Peligrosos Instituto Nacional de Ecología, México, Págs.8 y 12.

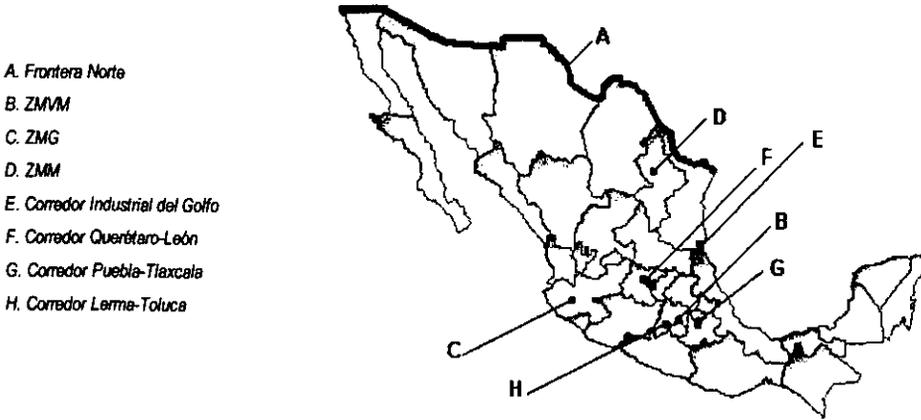
(2) 1997: INE, Dirección General de Residuos Materiales y Actividades Riesgosas, Actualizada al 31 de Noviembre de 1997

1.9. PRIORIDADES.

1.9.1. REGIONES DE ATENCION PRIORITARIA.

La definición de estas áreas prioritarias se realizó tomando en cuenta la rama industrial, el tipo de residuos y la vulnerabilidad de la región. De donde se desprenden como prioridades regionales de mayor nivel, la ZMVM (Zona Metropolitana del Valle de México) junto con el corredor industrial Lerma-Toluca y el corredor Querétaro-León e Industrial del Golfo, principalmente por la magnitud y el tipo de industria que alojan. Así mismo, se incluye la zona ZMM (Zona Metropolitana de Monterrey) por su alta concentración industrial y la ZMG (Zona Metropolitana de Guadalajara) por su densidad de población y grado de exposición. La franja fronteriza es considerada como prioridad

debido a la vigencia de acuerdos internacionales y a sus elevadas tasas de crecimiento tanto poblacional como de la actividad de las empresas maquiladoras ⁽⁶⁾.



Fuente: INE, SEMARNAP, 1996. Programa para la Minimización y Manejo Integral de Residuos Industriales Peligrosos en México 1996-2000. Pág. 125

1.9.2. PRIORIDADES REGIONALES CONFORME A LA MAGNITUD Y TIPO DE INDUSTRIA QUE ALOJAN.

RAMA O ACTIVIDAD	FRANJA FRONTERIZA	ZMM	ZMG	CORREDOR INDUSTRIAL DEL GOLFO	CORREDOR QUERÉTARO - LEÓN	CORREDOR PUEBLA - TLAXCALA	ZMVM	CORREDOR LERMA - TOLUCA
Extracción y/o beneficio de materiales preciosos								
Textiles								
Curtido y acabado de cuero								
Fabricación de productos petroquímicos básicos								
Fabricación de productos petroquímicos básicos orgánicos								
Fabricación de productos petroquímicos básico inorgánicos								
Fabricación de colorantes de pigmentación								
Fabricación de fertilizantes								
Mezcla de insecticidas y plaguicidas								
Refinación de petróleo								
Galvanoplastia en piezas metálicas								
Perforación de pozos petroleros y de gas								
Fabricación y/o ensamble de equipo eléctrico y electrónicos								

ZMG: Zona Metropolitana de Guadalajara, ZMM: Zona Metropolitana de Monterrey, ZMVM: Zona Metropolitana del Valle de México, Fuente: INE, SEMARNAP, 1996. Programa para la Minimización y Manejo Integral de Residuos Industriales Peligrosos en México, Pág. 125.

1.9.3. AREAS URBANAS PRIORITARIAS DEBIDO A SU VULNERABILIDAD GEOHIDROLOGICA.

Muchas empresas industriales han dispuesto sus residuos en los sistemas municipales de recolección y tiro, que ante condiciones geohidrológicas de vulnerabilidad presentan riesgos ambientales de consideración:

Aquí se presentan algunas de las áreas urbanas que merecen atención prioritaria para evitar riesgos mayores a los que se hayan presentado.

LUGAR	PROBLEMAS
Celaya, Aguascalientes, Irapuato, León, Salamanca y Silao.	Son poblaciones que se encuentran asentadas en materiales aluviales, lacustres y volcánicos que pueden llegar a conformar acuíferos. Adicionalmente en algunos casos es tan afectadas por fallas producidas por la sobreexplotación de acuíferos, lo cual facilita la migración rápida de contaminantes. Estas regiones tienen un amplio desarrollo industrial, por lo que pueden estar acumulando también residuos industriales en sitios de disposición final de residuos sólidos municipales.
Colima y Lázaro Cárdenas	Se ubican próximas a zonas costeras donde existen acuíferos en materiales de relleno con niveles piezométricos someros, por lo que la mala ubicación de sitios de disposición final de residuos sólidos municipales puede fácilmente contaminarlos.
Guadalajara, Tlaquepaque, Tonalá, Zapopan, Morelia, Zitácuaro.	Se localizan en regiones volcánicas donde afloran rocas permeables, lo cual puede llevar a contaminar acuíferos cuando los sitios de disposición final de residuos sólidos municipales están mal ubicados.
Cuernavaca, Toluca, Puebla, San Juan del Río, Querétaro y ZMVM.	Se ubican en regiones en donde existen rocas volcánicas con alta permeabilidad
Mérida y Campeche	Están ubicadas sobre calizas con un alto grado de disolución, lo que les proporciona una muy elevada permeabilidad; en estas regiones fácilmente puede darse la contaminación de acuíferos.
Tapachula, Villahermosa, Coatzacoalcos, Poza Rica y Veracruz.	Se localizan sobre materiales aluviales que en la mayoría de los casos son muy permeables y descansan sobre otras rocas también de tipo sedimentario con capacidad para constituir acuíferos. En algunas de estas ciudades de la costa del Golfo de México se desarrollan actividades petroleras que generan una gran cantidad de contaminantes.
Chihuahua, Monclova, Torreón, Cd. Juárez, Gómez Palacio y Monterrey	Son ciudades que se ubican próximas a afloramientos de calizas y de aluviales permeables, por lo que se debe poner especial cuidado en el lugar en donde se ubican sitios de disposición final de residuos sólidos municipales.
Delicias y Hermosillo	Se localizan sobre aluviones permeables que conforman acuíferos, en ocasiones con niveles piezométricos profundos; sin embargo, sería importante evaluar la facilidad con que el agua subterránea puede verse contaminada.
Mexicali, Piedras Negras, Nogales, San Luis Río Colorado y Nuevo Laredo	Los sitios de disposición final de residuos municipales pueden estar recibiendo residuos industriales tanto mexicanos como de la industria maquiladora

Fuente: INE, SEMARNAP, 1996. Programa para la Minimización y Manejo Integral de Residuos Industriales Peligrosos en México, Pág. 60 y 61.

1.10. RESTAURACION DE SITIOS.

A la fecha, no se cuenta con un esquema metodológico para determinar el potencial de afectación y evaluar los riesgos a la salud y al ambiente asociados a los problemas derivados del manejo inadecuado de los residuos industriales. Los estudios de evaluación de los efectos ambientales realizados en México se han enfocado principalmente a problemas específicos ó accidentes, algunos de los cuales se documentan a continuación⁽⁸⁾:

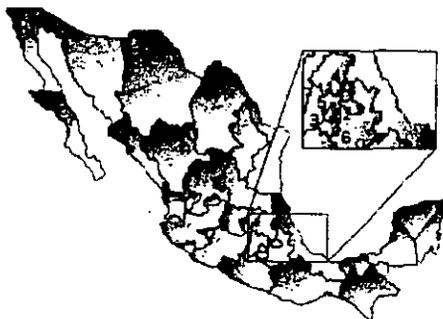
- ❖ En el año de 1958 se estableció en Lechería, municipio de Tultitlán, Estado de México, la empresa CROMATOS DE MEXICO, S.A., dedicada a producir compuestos de cromo. El proceso de producción era a cielo abierto, sin existir controles sobre las emisiones de polvos, descargas de aguas residuales y manejo de los residuos, los que se arrojaban en sitios disponibles en las zonas aledañas y que simultáneamente, se ofrecían como material de relleno. A partir de 1975, se iniciaron reclamos por parte de la población que estaba siendo afectada por los residuos de cromo hexavalente. Después de un largo proceso, en 1978 se determinó la clausura definitiva de la fábrica, el traslado a los terrenos de la planta de parte del relleno utilizado en la nivelación de calles y la

construcción de un cementerio industrial que inició operaciones en 1983. En este depósito, se almacenaron 75,000 toneladas de residuos que estaban dispuestos a cielo abierto.

- ❖ En marzo de 1987, la empresa Alco Pacífico de México, S.A. de C.V., inició operaciones como recicladora de plomo, bajo el régimen de maquiladora hasta abril de 1991, en que la desaparecida SEDUE ordenó la clausura total temporal de sus instalaciones, por no cumplir con la normatividad. Esta empresa utilizaba como materia prima baterías automotrices, residuos de óxido de plomo, separadores de baterías trituradas con contenido de óxido de plomo y sulfato de plomo, adquiridos en Estados Unidos, bajo el régimen de importación temporal. Al declararse en quiebra, los propietarios dejaron en sus patios con alrededor de 12,000 m³ de residuos peligrosos y 18,000 m³ de suelos contaminados, dispuestos de una manera inadecuada y sin cumplir con la obligación legal de retornarlos a su país de origen. Las autoridades destinaron fondos para cubrir los residuos con una membrana geomorfológica de polietileno de alta densidad, con lo que se evita la contaminación a la población y al ambiente mientras se lleva a cabo la obra de remediación del sitio.
- ❖ Una empresa Química, ubicada en el km 13.5 de la carretera León-San Francisco, en el municipio de San Francisco del Rincón, Guanajuato, inició sus actividades en el año de 1972. Esta planta se dedica a la producción de sales de cromo y ácido crómico, a partir de cromita, utilizando un proceso en dos fases. Los residuos generados consisten en sólidos sobrantes del proceso de lixiviación y alúmina precipitada durante la adición de ácido sulfúrico al licor. Durante once años dichos residuos se depositaron en patios a cielo abierto, directamente sobre el suelo sin tener éste preparación alguna, lo que causó contaminación de suelos, aire y mantos freáticos. En virtud de que actualmente se encuentran almacenados en dos celdas 13,000 toneladas de residuos de alúmina y más de 300,000 toneladas de residuos de cromo, se están llevando a cabo acciones conjuntas con la Universidad Nacional Autónoma de México y la Universidad Autónoma de Guanajuato, tendientes a dar tratamiento a dichos residuos para disminuir su peligrosidad y lograr su aprovechamiento a través de su reciclamiento y rehuso.

A continuación se presenta una relación de casos de disposición clandestina de residuos industriales peligrosos, que fueron detectados por medio de actividades de inspección entre 1994 y 1996.

Sitios en procesos de restauración afectados por residuos peligrosos, detectados por actividades de Inspección entre 1994 y 1996



Fuente: INE, SEMARNAP, 1996, Programa para la minimización y el manejo Integral de Residuos Industriales Peligrosos, 1996-2,000, Pág. 83

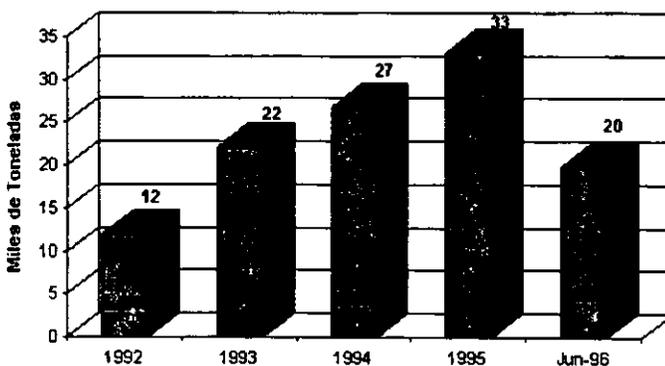
SITIO Y TIPO DE RESIDUOS DEPOSITADO	CANTIDAD DE RESIDUOS REMOVIDOS Y ENVIADOS A CONFINAMIENTO. (TON)
1. A lo largo de la carretera Pachuca-Hidalgo y principalmente en el Km.30, se encontraron escorias con alto contenido de plomo provenientes de la fundición de baterías automotrices.	19,000
2. En el municipio de Chimalhuacán, Edo. de México, se encontraron residuos con asbesto.	672
3. En el municipio de Huixquilucan, Edo. de México, se encontraron diversos residuos de origen farmoquímico.	13
4. En un banco de tezontle ubicado en el municipio de Atotonilco, en el Edo. de Hidalgo, se encontraron escorias con alto contenido de plomo provenientes de la fundición de baterías automotrices.	474
5. En el municipio de Acolman, Edo. de México, se encontraron residuos provenientes de la fabricación de pinturas (principalmente solventes sucios) y lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales en 16 ladrilleras.	9,639
6. Se encontró una bodega de plaguicidas caducos e inadecuadamente almacenados en la Delegación de Iztapalapa.	111
TOTAL	29,909

Fuente: INE, SEMARNAP, 1996. Programa para la Minimización y Manejo Integral de Residuos Industriales Peligrosos en México 1996-2000, Pág. 58.

1.11. REGULACION DE MOVIMIENTOS TRANSFRONTERIZOS.

Por varios años el manejo legal e ilegal de residuos peligrosos en la frontera ha causado preocupación pública, ante lo cual se han establecido programas de asesoría, vigilancia e inspección que han resultado en el incremento de reportes de movimientos transfronterizos (SEDESOL, 1993^a).

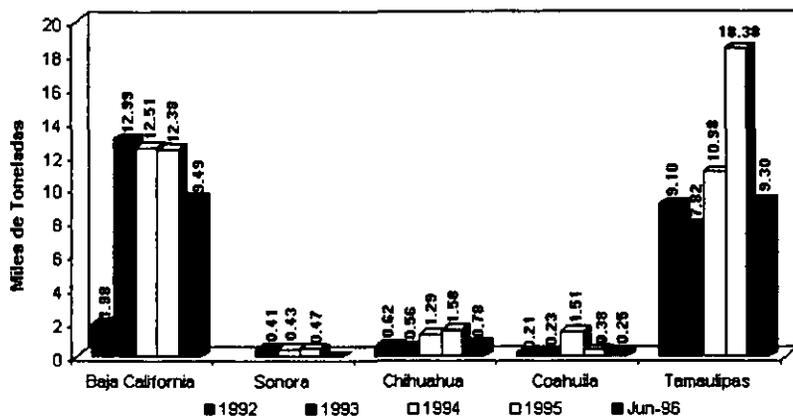
Residuos repatriados a los Estados Unidos por la industria maquiladora



Fuente: INE, SEMARNAP, 1996. Programa para la Minimización y el manejo Integral de Residuos Peligrosos, 1996-2,000.

Residuos repatriados a los Estados Unidos por la industria maquiladora por entidad federativa.

La industria maquiladora retoma RP a Estados Unidos en los términos del artículo 153 de la LGEEPA, además varias empresas los exportan a Estados Unidos y Europa. Por otro lado empresas mexicanas dedicadas al reciclaje y recuperación de materiales secundarios importan legalmente residuos que son utilizados como materia prima ⁽⁶⁾.



Fuente: INE, SEMARNAP, 1996. Programa para la Minimización y el Manejo Integral de Residuos Industriales Peligrosos 1996-2000, Pág. 84 y 93.

Referencias

- (1) Estadísticas del Medio Ambiente, tomo 1. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Editado por INEGI. México. 1999.
- (2) Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente 1997-1998. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Editado por INEGI. México. 1999.
- (3) Avances en el Desarrollo de Indicadores para la Evaluación del Desempeño Ambiental en México 1997. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAP. Edición a cargo de la Dirección de Análisis de Datos de la Dirección General de Gestión e Información Ambiental. 1998.
- (4) Informe Trianual 1995-1997. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. Editado por SEMARNAP/PROFEPA. México. 1998.
- (5) Estadísticas del Medio Ambiente, México 1997, Informe de la Situación General en Material de equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente 1995-1996. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Editado por INEGI. México. 1998.
- (6) Residuos Peligrosos. Dra. Georgina Fernández Villagómez. Subdirección Editorial Violeta Ramos Radilla. México. 1998.

- (7) Los Residuos Peligrosos en México. Pérez Garcia, Enrique (Compilador). Editores: Octavio Rivero Serrano, Guadalupe Ponciano Rodríguez, Simón González Martínez. UNAM, México. 1996.
- (8) Programa para la Minimización y Manejo Integral de Residuos Industriales Peligrosos en México 1996-2000. SEMARNAP. Edición a cargo de INE-SEMARNAP. México. 1996.
- (9) Programa para el Manejo Integral de los Residuos Industriales y Peligrosos en México 1996-2000. Instituto Nacional de Ecología. Gaceta Ecológica. No. 39, Verano 1996.
- (10) Residuos Peligrosos en el Mundo y en México. Cortinas de Nava, Cristina. Secretaria de Desarrollo Social. México. 1993.
- (11) <http://www.inegi.gob.mx>
- (12) <http://www.ine.gob.mx/indicadores/español/portada.htm>

TEMA 2

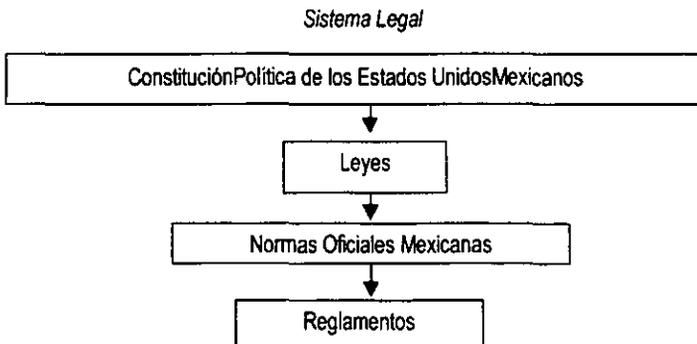
MARCO JURIDICO

2.1. SISTEMA LEGAL EN MEXICO EN MATERIA DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS.

La legislación Mexicana en cuanto a materia ambiental se encuentra regida, en primera instancia, por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en la cual, los diversos artículos, fracciones e incisos que la conforman y derivan en leyes y reglamentos, no deben contradecirla, contrariarla ó rebasarla. Las leyes son aplicadas a toda persona ó situación que quede incluida dentro de lo que disponen, siendo éstas generales, ya que no se refieren a ninguna persona ó caso en particular. En el sistema jurídico de nuestro país la ley es creadora de obligaciones en aquellos casos que se considera un hecho material, independiente de toda voluntad del ser humano ⁽⁸⁾.

En cuanto a los reglamentos, éstos derivan por lo general de una ley, a la cual complementan ó amplían en sus principios, dándole un carácter de aplicabilidad para casos más concretos⁽⁹⁾.

Existen, en un tercer nivel de jerarquización, las normas, las cuales esencialmente son resoluciones de control, emitidas por cualquier autoridad de la administración pública, surgiendo éstas para resolver dudas ó emitir procedimientos concretos en algún caso, evitando así conflictos que pudieran surgir en la aplicación de las leyes ó reglamentos, indicando los procedimientos ó recursos a emplear de manera concisa, para que al cumplir las leyes y reglamentos no exista la menor duda en los mismos ⁽⁸⁾.



El procedimiento que se sigue al elaborar una Norma Oficial Mexicana ⁽⁶⁾ por parte de la Comisión Nacional de Normalización y regulada por la LFMN (Ley Federal de Metrología y Normalización), es en primera instancia la elaboración de un anteproyecto de Norma Oficial Mexicana, surgido con base en una necesidad ó el logro de ciertos beneficios, identificando a los beneficiarios potenciales, aunque no cuantificadas en todos los casos monetariamente, especificando los costos potenciales y las razones por las cuales se considera que el emitirla es la mejor opción para resolver el problema ó cumplir con el objetivo que se persigue, así como realizar un análisis profundo de las repercusiones que conlleva el emitirla.

Una vez realizado el anteproyecto, éste es sometido a revisión, dándose una respuesta a las observaciones que se pudieran derivar, de lo cual se obtiene un primer "gran borrador", publicándose una primera vez en el Diario Oficial de

la Federación para ser sometido a la opinión de los sectores sociales de los cuales se hizo mención. Posteriormente, se hace la recepción de las críticas, análisis ó propuestas hechas por parte de estos sectores, los cuales se publican, incorporándose al proyecto en caso de ser pertinentes y se hace una evaluación y aprobación final por parte del comité, dando así pie a su publicación final como Norma Oficial en el Diario Oficial de la Federación, entrando en vigor el día siguiente en que es publicada.

La protección al medio ambiente se encuentra fundamentada en México, como se indicó, desde la propia Constitución, en la cual se estipula en los artículos que la componen el derecho del que gozan todos los mexicanos a la protección de la salud, al aprovechamiento de los elementos naturales, de cuidar su conservación; así como también se otorga la facultad a los gobiernos de los Estados y de los municipios de expedir leyes en materia de protección, preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como de prevención y protección al medio ambiente en general.

2.2. LEY GENERAL DE EQUILIBRIO ECOLOGICO Y PROTECCION AL AMBIENTE (LGEEPA).

Los residuos peligrosos son regulados de manera específica por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA, publicada en el Diario Oficial de la Federación , el 28 de enero de 1988 y reformada el 13 de diciembre de 1996). Esta ley, en su título 1, artículo 3º fracción XXVII, define residuos peligrosos como "todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas, infecciosas ó irritantes representan un peligro para el equilibrio ecológico ó el ambiente".

Además, las disposiciones de la LGEEPA en materia de Residuos Peligrosos especifican que la regulación de las actividades relacionadas con materiales ó residuos peligrosos es de índole federal y faculta a la SEMARNAP (Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca) a quien compete la regulación, autorizaciones y vigilancia de todas las actividades relacionadas con Materiales ó Residuos Peligrosos, dentro de las cuales se pueden mencionar el evaluar el impacto ambiental tratándose de instalaciones de tratamiento, confinamiento ó eliminación de residuos peligrosos, determinar y publicar en el Diario Oficial de la Federación los listados de materiales y residuos peligrosos, dar las autorizaciones para la instalación y operación de sistemas para la recolección, transporte, alojamiento, rehuso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final de residuos peligrosos, así como el control, vigilancia y autorizaciones en todo lo que se refiere a importación y exportaciones de materiales y residuos peligrosos.

2.3. REGLAMENTO GENERAL EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS.

En apoyo a la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 25 de noviembre de 1988, el Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Residuos Peligrosos, el cual rige en todo el territorio nacional, y donde indica que las autoridades del DF, las de los estados y municipios podrán participar como auxiliares de la Federación en la aplicación de este reglamento.

Este reglamento se divide en 5 capítulos generales en donde se tratan las disposiciones generales (artículos 1 al 6), generación (artículos 7 y 8), manejo (artículos 9 al 42), importación y exportación (artículos 43 al 57) de los residuos peligrosos, además de las medidas de control de seguridad y sanciones (artículos 58 al 63) sobre ellos.

Algunos de los aspectos relevantes que trata este reglamento son la regulación del transporte, el almacenamiento, la recolección y la disposición final de estos residuos, así como los sitios destinados para su confinamiento. En esta reglamento se indica que es plena responsabilidad del generador de residuos peligrosos determinar si éstos lo son ó no, el de presentar su manifiesto de impacto ambiental al generar este tipo de residuos, además establece el registro de carácter obligatorio del generador de residuos.

Se indican las responsabilidades del generador en cuanto al almacenamiento y al transporte de los residuos peligrosos, condiciones que se deben cumplir, requisitos para las áreas de almacenamiento, programas de capacitación de manejo, incompatibilidad de almacenar varios residuos peligrosos, programas de manejo de éstos, etc.

De igual manera se toca lo referente a la importación y exportación de residuos peligrosos a nuestro país. Indica, entre otros aspectos relacionados, que se dará autorización a la importación de residuos peligrosos cuando esto tenga como objeto el reciclaje ó rehuso en el territorio nacional, así como también que no se concederá autorización para la importación de residuos peligrosos, cuyo único objeto sea su disposición final en el país.

Disposiciones derivadas del reglamento de la LGEEPA en materia de residuos peligrosos

FUNCIONES

NIVEL DE COMPETENCIA FEDERAL

- ❖ Determinar y publicar en el Diario Oficial de la Federación los listados de residuos peligrosos, así como sus autorizaciones, en los términos de Ley;
- ❖ Expedir las Normas Oficiales Mexicanas y procedimientos para el manejo de los residuos peligrosos, con la participación de las Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, de Salud, de Energía, Minas e Industria Paraestatal y de Agricultura y Recursos Hidráulicos;
- ❖ Controlar el Manejo de residuos peligrosos que se generan en las operaciones y procesos de extracción, consumo, beneficio, y transformación; producción, consumo, utilización y de servicios;
- ❖ Autorizar la instalación y operación de sistemas para la recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, rehuso, tratamiento recolección, incineración y disposición final de los residuos peligrosos;
- ❖ Evaluar el impacto ambiental de los proyectos de tratamiento, confinamiento o eliminación de residuos peligrosos;
- ❖ Autorizar la importación y exportación de residuos peligrosos, sin perjuicio de otras autorizaciones que corresponda otorgar a las autoridades competentes;
- ❖ Fomentar y coadyuvar al establecimiento de plantas de tratamiento y disciplinas de comercialización, así como de empresas que establezcan plantas de reciclaje de residuos peligrosos;
- ❖ Establecer y mantener actualizado un sistema de información sobre la generación de los residuos peligrosos;
- ❖ Fomentar que las asociaciones y colegios de profesionales, cámaras industriales y de comercio y otros organismos afines, promuevan actividades que orienten a sus miembros, en materia de prevención y control de la contaminación ambiental originada por el manejo de los residuos peligrosos;
- ❖ Promover la participación social en el control de los residuos peligrosos;
- ❖ Fomentar en el sector productivo y promover ante las autoridades competentes el uso de tecnologías que reduzcan la generación de residuos peligrosos;
- ❖ Fomentar en el sector productivo y promover ante las autoridades competentes el desarrollo de actividades y procedimientos que coadyuven a un manejo seguro de los residuos peligrosos

NIVEL DE COMPETENCIA ESTATAL Y MUNICIPAL

- ❖ Otorgar licencias de uso del suelo
- ❖ Evaluar el impacto ambiental de las estaciones de transferencia

Fuente: Programa para la minimización y manejo integral de Residuos Industriales Peligrosos en México 1996-2000

2.4. NORMAS OFICIALES MEXICANAS.

Por último, en la jerarquía legal, se encuentran las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en materia de residuos peligrosos, que como se mencionó en párrafos anteriores, son promovidas por la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, y en las cuales, se establecen concretamente los parámetros referentes a los residuos de esta naturaleza, las definiciones pertinentes, la lista de los que son considerados como tales, lo que hace a un residuo peligroso, etc.

Se entiende por Norma Oficial Mexicana, según el artículo 36 de la LGEEPA, el conjunto de reglas científicas ó tecnológicas emitidas por la SEMARNAP, que establezcan los requisitos, especificaciones, condiciones, procedimientos, parámetros y límites permisibles que deberán observarse en el desarrollo de actividades ó uso y destino de bienes, que causan ó puedan causar desequilibrio ecológico ó daño al ambiente y, además, que uniforment principios, criterios, políticas y estrategias en la materia.

El objetivo de dichas normas es determinar los parámetros dentro de los cuales se garanticen las condiciones necesarias para el bienestar de la población y para asegurar la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente.

En 1993 se replantearon todas las Normas Técnicas Ecológicas, debido a la entrada en vigor de la nueva Ley Federal de Metrología y Normalización (LFMN) el 1 de Julio de 1992, dándoles carácter de Normas Oficiales Mexicanas, con carácter de obligatorias, y en las cuales intervienen en su elaboración representantes de diversos sectores ⁽⁵⁾, como el público, industrial, prestadores de servicios, centros de investigación científica y tecnológica, así como colegios de profesionistas y en general todo aquel que se vea directa ó indirectamente concernido al emitirse un documento de esta naturaleza.

Para la regulación de todo lo referente a residuos peligrosos, existen las siguientes normas:

Normas Oficiales Mexicanas Para el Control de Residuos Peligrosos

CLAVE	REGULACIÓN	FECHA DE PUBLICACIÓN
NOM-052-ECOL-1993	Establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.	22-oct-93
NOM-053-ECOL-1993	Establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción, para determinar los constituyentes que hacen a un Residuos Peligrosos por su Toxicidad al ambiente.	22-oct-93
NOM-054-ECOL-1993	Establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos según la NOM-052-ECOL-1993.	22-oct-93
NOM-055-ECOL-1993	Establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de Residuos Peligrosos, excepto los Radiactivos.	22-oct-93
NOM-055-ECOL-1996	Establece los requisitos que deben reunir los sitios que se destinan para un confinamiento controlado y de la instalación de centros integrales para el manejo de Residuos Industriales Peligrosos.	2-dic-96
NOM-056-ECOL-1993	Establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de Residuos Peligrosos.	22-oct-93
NOM-057-ECOL-1993	Establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para Residuos Peligrosos.	22-oct-93

NOM-058-ECOL-1993	Establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de Residuos Peligrosos.	22-oct-93
NOM-083-ECOL-1996	Establece las condiciones que Deben Reunir los sitios destinados a la disposición final de los Residuos Sólidos Municipales. (Aclaración 7-MARZO-1997).	25-nov-96
NOM-087-ECOL-1995	Establece los requisitos para la separación, Envasado, Almacenamiento, Recolección, Transporte, Tratamiento y Disposición final de los Residuos Peligrosos Biológico-Infecciosos que se generan en establecimientos que presten atención medica.	7-nov-95

Fuente: http://www.ine.gob.mx/normas/res_pel/index.html

Normas Oficiales Mexicanas Para el Transporte Terrestre de Residuos Peligrosos

CLAVE	REGULACIÓN	FECHA DE PUBLICACIÓN
NOM-002-SCT2/1994	Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados.	30-oct-95
NOM-003-SCT2/1994	Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos.	21-agosto-95
NOM-004-SCT2/1994	Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.	13-sept-95
NOM-005-SCT2/1994	Información de emergencia para el transporte terrestre de sustancias, materiales y residuos peligrosos.	24-julio-95
NOM-006-SCT2/1994	Aspectos básicos para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al autotransporte de materiales y residuos peligrosos.	23-agosto-95
NOM-007-SCT2/1994	Marcado de envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos.	18-agosto-95
NOM-008-SCT2/1994	Disposiciones para efectuar la inspección de equipos de arrastre ferroviario.	4-sept-95
NOM-009-SCT2/1994	Compatibilidad para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1 explosivos.	25-agosto-95
NOM-010-SCT2/1994	Disposiciones de compatibilidad y segregación para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.	25-sept-95
NOM-011-SCT2/1994	Condiciones para el transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos en cantidades limitadas. Aclaración.	25-sept-95 12-agosto-96
NOM-018-SCT2/1994	Disposiciones para la carga, acondicionamiento y descarga de materiales y residuos peligrosos en unidades de arrastre ferroviario.	25-agosto-95
NOM-019-SCT2/1994	Disposiciones generales para la limpieza y control de remanentes de sustancias y residuos peligrosos en las unidades que transportan materiales y residuos peligrosos.	25-sept-95
NOM-020-SCT2/1994	Requerimientos generales para el diseño y construcción de autotanques destinados al transporte de materiales y residuos peligrosos, especificaciones SCT 307 y SCT 312.	17-nov-97
NOM-021-SCT2/1994	Disposiciones generales para transportar otro tipo de bienes diferentes a las sustancias, materiales y residuos peligrosos, en unidades destinadas al traslado de materiales y residuos peligrosos.	25-sept-95
NOM-023-SCT2/1994	Información técnica que debe contener la placa que portaran los autotanques, recipientes metálicos intermedios para granel (RIG) y envases de capacidad mayor a 450 litros que transportan materiales y residuos peligrosos.	25-sept-95
NOM-024-SCT2/1994	Especificaciones para la construcción y reconstrucción, así como los métodos de prueba de los envases y embalajes de las sustancias, materiales u residuos peligrosos	16-octubre-95

NOM-025-SCT2/1994	Disposiciones especiales para las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1 explosivos.	22-sept-95
NOM-027-SCT2/1994	Disposiciones generales para el envase, embalaje y transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la división 5.2 peróxidos orgánicos.	25-octubre-95
NOM-028-SCT2/1994	Disposiciones especiales para los materiales y residuos peligrosos de la clase 3 líquidos inflamables transportados.	4-octubre-95
NOM-029-SCT2/1994	Especificaciones para la construcción y reconstrucción de recipientes intermedios para graneles (RIG).	18-octubre-95
NOM-030-SCT2/1994	Especificaciones y características para la construcción y reconstrucción de los contenedores sistema destinados al transporte multimodal de gases licuados refrigerados.	20-octubre-95
NOM-032-SCT2/1995	Especificaciones y características para la construcción y reconstrucción de contenedores sistema destinados al transporte multimodal de materiales de las clases 3,4,5,6,7,8 y 9.	10-dic-97
NOM-043-SCT2/1995	Documentos de embarque de sustancias, materiales y residuos peligrosos.	23-octubre-95
NOM-045-SCT2/1995	Características generales de las unidades de arrastre ferroviario asignadas al transporte de materiales y residuos peligrosos.	5-sept-96
NOM-046-SCT2/1995	Características y especificaciones para la construcción y reconstrucción de los contenedores sistema destinados al transporte multimodal de gases licuados a presión no refrigerados.	26-febrero-99
NOM-051-SCT2/1995	Especificaciones especiales y adicionales para los envases y embalajes de las sustancias peligrosos de la división 6.2 agentes infecciosos.	21-nov-97

Fuente: SCT, Subdirección de Normas del Auto transporte de Materiales Peligrosos.

2.4.1. LIMITACIONES DEL MARCO NORMATIVO.

Es importante identificar ciertas limitaciones en la normalización en materia de residuos peligrosos ⁽⁶⁾ y enfatizar algunos aspectos importantes, teniendo en cuenta que el ejercicio normativo representa el fundamento de una política exitosa de manejo de residuos peligrosos.

- ❖ Hasta ahora las normas tienden a restringirse a la definición de los propios residuos, pruebas para determinar su toxicidad e incompatibilidad y a ciertos requisitos para el diseño y operación de confinamientos.
- ❖ La orientación de la normatividad debe tomar en cuenta cambios tecnológicos que reduzcan la generación de residuos en la fuente ó propicien su reuso ó recirculación.
- ❖ Debe consolidarse un esquema normativo que considere de manera explícita la minimización en la generación de residuos y no solamente arreglos tecnológicos al final de la generación de los mismos.
- ❖ La normatividad debe hacer referencia a todas las opciones posibles y relevantes en el manejo de residuos peligrosos, incluyendo el tratamiento térmico, el reciclaje, la recuperación de materiales secundarios y la recuperación de energía, entre otros.
- ❖ La normatividad debe establecer criterios y procedimientos para la remediación de sitios contaminados por diferentes tipos de residuos, como los metales ó hidrocarburos.
- ❖ Plantear una definición adecuada de residuos especiales, los cuales, a pesar de que no tienen características importantes de peligrosidad, requieren un manejo específico.
- ❖ No se obliga a todos los productores a acatar límites ya que algunos permanecen sin normar en tanto no se desarrolle una NOM específica para ellos, lo que inhibe una adecuada protección del ambiente.

- ❖ Se ignoran los efectos diferenciales que la emisión de un contaminante tiene sobre cada ecosistema receptor y no se consideran los efectos de transferencia de contaminantes entre medios.

Es posible señalar algunos lineamientos deseables para el desarrollo de normas ambientales para la industria ⁽⁶⁾:

- ❖ En general se debe procurar condensar, si ello es posible, en una sola norma los límites aplicables a industrias, procesos y actividades diferentes, así como incorporar los tiempos de ajuste que requieren los sectores afectados, para permitir un ajuste menos costoso.
- ❖ Las normas deben tomar en consideración las tecnologías de proceso, control y medición disponibles y el costo de las mismas, pero bajo ninguna circunstancia es permisible que favorezcan tecnologías particulares ni que se constituyan en un obstáculo para la adopción de tecnologías que pudieran surgir.
- ❖ Requieren ser considerados los efectos potenciales sobre los demás medios (agua, aire, suelo, ecosistemas).
- ❖ Deben analizarse los efectos derivados que puedan afectar a otros sectores (por ejemplo, considerar los efectos sobre la demanda y disponibilidad de combustibles).

Para superar las limitaciones y vacíos existentes es necesario revisar el marco normativo actual para darle un mayor alcance, con la finalidad de lograr una más eficiente protección del ambiente en beneficio de todos.

2.5. DISTRIBUCION DE COMPETENCIAS.

La gestión de las sustancias peligrosas, involucra a diferentes dependencias del gobierno, a manera de resumen, en el cuadro 1, se indica en qué fase del ciclo de vida de las sustancias incide cada una de las autoridades responsables de su gestión.

*Cuadro 1
Marco institucional de la regulación y control de sustancias químicas*

Sustancias/ ciclo de vida	Fertilizantes	Pesticidas	Sustancias industriales	Sustancias tóxicas	Minerales o hidrocarburos	Fármacos	Aditivos y alimentos	Explosivos
Importación y exportación	1,2,3,4,5	1,2,3,4,5	4, 5	1,2,4,5	4, 5	2, 4, 5	4, 5, 7	4, 5, 7
Registro	2	2		2	4	2	2	7
Extracción					4, 8			
Proceso y uso	1,2,3,9	1,2,3,9	1,2,4,9	1, 2, 9	1,4,8,9	2,9	2,9	7, 9
Almacenamiento	2, 6, 9	2, 6, 9	6, 9	2, 6, 9	6, 8, 9	2, 6, 9	2, 6, 9	7, 9
Transporte	2,6, 9	2, 6, 9	6, 9	2, 6, 9	4,6,8,9	6	6	6, 7, 9
Comercialización	2, 3, 4	2, 3, 4	4	2, 4	4	4	2, 4	7
Emissiones al aire			1, 2	1, 2	1, 2			
Descargas de agua	1, 2, 10	1, 2, 10	1, 2, 10	1, 2, 10	1, 2, 10	1, 2, 10	1, 2, 10	1, 2, 10
Residuos peligrosos	1, 2, 6	1, 2, 6	1,2,4, 6	1, 2, 6	1,2, 6	1, 2, 6	1, 2, 6	1, 6
Ambiente laboral	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	9
Salud ocupacional	2, 9	2, 9	2, 9	2, 9	2	2, 9	2, 9	2, 9
Salud ambiental	2	2	2	2	2	2	2	2
Saneamiento e impacto ambiental	1, 3	1, 3	1	1	1, 8	1	1	1

(1) SEMARNAP Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, (2) SSA Secretaría de Salud, (3) SAGAR Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, (4) SECOFI Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, (5) SHCP Secretaría de Hacienda y Crédito Público, (6) SCT Secretaría de Comunicaciones y Transportes, (7) SEDENA Secretaría de la Defensa Nacional, (8) SE Secretaría de Energía, (9) STPS Secretaría del Trabajo y Previsión Social, (10) SEDEMAR Secretaría de Marina.

Fuente: Estadísticas del Medio Ambiente, México 1997, Informe de la Situación General en Materia de equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente 1995-1996. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Editado por INEGI. México. 1998.

La forma en que se distribuyen las competencias, aparece resumida en los cuadros 2 a 6.

Cuadro 2
Atribuciones de la SEMARNAP

<ul style="list-style-type: none"> ❖ Fomentar la protección, restauración y conservación de los ecosistemas y recursos naturales. ❖ Vigilar y estimular el cumplimiento de las leyes, normas oficiales mexicanas y programas de su competencia e imponer las sanciones procedentes. ❖ Fomentar la aplicación de tecnologías, equipos y procesos que reduzcan las emisiones y descargas contaminantes provenientes de cualquier tipo de fuente. ❖ Regular y controlar la generación, manejo y disposición final de materiales y residuos peligrosos. ❖ Regular las actividades relacionadas con la exploración, explotación y beneficio de minerales, sustancias y demás recursos del subsuelo. ❖ Regular y controlar las actividades consideradas como altamente riesgosas. <p>(Artículo 5 de la LGEEPA y 32bis de la LOAPP)</p>	
<p align="center">INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Formular, conducir y evaluar la política nacional en materia de ecología y protección del medio ambiente. ❖ Formular y conducir la política general en materia de residuos peligrosos y riesgo ambiental. ❖ Evaluar, dictaminar y resolver sobre los estudios de riesgo ambiental y dictaminar los programas de contingencia ambiental. ❖ Otorgar permisos, concesiones, autorizaciones, licencias, dictámenes, resoluciones, constancias y registros de su competencia. ❖ Elaborar, promover y difundir tecnologías sobre la calidad ambiental de los procesos productivos. <p>(Artículo 54, Reglamento Interior de la SEMARNAP)</p>	<p align="center">PROCURADURÍA FEDERAL DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Vigilar el cumplimiento de la Ley. ❖ Imponer medidas técnicas y de seguridad y sanciones de su competencia. ❖ Emitir resoluciones, recomendaciones y dictámenes técnicos. ❖ Realizar auditorías y peritajes ambientales de actividades que por su naturaleza constituyan un riesgo para el ambiente y de la explotación, almacenamiento, transporte, producción, transformación, comercialización, uso y disposición de desechos y compuestos. <p>(Artículo 62, Reglamento Interior de la SEMARNAP)</p>
<p align="center">COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Establecer y vigilar las condiciones particulares de descarga de las aguas residuales. ❖ Promover medidas para evitar que residuos, materiales y sustancias tóxicas producto de las plantas de tratamiento contaminen aguas superficiales y el subsuelo. ❖ Promover, ejecutar y operar los servicios para la preservación, conservación y mejoramiento de la calidad del agua. <p>(Artículo 40 y 42, Reglamento Interior de la SEMARNAP)</p>	

Cuadro 3
Atribuciones de la Secretaría de Salud

<ul style="list-style-type: none"> ❖ Poner en práctica medidas tendientes a conservar salud y vida de los trabajadores del campo y ciudad. ❖ Actuar como autoridad sanitaria y ejercer sus facultades en materia de salubridad general. ❖ Vigilar el cumplimiento de la Ley General de Salud, sus reglamentos y demás disposiciones aplicables y ejercer la acción extraordinaria en materia de salubridad general. <p>(Artículo 39, LOAPP)</p>	
<p align="center">DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Ejercer el control y vigilancia sanitaria de los establecimientos que manejen agentes tóxicos o peligrosos que representan un riesgo para la salud. ❖ Expedir, revalidar o revocar las autorizaciones sanitarias respecto del proceso, importación, exportación y disposición final de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas o peligrosas para la salud. ❖ Establecer la clasificación y características de los plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas. <p>(Artículo 25, Reglamento Interior de la SSA)</p> <p align="center">DIRECCIÓN GENERAL DE MEDICINA PREVENTIVA</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Promover y apoyar la política nacional de prevención y control de enfermedades y riesgos a la salud. ❖ Establecer las bases técnicas, asesorar, supervisar y controlar los programas y acciones de prevención y control de enfermedades y riesgos a la salud. ❖ Apoyar el saneamiento básico y ocupacional. <p>(Artículo 25, Reglamento Interior de la SSA)</p>	<p align="center">DIRECCIÓN GENERAL DE CONTROL SANITARIO DE BIENES Y SERVICIOS</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Ejercer el control y vigilancia sanitaria, imponer sanciones y aplicar medidas de seguridad de las actividades, productos, establecimientos, equipos y servicios vinculados con el proceso, importación, exportación de alimentos, bebidas alcohólicas y no alcohólicas, productos de perfumería, belleza y aseo, tabaco, así como las materias primas y aditivos que intervengan en su elaboración. ❖ Elaborar y expedir NOM y determinar las especificaciones sanitarias del proceso, importación, exportación, instalaciones, servicios y equipos relacionados con los productos arriba mencionados. <p>(Artículo 13, Reglamento Interior de la SSA)</p>

Cuadro 4
Atribuciones de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social

<ul style="list-style-type: none"> ❖ Vigilar la observación y aplicación de la Ley Federal del Trabajo y sus reglamentos. ❖ Estudiar y ordenar las medidas de seguridad e higiene industriales para la protección de los trabajadores y vigilar su cumplimiento. <p>(Artículo 40, LOAPF)</p>	
<p>DIRECCIÓN GENERAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Proponer adecuaciones a la regulación sobre seguridad e higiene. ❖ Promover la mejoría de las condiciones físicas y ambientales en que se desempeña el trabajo. ❖ Promover la organización, registro y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene. ❖ Promover en las empresas el desarrollo de los servicios preventivos de seguridad e higiene; proporcionar asesoría y promover la capacitación de los especialistas y técnicos. ❖ Elaborar, organizar, desarrollar y evaluar programas y campañas de seguridad e higiene en el trabajo, mejoramiento del ambiente laboral y prevención de accidentes en el trabajo a nivel local, regional o nacional. ❖ Realizar investigaciones y estudios para adecuar las tablas de enfermedades del trabajo y adecuar o expedir NOM relativas a agentes físicos y químicos. <p>(Artículo 22, Reglamento Interior de la STPS)</p>	<p>DIRECCIÓN GENERAL DE INSPECCIÓN FEDERAL DEL TRABAJO</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Vigilar el cumplimiento de las normas de trabajo contenidas en la Constitución, tratados, y acuerdos internacionales, la LFT y sus reglamentos, normas oficiales mexicanas, instructivos, convenios, acuerdos y contratos de trabajo. ❖ Programar, ordenar, y practicar las inspecciones. ❖ Vigilar el funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene. ❖ Señalar los plazos en que deben cumplirse las medidas de seguridad e higiene contenidas en las actas de inspección. ❖ Asesorar a trabajadores y patronos sobre la manera más efectiva de cumplir las normas de trabajo. <p>(Artículo 21, Reglamento Interior de la STPS)</p>

Cuadro 5
Atribuciones de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural

<ul style="list-style-type: none"> ❖ Formular, conducir y evaluar la política general de desarrollo rural. ❖ Fomentar los programas y elaborar las NOM de sanidad vegetal y animal. ❖ Atender, coordinar, supervisar y evaluar las campañas de sanidad. ❖ Promover, coordinar y supervisar las actividades y servicios fitosanitarios. ❖ Dictaminar los límites máximos de residuos de plaguicidas. ❖ Dictaminar la efectividad biológica de los plaguicidas. <p>(Artículo 35, LOAPF y Artículo 7 de la Ley Federal de Sanidad Vegetal)</p>
<p align="center">COMISIÓN NACIONAL DE SANIDAD AGROPECUARIA</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Establecer y expedir permisos, licencias, certificados, dictámenes y cualquier otro instrumento de regulación fitosanitaria. ❖ Normar, en coordinación con las dependencias competentes, la expedición de documentos para el registro e importación de plaguicidas de uso agrícola, así como normar y supervisar su uso. ❖ Normar y regular la importación y movilización de productos químicos agropecuarios. ❖ Aprobar a los profesionistas fitozoosanitarios. ❖ Elaborar en colaboración con las dependencias competentes, los proyectos de normas oficiales para la aplicación de plaguicidas. ❖ Fomentar los programas de sanidad agropecuaria. ❖ Atender, coordinar, supervisar y evaluar las campañas de sanidad. <p>(Artículo 47, Reglamento Interior de la SAGDR)</p>

Cuadro 6
Atribuciones de otras dependencias federales

SECRETARÍA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Formular y conducir la política general de industria y de comercio exterior. ❖ Regular y orientar las transferencias de tecnología y la modernización tecnológica de la industria. ❖ Promover y autorizar los registros nacionales de parques y zonas industriales. ❖ Estudiar, proyectar, establecer y modificar medidas de regulación y restricción no arancelaria a la exportación, importación, circulación y tránsito de mercancías. ❖ Expedir las disposiciones de carácter administrativo para el cumplimiento de los tratados y convenios internacionales en materia comercial de los que México sea parte. <p>(Artículo 34 de la LOAPF; Artículos 21 y 25 del Reglamento Interior de la SECOFI; 5 de la Ley de Comercio Exterior)</p>
SECRETARÍA DE LA DEFENSA NACIONAL
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Fabricar y controlar las armas de fuego y explosivos destinados al Ejército y Fuerza Aérea. ❖ Concentrar y almacenar las armas de fuego y explosivos que incauta conforme a lo establecido por la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos (LFAFE). ❖ Controlar y vigilar las actividades y operaciones industriales y comerciales que se realicen con armas, municiones, explosivos, artificios y sustancias químicas. <p>(Artículo 1 de la Ley Orgánica del Ejército y Fuerza Aérea Mexicanos y Artículo 37 de la LFAFE)</p>
SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Realizar la vigilancia técnica del funcionamiento y operación de los ferrocarriles. ❖ Planear, formular y conducir las políticas y programas para el desarrollo de los servicios de autotransporte federal y sus servicios auxiliares. ❖ Regular el autotransporte de materiales, residuos, remanentes y desechos peligrosos que circulen en vías generales de comunicación. <p>(Artículo 36, LOAPF; Artículos 5 y 50 de la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal)</p>

Fuente: Programa para la Minimización y Manejo Integral de Residuos Industriales Peligrosos en México 1996-2000. SEMARNAP. Edición a cargo de INE-SEMARNAP. México. 1996.

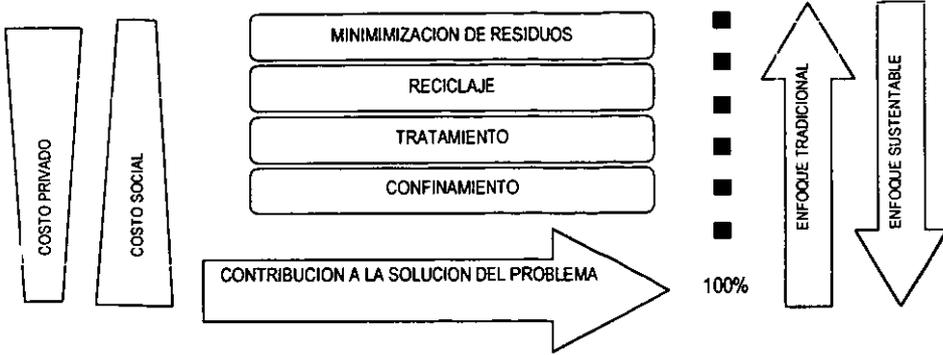
2.6. ORIENTACIONES Y PRINCIPIOS A SEGUIR PARA EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS.

El tomar decisiones para el control de los residuos peligrosos, tiene implicaciones técnicas, económicas y jurídicas, que necesariamente deben estar dirigidos basándose en los siguientes principios ⁽⁵⁾:

- ❖ Promover la minimización de la cantidad de residuos peligrosos y los riesgos inherentes a su manejo y disposición final, básicamente, promoviendo cambios hacia procesos y tecnologías cada vez más limpios y eficientes.
- ❖ Fomentar la recuperación de material secundario, principalmente para su reciclaje ó su disposición final controlada cuando tal reciclaje no sea posible ó económicamente viable.
- ❖ Asegurar una adecuada internalización de los costos ambientales en la generación y manejo de residuos.
- ❖ Favorecer la participación y coordinación estrecha entre la autoridad regulatoria y las empresas involucradas en el manejo y disposición de residuos peligrosos.

Deben orientarse las prácticas para el manejo de los residuos peligrosos dando prioridad a las acciones de minimización y reciclaje sobre las orientadas a tratarlos y confinarlos, como se muestra en el siguiente esquema, el cual establece las prioridades a considerar para el control de los residuos peligrosos.

*Generación y demanda.
Lineamientos y políticas de control*



Fuente: Programa para la Minimización y Manejo Integral de Residuos Industriales Peligrosos en México 1996-2000. SEMARNAP. Edición a cargo de INE-SEMARNAP. México. 1996.

La solución más racional es, sin duda, evitar la generación del residuo, por medio de la aplicación de las llamadas tecnologías limpias que posibilitan la corrección del problema en su origen. En el otro extremo de la gama de soluciones posibles, está el tradicional manejo que se les da a los residuos peligrosos, a través de tecnologías de tratamiento y confinamiento. En esta solución, de costo aparentemente más reducido, no se considera todavía el costo diferido de la rehabilitación futura de áreas que pueden contaminarse con los materiales desechados y que constituyen un pasivo ambiental para la fuente generadora del residuo. La escala de prioridades para el control de los residuos peligrosos, se da a continuación ⁽⁵⁾:

PREVENCION. La prevención de la generación de residuos es una opción en nuevas industrias ó en el rediseño de procesos. Si se trata de una industria que intenta exportar sus productos, el empleo de tecnologías limpias, es decir, tecnologías que posibilitan una producción sin generación de residuos, va a facilitar su certificación futura por el sistema de normas ISO 14000. Estas normas, muy pronto se considerarán indispensables para los productos manufacturados de exportación por industrias potencialmente contaminantes.

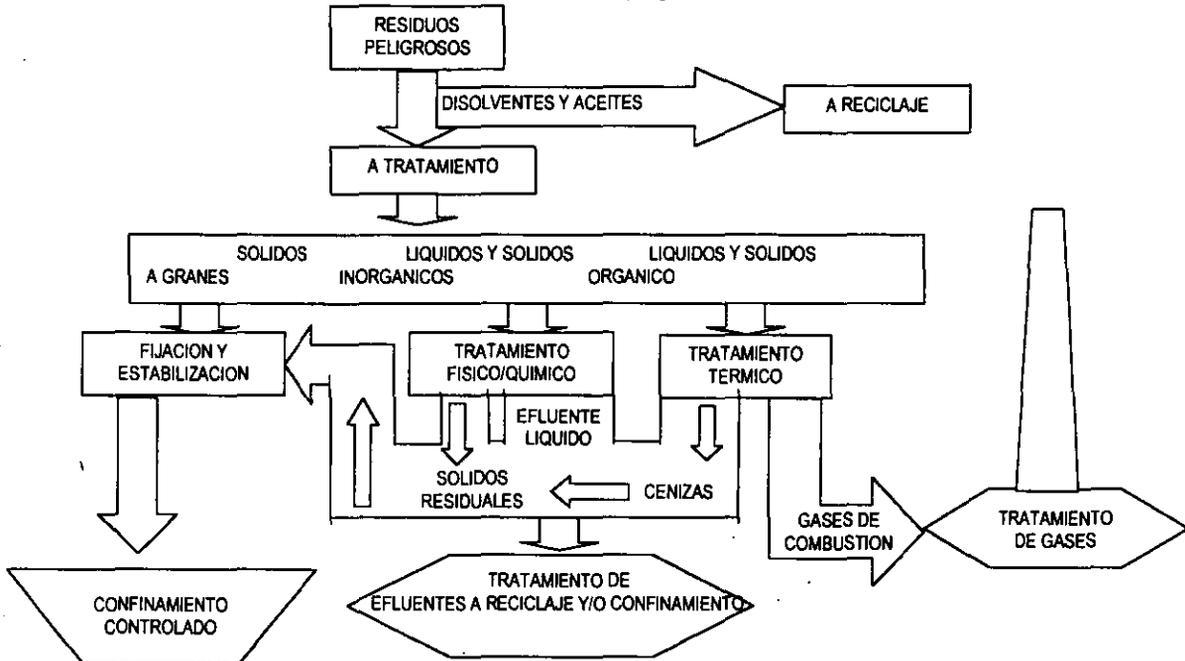
REDUCCION. La reducción de la generación se alcanza normalmente por dos vías: ó bien se utilizan materias primas e insumos más puros y adecuados que generen menos desechos, ó se instalan sistemas de control de producción que reduzcan los desperdicios innecesarios. Además, los Programas de Calidad Total (TQM) adoptados por las industrias si bien se orientan hacia la calidad del producto, contribuyen también a la calidad ambiental, cuando reducen las pérdidas de materiales en la producción.

RECICLAJE. El reciclaje es otro enfoque aplicable a los residuos peligrosos generados por algunas industrias. Gracias al reciclaje de ciertos materiales contenidos en los residuos, es posible absorber por lo menos una parte de los costos de producción a través de la valorización de subproductos. Se logra así una ganancia adicional para la empresa generadora del residuo y se reducen sus costos totales contribuyendo a la protección ambiental. En muchos casos es posible la reutilización interna de residuos que, después de pasar por un proceso de purificación, pueden utilizarse como materias primas.

TRATAMIENTO. Los tratamientos físico-químicos de residuos peligrosos, incluyendo la destrucción térmica, son otra posibilidad para reducir la cantidad de materiales contaminados para los cuales no es viable aplicar las soluciones antes descritas.

CONFINAMIENTO. Finalmente, la solución aparentemente más simple y frecuentemente más económica, son los confinamientos controlados, los cuales representan una alternativa para disponer las cenizas de los incineradores, los materiales de otros sistemas de tratamiento, así como algunos residuos que no tienen ninguna posibilidad de reciclaje.

Diagrama conceptual para el manejo integral y aprovechamiento de los residuos peligrosos



Fuente: Programa para la Minimización y Manejo Integral de Residuos Industriales Peligrosos en México 1996-2000. SEMARNAP. Edición a cargo de INE-SEMARNAP. México. 1996.

Es impostergable establecer las condiciones para un manejo seguro de los mismos que busque promover su aprovechamiento y reuso, ó bien su estabilización para generar las condiciones de su confinamiento definitivo. Las normas en este plano deben inducir a los actores a un proceso de búsqueda de minimización de sustancias que generen residuos peligrosos y cuando ello no sea posible, buscar un balance eficiente tecnológica y económicamente entre el reuso, el reciclaje, la destrucción y el confinamiento.

2.7 DERECHO AMBIENTAL INTERNACIONAL

Entre el 26 y el 28 de Mayo de 1993, el Banco Interamericano de Desarrollo, conjuntamente con el Ministerio de Relaciones Exteriores de Chile, llevo a cabo el "Seminario sobre Derecho Ambiental y Legislación en América Latina y el Caribe: Ejecución del Programa 21 y las Convenciones Ambientales Internacionales". El objetivo fue convocar un

foro donde expertos jurídicos en el campo del medio ambiente pudiesen explorar y examinar los retos que la Agenda 21 y otras importantes convenciones conllevaban ⁽⁴⁾.

Dentro de los temas que se trataron, a continuación se presentarán los temas referentes a Materiales y Residuos Peligrosos.

2.7.1. DECLARACIÓN DE RÍO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE Y EL DESARROLLO.

(Aprobada durante la 19ª sesión plenaria por Resolución 1, del 14 de junio de 1992, de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo).

En esta Declaración se dan 27 principios con el objetivo de establecer una alianza mundial mediante la creación de nuevos niveles de cooperación entre los Estados, sectores clave de la sociedad y las personas, procurando alcanzar acuerdos internacionales en los que se respeten los intereses de todos y se proteja la integridad del sistema ambiental y de desarrollo mundial ⁽⁴⁾.

Los principios que nos conciernen de acuerdo a la temática tratada son los siguientes:

PRINCIPIO 2. De conformidad con la Carta de las Naciones Unidas y los principios del derecho internacional, los Estados tienen el derecho soberano de aprovechar sus propios recursos según sus propias políticas ambientales y de desarrollo y la responsabilidad de velar por que las actividades realizadas dentro de su jurisdicción ó bajo su control no causen daños al medio ambiente de otros Estados ó de zonas que estén fuera de los límites de la jurisdicción nacional.

PRINCIPIO 3. El derecho al desarrollo debe ejercerse en forma tal que responda equitativamente a las necesidades de desarrollo y ambientales de las generaciones presentes y futuras.

PRINCIPIO 4. A fin de alcanzar el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente deberá constituir parte integrante del proceso de desarrollo y no podrá considerarse en forma aislada.

PRINCIPIO 10. El mejor modo de tratar las cuestiones ambientales es con la participación de todos los ciudadanos interesados, en el nivel que corresponda. En el plano nacional, toda persona deberá tener acceso adecuado a la información sobre el medio ambiente de que dispongan las autoridades públicas, incluida la información sobre los materiales y las actividades que encierran peligro en sus comunidades, así como la oportunidad de participar en los procesos de adopción de decisiones. Los Estados deberán facilitar y fomentar la sensibilización y la participación de la población poniendo la información a disposición de todos. Deberá proporcionarse acceso efectivo a los procedimientos judiciales y administrativos, entre éstos el resarcimiento de daños y los recursos pertinentes.

PRINCIPIO 11. Los Estados deberán promulgar leyes eficaces sobre el medio ambiente. Las normas, los objetivos de ordenación y las prioridades ambientales deberían reflejar el contexto ambiental y de desarrollo al que se aplican. Las normas aplicadas por algunos países pueden resultar inadecuadas y representar un costo social y económico injustificado para otros países, en particular los países en desarrollo.

PRINCIPIO 13. Los Estados deberán desarrollar la legislación nacional relativa a la responsabilidad y la indemnización respecto a las víctimas de la contaminación y otros daños ambientales. Los estados deberán cooperar asimismo de manera expedita y más decidida en la elaboración de nuevas leyes internacionales sobre

responsabilidad e indemnización por los efectos adversos de los daños ambientales causados por las actividades realizadas dentro de su jurisdicción, ó bajo su control, en zonas situadas fuera de su jurisdicción.

PRINCIPIO 14. Los Estados deberían cooperar efectivamente para desalentar ó evitar la reubicación y la transferencia a otros Estados de cualesquiera actividad y sustancias que causen degradación ambiental grave ó se consideren nocivas para la salud humana.

PRINCIPIO 16. Las autoridades nacionales deberían procurar fomentar la internalización de los costos ambientales y el uso de instrumentos económicos, teniendo en cuenta el criterio de que el que contamina debe, en principio, cargar con los costos de la contaminación, teniendo debidamente en cuenta el interés público y sin distorsionar el comercio ni las inversiones internacionales.

PRINCIPIO 17. Deberá emprenderse una evaluación del impacto ambiental, en calidad de instrumento nacional, respecto de cualquier actividad propuesta que probablemente haya de producir un impacto negativo considerable en el medio ambiente y que esté sujeta a la decisión de una autoridad nacional competente.

PRINCIPIO 19. Los Estados deberán proporcionar la información pertinente, y notificar previamente y en forma oportuna, a los Estados que posiblemente resulten afectados por actividades que puedan tener considerables efectos ambientales transfronterizos adversos, y deberán celebrar consultas con esos Estados en una fecha temprana y de buena fe.

PRINCIPIO 25. La paz, el desarrollo y la protección del medio ambiente son interdependientes e inseparables.

2.7.2. PROGRAMA 21. ESTABLECIMIENTO DE UN MARCO JURÍDICO Y REGLAMENTARIO EFICAZ.

(Aprobado en su 19ª sesión plenaria por Resolución 1 de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Río de Janeiro, Brasil, 14 de junio de 1992)

Agenda 21, es el plan de acción sobre desarrollo ambiental, social y económico sustentable que fue aprobado durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD), que tuvo lugar en Río de Janeiro, Brasil en junio de 1992 ⁽⁴⁾. Además de aprobar la Agenda 21, los gobiernos presentes en la CNUMAD tomaron otras medidas concretas en aras del desarrollo del derecho ambiental internacional. Entre otras cosas, la Declaración de Río sobre Medio ambiente y Desarrollo.

Las decisiones tomadas por los gobiernos participantes en la CNUMAD y reflejadas en Agenda 21 constituyen un plan a largo plazo en cuanto a la acción global, regional y nacional necesaria para la incorporación del rubro del medio ambiente en el proceso de desarrollo económico y social. La ejecución de Agenda 21 significa cambios radicales en las instituciones y las políticas de los países. Además, presupone la creación de un marco jurídico e institucional adecuado en cada país como requisito fundamental para alcanzar los objetivos trazados en ella.

Un detalle importante es que la promulgación y aplicación de las leyes y reglamentos en el plano nacional, estatal, provincial y municipal son también indispensables para aplicar la mayoría de los acuerdos internacionales relacionados con el medio ambiente y el desarrollo, como lo demuestra la obligación que frecuentemente se suele incluir en los tratados de informar acerca de las medidas legislativas.

OBJETIVOS. El objetivo general consiste en promover, de conformidad con las condiciones particulares de cada país, la integración de las políticas de medio ambiente y desarrollo mediante la formulación de leyes, reglamentos,

instrumentos y mecanismos coercitivos adecuados a nivel nacional, estatal, provincial y local. Para ello se planea el difundir información sobre innovaciones jurídicas y reglamentos eficaces en lo correspondiente al medio ambiente y el desarrollo, y con esto, fomentar su mayor utilización; Prestar asistencia a los países que lo soliciten para modernizar y fortalecer el marco legislativo y reglamentario, teniendo en cuenta los valores sociales y las infraestructuras locales; Alentar la formulación y ejecución de programas que evalúen y promuevan el cumplimiento de las leyes y responda en forma adecuada al incumplimiento.

ACTIVIDADES. Aumento de la efectividad de las leyes y reglamentos. Los Gobiernos, con la asistencia de las organizaciones internacionales competentes, deberán evaluar periódicamente sus leyes, reglamentos y mecanismos institucionales, en relación con el medio ambiente y el desarrollo sostenible, con miras a hacerlos eficaces en la práctica. Los programas que se formulen deberán incluir la promoción de la conciencia del público, preparación y distribución de material de orientación y la capacitación especializada, mediante cursos, seminarios y conferencias de funcionarios públicos encargados de formular, aplicar, vigilar y hacer cumplir las leyes y reglamentos.

Establecimiento de procedimientos judiciales y administrativos. Los gobiernos y los legisladores, con el apoyo de las organizaciones internacionales competentes deberán establecer procedimientos judiciales y administrativos de indemnización y reparaciones en los casos de actos que afectaran el medio ambiente y el desarrollo.

Suministro de información jurídica y servicios de apoyo. Las organizaciones intergubernamentales y no gubernamentales competentes podrían cooperar para facilitar a los gobiernos y a los legisladores que lo soliciten un programa integrado de servicios de información jurídica en materia de medio ambiente y desarrollo, adaptado esencialmente a las necesidades particulares de los ordenamientos jurídicos y administrativos del país receptor.

Establecimiento de una red de cooperación para la capacitación en derecho del desarrollo sostenible. Las instituciones internacionales y universitarias competentes podrían dar capacitación que abarcaría la aplicación y el mejoramiento progresivo de las leyes vigentes.

Elaboración de programas nacionales eficaces para el examen y el cumplimiento de leyes nacionales, estatales, provinciales y locales sobre el medio ambiente y el desarrollo. Cada país debería formular estrategias integradas para llevar a su máxima expresión el cumplimiento de sus leyes y reglamentos relacionados con el desarrollo sostenible, con asistencia de las organizaciones internacionales y de otros países, según procediera. Las estrategias deben incluir: Leyes, reglamentos y normas que puedan hacerse cumplir y se basen en principios económicos, sociales y ecológicos racionales y en la evaluación adecuada de los riesgos, e incorporen sanciones destinadas a castigar las violaciones, obtener compensaciones e impedir violaciones futuras.

2.7.3. METAS Y PRINCIPIOS DE LA EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL

(Adoptada por decisión 14/25, del Consejo de Administración del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), del 17 de junio de 1987)

La evaluación del impacto ambiental es el examen, análisis y evaluación de una actividad planeadas con miras a lograr un desarrollo que desde el punto de vista del medio ambiente sea adecuado y sostenible ⁽⁴⁾.

PRINCIPIO 1. Los Estados (incluidas sus autoridades competentes) no deben emprender ni autorizar actividades sin considerar previamente, lo antes posible, sus efectos ambientales. Si el alcance, naturaleza y ubicación de una

actividad propuesta son tales que pueden afectar considerablemente al medio ambiente, debe realizarse una evaluación completa del impacto ambiental de conformidad con los principios siguientes.

PRINCIPIO 2. Los criterios y procedimientos para determinar si es probable que una actividad afecte considerablemente al medio ambiente y esté por tanto sujeta a una evaluación del impacto ambiental deben quedar claramente definidos por leyes, reglamentos u otros medios, de modo que puedan identificarse las actividades en cuestión con rapidez y seguridad y que pueda emprenderse la evaluación del impacto ambiental cuando se planifique la actividad.

PRINCIPIO 3. En el proceso de evaluación del impacto ambiental deben identificarse y estudiarse las cuestiones ambientales pertinentes que sean importantes. En su caso, se debe hacer todo lo posible para identificar estas cuestiones en una fase temprana del proceso.

PRINCIPIO 4. La evaluación del impacto ambiental debe incluir como mínimo lo siguiente:

- ❖ Una descripción de la actividad propuesta.
- ❖ Una descripción del medio ambiente que pueda resultar afectado, incluyendo la información específica necesaria para determinar u evaluar los efectos ambientales de la actividad propuesta.
- ❖ Una descripción, en su caso, de las alternativas posibles.
- ❖ Una evaluación de los impactos ambientales probables ó potenciales de la actividad y de sus alternativas, incluidos los efectos directos, indirectos, acumulativos, a corto y largo plazo.
- ❖ La identificación y descripción de las medidas disponibles para atenuar los impactos ambientales perjudiciales de la actividad propuesta y de sus alternativas, y una evaluación de esas medidas.
- ❖ Una identificación de la falta de conocimientos y de las incertidumbres experimentadas en la recopilación de la información necesaria.
- ❖ Una indicación de si el medio ambiente de cualquier otro Estado ó de zonas que estén fuera de jurisdicción nacional pueden resultar afectados por la actividad propuesta ó por sus alternativas.
- ❖ Un breve resumen no técnico de la información proporcionada con arreglo a los apartados anteriores.

PRINCIPIO 5. En una evaluación del impacto ambiental, los efectos ambientales deben estimarse con un detalle proporcional a su importancia probable para el medio ambiente.

PRINCIPIO 6. La información proporcionada como parte de la evaluación del impacto ambiental debe ser examinada imparcialmente antes de la decisión.

PRINCIPIO 7. Antes de tomar una decisión sobre una actividad, debe darse la oportunidad de hacer observaciones sobre la evaluación del impacto ambiental a los organismos gubernamentales, los expertos en las disciplinas pertinentes y los grupos interesados.

PRINCIPIO 8. No debe adaptarse una decisión sobre si debe autorizarse o emprenderse una actividad propuesta hasta que haya transcurrido un plazo apropiado para examinar las observaciones que se hagan de conformidad con los principios 7 y 12.

PRINCIPIO 9. La decisión sobre cualquier actividad propuesta que sea objeto de una evaluación del impacto ambiental debe consignarse por escrito, indicando las razones en que se base, e incluir las disposiciones, si las hay,

destinadas a prevenir, reducir o mitigar los daños al medio ambiente. Esa decisión debe estar a la disposición de las personas ó grupos interesados.

PRINCIPIO 10. Cuando esté justificado, después de una decisión sobre una actividad que haya sido sometida a una evaluación del impacto ambiental, la actividad y sus efectos sobre el medio ambiente ó las disposiciones que, en cumplimiento del principio 9, acompañen a la decisión sobre la actividad, deben ser objeto de la supervisión apropiada.

PRINCIPIO 11. Los Estados deben tratar de concertar acuerdo bilaterales, regionales ó multilaterales, según proceda, en los que se establezcan, sobre la base de la reciprocidad, disposiciones para la notificación, el intercambio de información y las consultas acordadas sobre el impacto ambiental potencial de las actividades sometidas a su control ó su jurisdicción que puedan afectar considerablemente a otros Estados o a zonas situadas fuera de la jurisdicción nacional.

PRINCIPIO 12. Cuando la información proporcionada como parte de una evaluación del impacto ambiental indique que una actividad propuesta puede afectar considerablemente al medio ambiente de otro Estado, el Estado en el que se esté planeando la actividad debe, en la medida de lo posible:

- ❖ Notificar al Estado potencialmente afectado la actividad propuesta.
- ❖ Transmitir al Estado potencialmente afectado cualquier información pertinente que se haya obtenido con la evaluación del impacto ambiental y cuya transmisión no esté prohibida por las leyes o reglamentos nacionales.
- ❖ Cuando esté acordado entre los Estados interesados, celebrar consultas oportunamente.

Principio 13. Deben adoptarse las medidas apropiadas para asegurar el cumplimiento de los principios de evaluación del impacto ambiental.

2.7.4. CONVENIO DE BASILEA SOBRE EL CONTROL DE LOS MOVIMIENTOS TRANSFRONTERIZOS DE LOS DESECHOS PELIGROSOS Y SU ELIMINACIÓN.

(Adoptado en Basilea, Suiza, el 22 de marzo de 1989).

Conscientes de que los desechos peligrosos y otros desechos y sus movimientos transfronterizos pueden causar daños a la salud humana y al medio ambiente y teniendo presente que la manera más eficaz de proteger la salud humana y el medio ambiente contra los daños que entrañan tales desechos consiste en reducir su generación al mínimo desde el punto de vista de la cantidad y los peligros potenciales, los Estados tienen la obligación de velar por que el generador cumpla sus funciones con respecto al transporte y a la eliminación de los desechos peligrosos y otros desechos de forma compatible con la protección de la salud humana y del medio ambiente, sea cual fuere el lugar en que se efectúe la eliminación, además reconociendo el creciente deseo de que se prohíban los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación en otros Estados, en particular en los países en desarrollo y teniendo en cuenta que los movimientos transfronterizos de tales desechos desde el Estado en que se hayan generado hasta cualquier otro Estado deben permitirse solamente cuando se realicen en condiciones que no representen peligro para la salud humana y el medio ambiente, y en condiciones que se ajusten a lo dispuesto en el presente Convenio y que los Estados deben adoptar medidas para el adecuado intercambio de información sobre los

movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y otros desechos que salen de esos Estados ó entran en ellos y que los Estados han de cumplir sus obligaciones internacionales relativas a la protección de la salud humana y a la protección y conservación del medio ambiente y son responsables de los daños de conformidad con el derecho internacional, se ha acordado lo siguiente ⁽⁴⁾:

OBLIGACIONES GENERALES. Artículo 4.

1. Cada Parte tomará las medidas apropiadas para:
 - ❖ Reducir al mínimo la generación de desechos peligrosos y otros desechos en ella, teniendo en cuenta los aspectos sociales, tecnológicos y económicos.
 - ❖ Establecer instalaciones adecuadas de eliminación para el manejo ambientalmente racional de los desechos peligrosos y otros desechos, cualquiera que sea el lugar donde se efectúa su eliminación que, en la medida de lo posible, estará situado dentro de ella.
 - ❖ Velar por que las personas que participen en el manejo de los desechos peligrosos y otros desechos dentro de ella adopten las medidas necesarias para impedir que ese manejo dé lugar a una contaminación y en caso de que se produzca ésta, para reducir al mínimo sus consecuencias sobre la salud humana y el medio ambiente.
 - ❖ Velar por que el movimiento transfronterizo de los desechos peligrosos y otros desechos se reduzca al mínimo compatible con un manejo ambientalmente racional y eficiente de esos desechos, y que se lleve a cabo de forma que se protejan la salud humana y el medio ambiente de los efectos nocivos que puedan derivarse de ese movimiento.
 - ❖ No permitir la exportación de desechos peligrosos y otros desechos a un Estado ó grupo de Estados pertenecientes a una organización de integración económica y/o política que sean Partes, particularmente a países en desarrollo, que hayan prohibido en su legislación todas las importaciones, ó si tienen razones para creer que tales desechos no serán sometidos a un manejo ambientalmente racional, de conformidad con los criterios que adopten las Partes en su primera reunión.
 - ❖ Exigir que se proporcione información a los Estados interesados sobre el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos y otros desechos propuesto, con arreglo a lo dispuesto en el Anexo VA del Convenio, para que se declaren abiertamente los efectos del movimiento propuesto sobre la salud humana y el medio ambiente.
 - ❖ Impedir la importación de desechos peligrosos y otros desechos si tiene razones para creer que tales desechos no serán sometidos a un manejo ambientalmente racional.
 - ❖ Cooperar con otras Partes y organizaciones interesadas directamente y por conducto de la Secretaria en actividades como la difusión de información sobre los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y otros desechos, a fin de mejorar el manejo ambientalmente racional de esos desechos e impedir su tráfico ilícito.
2. Las Partes considerarán que el tráfico ilícito de desechos peligrosos y otros desechos es delictivo.
3. Toda Parte adoptará las medidas jurídicas, administrativas y de otra índole que sean necesarias para aplicar y hacer cumplir las disposiciones del presente Convenio, incluyendo medidas para prevenir y reprimir los actos que lo contravengan.

4. Ninguna Parte permitirá que los desechos peligrosos y otros desechos se exporten a un Estado que no sea Parte o se importen de un Estado que no sea Parte.
5. Las Partes acuerdan no permitir la exportación de desechos peligrosos y otros desechos para su eliminación.
6. Además, toda Parte:
 - ❖ Prohibirá a todas las personas sometidas a su jurisdicción nacional el transporte ó la eliminación de desechos peligrosos y otros desechos, a menos que esas personas estén autorizadas ó habilitadas para realizar ese tipo de operaciones.
 - ❖ Exigirá que los desechos peligrosos y otros desechos que sean objeto de un movimiento transfronterizo se embalen, etiqueten y transporten de conformidad con los reglamentos y normas internacionales generalmente aceptados y reconocidos en materia de embalaje, etiquetado y transporte y teniendo debidamente en cuenta los usos internacionalmente admitidos al respecto.
 - ❖ Exigirá que los desechos peligrosos y otros desechos vayan acompañados de un documento sobre el movimiento desde el punto en que se inicie el movimiento transfronterizo hasta el punto en que se eliminen los desechos.
7. Toda Parte exigirá que los desechos peligrosos y otros desechos que se vayan a exportar, sean manejados de manera ambientalmente racional en el Estado de importación y en los demás lugares. En su primera reunión las Partes adoptarán directrices técnicas para el manejo ambientalmente racional de los desechos sometidos a este Convenio.
8. Las Partes tomarán las medidas apropiadas para que sólo se permita el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos y otros desechos si:
 - ❖ El Estado de exportación no dispone de la capacidad técnica ni de los servicios requeridos o de lugares de eliminación adecuados a fin de eliminar los desechos de que se trate de manera ambientalmente racional y eficiente.
 - ❖ Los desechos de que se trate son necesarios como materias primas para las industrias de reciclado o recuperación en el Estado de importación.
 - ❖ El movimiento transfronterizo de que se trate se efectúa de conformidad con otros criterios que puedan decidir las Partes, a condición de que esos criterios no contradigan los objetivos de este Convenio.
9. En ninguna circunstancia podrá transferirse a los Estados de importación ó de tránsito la obligación que incumbe, con arreglo a este Convenio, a los Estados en los cuales se generan desechos peligrosos y otros desechos de exigir que tales desechos sean manejados en forma ambientalmente racional.
10. Nada de lo dispuesto en el presente Convenio impedirá que una Parte imponga exigencias adicionales que sean conformes a las disposiciones del presente Convenio y estén de acuerdo con las normas del derecho internacional, a fin de proteger mejor la salud humana y el medio ambiente.
11. Nada de lo dispuesto en el presente Convenio afectará de manera alguna a la soberanía de los Estados sobre su mar territorial establecida de conformidad con el derecho internacional, ni a los derechos soberanos y la jurisdicción que poseen los Estados en sus zonas económicas exclusivas y en sus plataformas continentales de

conformidad con el derecho internacional, ni al ejercicio, por parte de los buques y las aeronaves de todos los Estados, de los derechos y libertades de navegación previstos en el derecho internacional y reflejados en los instrumentos internacionales pertinentes.

12. Las Partes se comprometen a estudiar periódicamente las posibilidades de reducir la cuantía y/o el potencial de contaminación de los desechos peligrosos y otros desechos que se exporten a otros Estados, en particular a países en desarrollo.

Referencias

- (1) Estadísticas del Medio Ambiente, México 1997, Informe de la Situación General en Material de equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente 1995-1996. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Editado por INEGI. México. 1998.
- (2) Objetivos de las Disposiciones Normativas Sobre el Confinamiento Controlado de los Residuos. Cristina Cortinas de Nava. Gaceta Ecológica. No. 47, Verano 1998.
- (3) Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (y disposiciones complementarias). Leyes y Códigos de México. Porrúa. 1998.
- (4) Los Residuos Peligrosos en México. Pérez García, Enrique (Compilador). Editores: Octavio Rivero Serrano, Guadalupe Ponciano Rodríguez, Simón González Martínez. UNAM, México. 1996.
- (5) Programa para la Minimización y Manejo Integral de Residuos Industriales Peligrosos en México 1996-2000. SEMARNAP. Edición a cargo de INE-SEMARNAP. México. 1996.
- (6) Programa para el Manejo Integral de los Residuos Industriales y Peligrosos en México 1996-2000. Instituto Nacional de Ecología. Gaceta Ecológica. No. 39, Verano 1996.
- (7) Lo que Usted Debe Saber Sobre Los Residuos y su Legislación. Cristina Cortinas de Nava, Yolandas Ordaz. Gaceta Ecológica. No. 39, Verano 1996.
- (8) Residuos Peligrosos en el Mundo y en México. Cortinas de Nava, Cristina. Secretaría de Desarrollo Social. México. 1993.
- (9) Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Residuos Peligrosos. Diario Oficial de la Federación. 25 noviembre 1988.
- (10) <http://www.semarnap.gob.mx>
- (11) <http://www.ine.gob.mx>
- (12) <http://cronos.cta.com.mx/cgi-bin/normas.sh/cgis/index.p>

TEMA 3

CLASIFICACION DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS

3.1. DEFINICION DE RESIDUO PELIGROSO.

El término residuo peligroso comenzó a aceptarse desde 1970, pero únicamente se usaba como sinónimo de residuo industrial especial ó residuo químico ⁽⁴⁾.

En México, en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, se definen los residuos peligrosos en el título 1º artículo 3º fracción XXXII, como: "Todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas infecciosas, representan un peligro para el equilibrio ecológico ó el ambiente". Todas estas características son identificadas como propiedades CRETIB de los residuos considerados de riesgo.

Uno de los países que más contribuyen a la generación y comercio internacional de productos químicos y con el cual México tiene un activo intercambio comercial es Estados Unidos de Norteamérica. Así que de manera comparativa, en E.U.A., la Agencia de Protección Ambiental, conocida como EPA, es la encargada de expedir las leyes que regulan el manejo de los residuos peligrosos desde la generación hasta su disposición final.

Después de estudios y una serie de modificaciones, se presenta una definición, muy precisa, extensa y rigurosa, la cual se presenta en el Código de Reglamentos Federales (Code of Federal Regulations) título 40, Volumen 17, Parte 261, secc. 261.3.

Un residuo se considera peligroso si ⁽⁴⁾:

1. No está incluido en las excepciones que establece en el Código de Reglamentos Federales (CFR) título 40, Volumen 17, Parte 261, secc. 261.4.
2. Exhibe alguna de las características de los residuos peligrosos en términos de inflamabilidad, corrosividad, reactividad o toxicidad, que se establecen en el Código de Reglamentos Federales (CFR) título 40, Volumen 17, Parte 261, secc. 261.20 a la 261.24. (subparte C).
3. Contiene cualquiera de los elementos que aparecen en la lista de constituyentes peligrosos que elaboró la EPA en el Código de Reglamentos Federales, título 40, Volumen 17, Parte 261, secc. 261.30 a la 261.35. (subparte D).

Para poder presentar adecuadamente la clasificación de residuos peligrosos, es necesario presentar primero las características que los hacen peligrosos.

3.2. CARACTERISTICAS QUE HACEN A UN RESIDUO PELIGROSO.

3.2.1 CARACTERISTICAS QUE HACEN A UN RESIDUO PELIGROSO EN MEXICO. NOM-052-ECOL-1993.

En México, la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993 (ANTES NOM-CRP-001-ECOL/93), establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por

su toxicidad al ambiente. Esta Norma es de orden público e interés social, así como de observancia obligatoria cuando se generen residuos a fin de identificar aquellos que sean peligrosos.

Se consideran peligrosos aquellos residuos que presentan una ó más de las siguientes características:

1. CORROSIVIDAD.

Un residuo se considera peligroso por su Corrosividad cuando:

- ❖ En estado líquido ó en solución acuosa presenta un pH menor ó igual a 2.0, ó mayor ó igual a 12.5.
- ❖ En estado líquido ó en solución acuosa y a una temperatura de 55°C es capaz de corroer el acero al carbón (SAE 1020), a una velocidad de 6.35 milímetros ó más por año.

2. REACTIVIDAD.

Un residuo se considera peligroso por su reactividad cuando:

- ❖ Bajo condiciones normales (25 °C y 1 atm), se combina ó polimeriza vigorosamente.
- ❖ En condiciones normales (25 °C y 1 atm), cuando se pone en contacto con agua en relación (residuo-agua) de 5:1, 5:3, 5:5 reaccionan violentamente formando gases, vapores ó humos.
- ❖ Bajo condiciones normales (25 °C y 1 atm), cuando se ponen en contacto con soluciones de pH: ácido (HCl 1.0 N) y básico (NaOH 1.0 N), en relación (residuo-solución) de 5:1, 5:3, 5:5 reacciona violentamente formando gases, vapores ó humos.
- ❖ Posee en su constitución cianuros ó sulfuros que cuando se exponen a condiciones de pH entre 2.0 y 12.5 pueden generar gases, vapores ó humos tóxicos en cantidades mayores a 250 mg de HCN/Kg de residuos ó 500 mg de H₂S/Kg de residuo.
- ❖ Es capaz de producir radicales libres.

3. EXPLOSIVIDAD.

Un residuo se considera peligroso por su explosividad cuando:

- ❖ Tiene una constante de explosividad igual ó mayor a la del dinitrobenzeno.
- ❖ Es capaz de producir una reacción ó descomposición detonante ó explosiva a 25°C y a 1.03 Kg/cm² de presión.

4. TOXICIDAD AL AMBIENTE.

Un residuo se considera peligroso por su toxicidad al ambiente:

- ❖ Cuando se somete a la prueba de extracción para toxicidad conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-053-ECOL-1993 (antes NOM-CRP-002-ECOL/1993), el lixiviado de la muestra representativa que contenga cualquiera de los constituyentes listados en las tablas 5, 6 y 7 (anexo 5) en concentraciones mayores a los límites señalados en dichas tablas.

5. INFLAMABILIDAD.

Un residuo se considera peligroso por su inflamabilidad cuando:

- ❖ En solución acuosa contiene más del 24% de alcohol en volumen.
- ❖ Es líquido y tiene un punto de inflamación inferior a 60°C.
- ❖ No es líquido, pero es capaz de causar fuego por fricción, absorción de humedad o cambios químicos espontáneos (a 25°C y a 1.03 Kg/cm²)

- ❖ Se trata de gases comprimidos inflamables o agentes oxidantes que estimulen la combustión

6. BIOLÓGICO-INFECTIOSO.

Un residuo se considera peligroso por sus características Biológico-Infeciosas cuando:

- ❖ Cuando el residuo contiene bacteria, virus u otros microorganismos con capacidad de infección.
- ❖ Cuando contiene toxinas producidas por microorganismos que causen efectos nocivos a seres vivos.

También se especifica en esta norma que la mezcla de un residuo peligroso de conformidad con la norma, con un residuo no peligroso será considerada residuo peligroso.

Para la determinación de las características a las que se refiere esta norma, se deberán llevar a cabo las pruebas y análisis previstos en las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes.

3.2.2. CARACTERÍSTICAS QUE HACEN A UN RESIDUO PELIGROSO EN E.U.A

Nuevamente, de manera comparativa en los E.U.A. la EPA definió en el título 40, Capítulo 1, secciones de la 261.20 a la 24, las siguientes características con las que se identifica a un residuo como peligroso (4):

1. INFLAMABILIDAD.

Un residuo sólido muestra la característica de inflamabilidad si una muestra representativa del residuo tiene alguna de las siguientes propiedades:

- ❖ Es un líquido ó solución acuosa que contiene como mínimo el 24% de alcohol en volumen y tiene su punto de ignición a una temperatura menor de 60°C (140°F), usando el método de prueba especificado en el estándar ASTM correspondiente.
- ❖ Sustancia no líquida que es capaz, bajo temperatura y presión estándar, de causar fuego por fricción, absorción de humedad ó cambios químicos espontáneos y, cuando ésta sustancia arde, lo hace en forma vigorosa y persistente constituyendo un peligro.
- ❖ Es un gas comprimido inflamable.
- ❖ Es un oxidante.
- ❖ A un residuo peligroso que muestra ser inflamable la EPA le asigna un código de residuo peligroso "D001"

2. CORROSIVIDAD.

Un residuo sólido es corrosivo si una muestra representativa tiene alguna característica de las que se enlistan a continuación:

- ❖ Que es acuoso y tiene un pH menor ó igual a 2 ó mayor ó igual a 12.5 determinado con un medidor de pH utilizando el método correspondiente.
- ❖ Que esté en estado líquido y sea capaz de corroer el acero al carbón a una velocidad mayor de 6.35 mm/año y a una temperatura de prueba de 55°C utilizando el método de determinación correspondiente.
- ❖ A un residuo peligroso que muestra ser corrosivo la EPA le asigna un código de residuo peligroso "D002"

3. REACTIVIDAD.

Un residuo sólido es corrosivo si una muestra representativa tiene alguna característica de las que se enlistan a continuación:

- ❖ Es una sustancia normalmente inestable y experimenta cambios violentos sin detonación.
- ❖ Reacciona violentamente con el agua.
- ❖ Forma una mezcla potencialmente explosiva cuando se mezcla con agua.
- ❖ Cuando se mezcla con agua, Genera gases tóxicos, vapores ó humos perjudiciales, en cantidad suficiente como para poner en peligro al ambiente y consecuentemente a la salud humana.
- ❖ Es un residuo que presenta cianuros y sulfuros, el cual cuando se expone a condiciones de pH entre 2 y 12.5, puede generar gases, vapores a humos tóxicos en cantidades suficientes como para poner en peligro al ambiente y consecuentemente a la salud humana.
- ❖ Es una sustancia que tiene la capacidad de detonar o explotar si está sujeto a una fuente de ignición o se calienta en confinamiento.
- ❖ Es una sustancia que tiene la capacidad de detonar o explotar a temperatura y presión estándar.
- ❖ Es un explosivo según la definición del CFR 49 parte 173.51, ó se clasifica como clase A como se define en el CFR 49 parte 173.53 ó clase B como se define en el CFR 49 parte 173.88.
- ❖ A un residuo peligroso que muestra ser reactivo la EPA le asigna un código de residuo peligroso "D003"

4. TOXICIDAD.

- ❖ Un residuo sólido es tóxico si al utilizar una muestra representativa del residuo y aplicarle el método de prueba 1311 que está dentro de "Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods," EPA Publicación SW-846, que está dentro de las referencias de la sección 260.11, contiene cualquiera de los contaminantes enlistados en la Tabla 1 (CFR 40 Parte 261 Secc. 261.24) a concentraciones iguales ó mayores que el valor respectivo dado en la tabla.
- ❖ Un residuo sólido que es tóxico, se le asigna un código de residuo peligroso por la EPA que se encuentra especificado en la tabla 1 y este código corresponde al contaminante tóxico encontrado en él.

La principal diferencia que cabe mencionar entre estos dos sistemas de clasificación consiste únicamente en definiciones más amplias de estas características, por parte de E.U.A.

3.3. CLASIFICACION DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS.

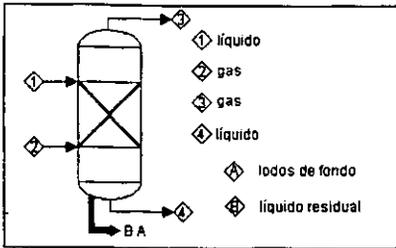
3.3.1. OPERACIONES Y PROCESOS UNITARIOS Y CLASIFICACION DE RESIDUOS POR SU ESTADO FISICO.

La industria comprende múltiples actividades propias de cada rama particular y debe entenderse como un sistema complejo de procesos, que al operar, utiliza innumerables materias primas y genera, en consecuencia, una gran variedad de residuos. Como ya se mencionó, durante los procesos industriales se tienen salidas intermedias en forma de residuos antes de obtener un producto final con valor de mercado positivo. Las fuentes principales de estos residuos están en los procesos de separación, transformación y purificación que deben aplicarse a las corrientes de materiales.

Cualquier proceso de transformación, separación ó purificación puede ser dividido en lo que la ingeniería denomina operaciones unitarias; muchas de ellas han sido estudiadas extensamente y están claramente definidas y descritas en la literatura técnica. Tales operaciones unitarias se insertan en diferentes procesos industriales manteniendo sus

principios básicos, aunque varíe en cada proceso su dinámica y la corriente de materiales. La caracterización de las operaciones unitarias permite entender la lógica de generación de residuos de manera integrada a los procesos industriales. A continuación se listan las principales operaciones y procesos unitarios y se describe el tipo de residuo que generan ⁽²⁾.

ABSORCION.



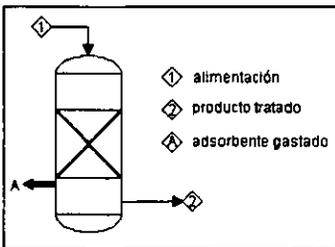
Es una operación unitaria ampliamente utilizada en la industria química para la purificación de corrientes gaseosas. En la absorción, uno ó varios de los gases presentes en una corriente gaseosa se disuelven en un líquido llamado absorbente. En la operación inversa, un gas disuelto en un líquido se remueve de éste poniendo la corriente en contacto con un gas inerte. Esta operación se llama desorción.

Los equipos más empleados son torres cilíndricas, que pueden ser:
de relleno ó empacadas
de etapas

Las torres de relleno son columnas cilíndricas verticales, las cuales están rellenas con pequeñas piezas llamadas empaque. Estas piezas sirven para aumentar el área de contacto entre la fase gaseosa y la líquida, lo cual facilita la absorción. Las torres de etapas son columnas cilíndricas que contienen en su interior una serie de platos perforados o con campanas de burbujeo que permiten el contacto íntimo de las fases líquida y gaseosa.

Los residuos que se generan en esta operación unitaria, son lodos que se sedimentan en el fondo de las torres al paso del tiempo, al igual que líquidos con componentes absorbidos.

ADSORCION.

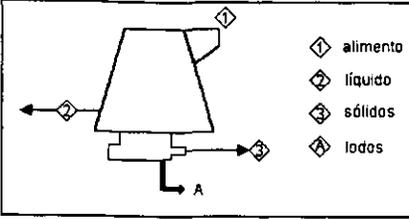


Es una operación de transferencia de masa. Comprende el contacto de líquidos ó gases con sólidos donde hay una separación de componentes de una mezcla líquida ó gaseosa por adherencia a la superficie del sólido. Es decir, se explota la capacidad especial de ciertos sólidos para hacer que sustancias específicas de una solución se concentren en su superficie.

Los equipos empleados en operaciones continuas son las torres empacadas ó con lecho fijo, en donde ocurre el contacto de la mezcla de líquidos con el adsorbente en el lecho, a través de mallas que impiden el paso de partículas del sólido adsorbente.

Los residuos en esta operación se encuentran generalmente en el fondo de los tanques como lodos de adsorbente gastado y contaminado.

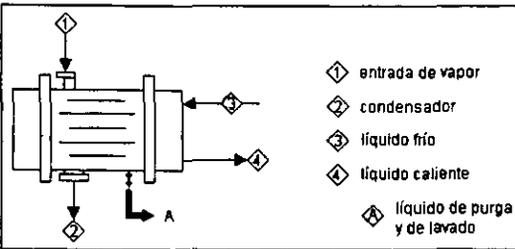
CENTRIFUGACION.



La centrifugación es la operación por la cual se utiliza la fuerza centrífuga para separar los líquidos de los sólidos. Esencialmente se trata de una filtración por gravedad en donde la fuerza que actúa sobre el líquido se incrementa enormemente utilizando la fuerza centrífuga. También puede aplicarse para efectuar la separación de líquidos inmiscibles.

La operación se efectúa en equipos llamados centrifugas, las cuales por ser muy semejantes a los filtros, generan los mismos residuos que, dependiendo del constituyente deseado, pueden ser sólidos ó líquidos residuales.

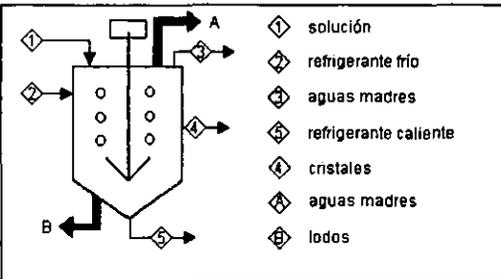
CONDENSACION.



La condensación es la operación por la cual se hace pasar una sustancia en forma de vapor, al estado líquido por medio de la transferencia de calor. La operación se realiza en equipos de forma cilíndrica ó cónica, llamados condensadores, que son simples cambiadores de calor, por los cuales fluyen otras sustancias con menor temperatura que absorberán energía del fluido caliente.

Los residuos se pueden generar de las purgas de los cambiadores de calor y de la limpieza de éstos, dando como resultado líquidos residuales.

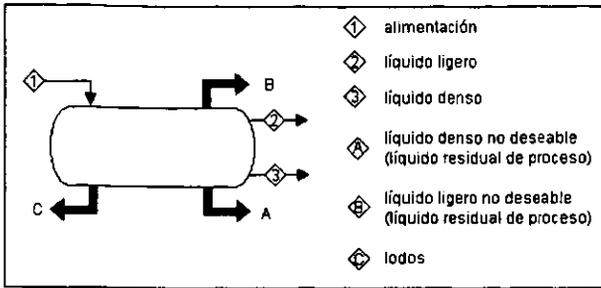
CRISTALIZACION.



La cristalización es una operación que consiste en obtener sólidos en forma cristalina a partir de una solución líquida saturada ⁽²⁾. El amplio uso de los materiales en forma de cristales está basado en el hecho de que un cristal que se ha formado a partir de una solución es puro en sí mismo, lo que es la base de un método práctico de obtención de sustancias químicas puras, las cuales, además se pueden almacenar y empaquetar de manera satisfactoria.

Los aparatos usados en esta operación se llaman cristalizadores. El principal objetivo de un cristalizador es, primero, crear una solución sobresaturada, y luego fomentar la creación y el crecimiento de los cristales. Las aguas madres del proceso y los líquidos residuales originados durante la limpieza de los equipos son los residuos que se generan de esta operación unitaria.

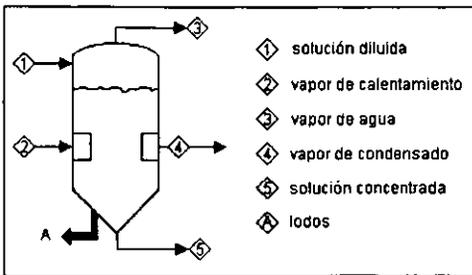
DECANTACION.



La decantación es una operación para separar líquidos de diferentes densidades, el proceso se lleva a cabo cuando los líquidos a separar reposan un lapso de tiempo para que se formen las dos fases; cuando se logra esto se abren las válvulas del decantador para separar el líquido más denso y el ligero.

Los residuos se generan cuando se da mantenimiento al equipo, así como cuando uno de los dos líquidos se desecha por no ser primordial en el proceso junto con sólidos suspendidos que sedimentan como lodos en el fondo del equipo al paso del tiempo.

EVAPORACION.

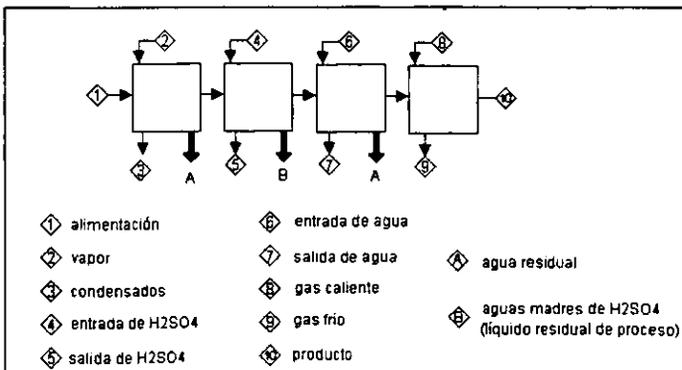


En esta operación es necesario dar calor a la disolución para que llegue a su temperatura de ebullición, y proporcionar el calor suficiente para que se evapore la disolución. Como medio de calentamiento se puede utilizar el vapor de agua, aunque también pueden utilizarse gases de combustión. En la evaporación, la disolución concentrada es el producto final deseado.

En la mayor parte de los evaporadores, el vapor pasa por el interior de tubos metálicos, mientras que la disolución pasa por el lado de coraza sin que se mezclen las dos corrientes.

Los posibles residuos generados en esta operación unitaria, están localizados en las purgas de limpieza y en líquidos residuales al momento de limpiarlos.

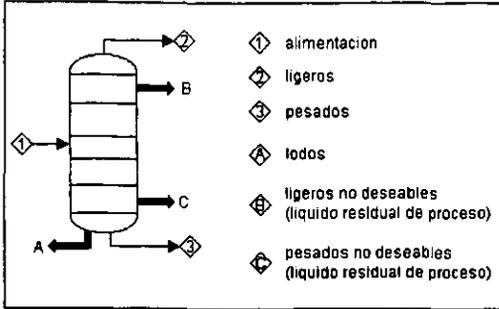
DECAPADO.



El decapado es la operación que tiene por objeto eliminar la capa incrustante de óxidos u otros materiales de las superficies metálicas. Consiste en la incandescencia e inmersión en un baño de ácido sulfúrico diluido de las materias a tratar, seguida de un baño de vapor, otro de ácido sulfúrico y por último de otro baño de agua para llegar a un secado.

Los residuos generados en esta operación unitaria son los líquidos residuales que contienen ácido sulfúrico y otras sustancias, sólidos disueltos así como lodos del proceso.

DESTILACION.



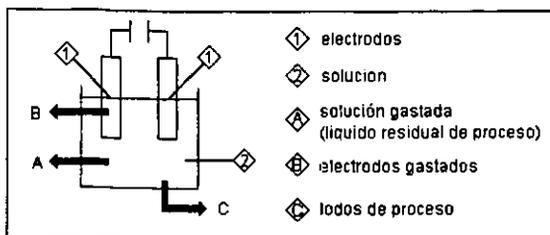
La destilación es un proceso de separación que consiste en eliminar uno ó más de los componentes de una mezcla volátil por medio de la transferencia simultánea de calor y masa. Para llevar a cabo la operación se aprovecha la diferencia de volatilidad de los constituyentes de la mezcla, separando ó fraccionando éstos en función de su temperatura de ebullición.

Se usa para concentrar mezclas alcohólicas y separar aceites esenciales así como componentes de mezclas líquidas que se deseen purificar.

En la industria actual hay cuatro tipos de destilación: destilación por arrastre de vapor, destilación diferencial, destilación instantánea ó flash y la destilación fraccionada. En la destilación por arrastre de vapor se emplea vapor vivo para provocar el arrastre de la sustancia volátil que se desea concentrar, esta sustancia debe ser insoluble en el agua. Por este medio se abate la temperatura de ebullición y así, aquellos compuestos que pudieran descomponerse si se los llevara a su temperatura de ebullición, se logran separar con éxito. Se usa principalmente para obtener esencias aromáticas. En la destilación diferencial la mezcla se hace hervir y el vapor generado se separa del líquido, condensándolo tan rápidamente como se genera. Los aparatos usados para este fin reciben el nombre de alambiques. La destilación instantánea (flash), implica la evaporación de una fracción del líquido, generalmente por calentamiento a alta presión, manteniendo al vapor y al líquido el tiempo necesario para que el vapor alcance el equilibrio con el líquido, separando ambos finalmente. La destilación fraccionada es el método más empleado actualmente para separar los componentes de una mezcla líquida. Incluye el retorno de una parte del vapor condensado al equipo, de tal manera que el líquido que se regresa entra en contacto íntimo a contracorriente con los vapores que se dirigen al condensador. También es llamada rectificación. Este tipo de destilación es continua y permite manipular grandes cantidades de materiales y el reflujo hace posible alcanzar purezas elevadas en los productos destilados. Los equipos empleados en este tipo de destilación son torres o cilindros metálicos por los que pasan los vapores y los líquidos generados. Dentro de estas columnas se encuentran platos con perforaciones ó empaques de cerámica para un mayor contacto líquido vapor.

Los residuos en esta operación se localizan como sedimentos ó lodos y en algunos casos breas en el fondo de las torres ó tanques de destilación, como cabezas líquidas ó gaseosas en lo alto de las torres y como colas líquidas en la parte baja de ésta.

ELECTRODEPOSITACION.

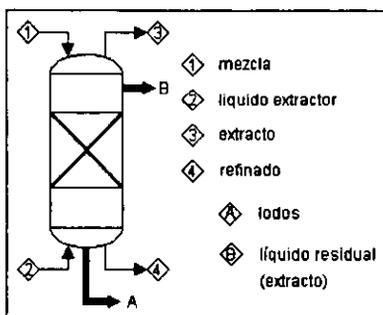


Esta operación se utiliza para concentrar los iones metálicos de una solución de manera sencilla. Se emplea un potencial suficientemente catódico para ocasionar la reducción de todos los metales de interés.

Entonces se deja que la corriente fluya durante un tiempo prolongado, con agitación, para asegurar que el proceso sea cuantitativamente completo. Esto constituye un procedimiento exhaustivo, descrito a veces como estequiométrico. Se requiere un cátodo relativamente grande, ya que de otro modo el tiempo de electrólisis sería excesivo.

Es ampliamente usado en la industria metalmecánica para recubrir metales (cromado, galvanizado etc.) Los residuos generados en esta operación unitaria son las soluciones gastadas, los lodos que se sedimentan en las cubas de reacción electrolítica y los electrodos gastados.

EXTRACCION.



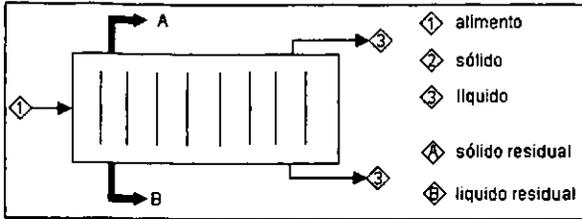
Hay dos tipos de extracción: la extracción líquido-sólido y la extracción líquido-líquido, las dos son muy usadas en casi todas las industrias. La extracción sólido-líquido consiste en tratar un sólido que está formado por dos ó más sustancias con disolvente que disuelve preferentemente uno de los dos sólidos, que recibe el nombre de soluto. La operación recibe también el nombre de lixiviación, nombre más empleado al disolver y extraer sustancias inorgánicas en la industria minera.

Otro nombre empleado es el de percolación, en este caso, la extracción se hace con disolvente caliente ó a su punto de ebullición. La extracción sólido-líquido puede ser una operación a régimen permanente ó intermitente, según los volúmenes que se manejen. Se emplea para extraer minerales solubles en la industria minera, también en la industria alimentaria, farmacéutica y en la industria de esencias y perfumes. Los equipos utilizados reciben el nombre de extractores, lixivadores, ó percoladores. El equipo más sencillo consiste en un tanque agitador y luego un sedimentador. En el caso general, se agrega disolvente en exceso para evitar que la solución se sature y no pueda extraerse más soluto. Los residuos en esta operación son los lodos acumulados en el fondo del extractor que contienen sólidos y disolventes.

La extracción líquido-líquido es una operación unitaria que consiste en poner una mezcla líquida en contacto con un segundo líquido miscible, que selectivamente extrae uno ó más de los componentes de la mezcla. Se emplea en la refinación de aceites lubricantes y de disolventes, en la extracción de productos que contienen azufre y en la obtención de ceras parafínicas. El líquido que se emplea para extraer parte de la mezcla debe ser insoluble para los componentes primordiales. Después de poner en contacto el disolvente y la mezcla se obtienen dos fases líquidas

que reciben los nombres de extracto y refinado. Los lodos y líquidos residuales acumulados en el fondo del decantador o de la torre son los residuos del proceso.

FILTRACION.



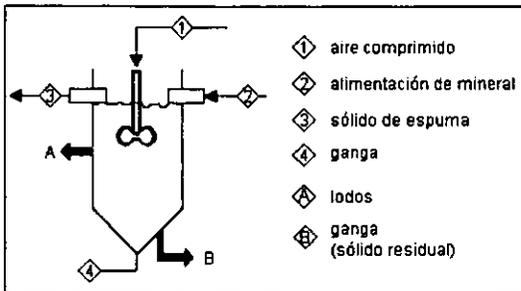
- 1 alimentación
- 2 sólido
- 3 líquido
- 4 sólido residual
- 5 líquido residual

Definimos filtración como la separación de sólidos de un líquido y se efectúa haciendo pasar el líquido a través de un medio poroso. Los sólidos quedan detenidos en la superficie del medio filtrante en forma de torta.

El medio filtrante deberá seleccionarse en primer término por su capacidad para retener los sólidos sin obstrucción y sin derrame de partículas al iniciar la filtración.

Los residuos generados por esta operación unitaria dependen del producto deseado; así, se generan sólidos o líquidos residuales.

FLOTACION.



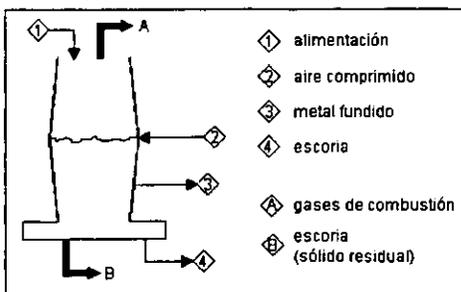
- 1 aire comprimido
- 2 alimentación de mineral
- 3 sólido de espuma
- 4 ganga
- 5 lodos
- 6 ganga (sólido residual)

Es un medio muy importante para la concentración de los minerales, particularmente sulfuros. Una suspensión en agua del mineral molido se va agitando en tanto se hace pasar aire a través de la mezcla. Se pueden agregar algunas sustancias químicas de tal manera que se formen espumas o burbujas.

Las partículas del mineral que se desea, quedan unidas a las burbujas de aire, flotando posteriormente con la espuma la cual se separa en la superficie. Al mismo tiempo, la ganga se sedimenta en el fondo del tanque.

Los residuos se encuentran en la ganga, pues ésta lleva sólidos residuales, surfactantes, aceite y otros productos químicos.

FUNDICION.



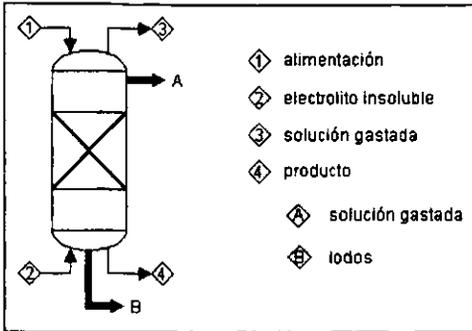
- 1 alimentación
- 2 aire comprimido
- 3 metal fundido
- 4 escoria
- 5 gases de combustión
- 6 escoria (sólido residual)

La fundición es el proceso de fusión en el cual los materiales que se forman conforme se suceden las reacciones químicas, se separan en dos o más capas. La fundición con frecuencia lleva implícita una etapa previa de tostación en el mismo horno. Dos de las capas más importantes que se forman en la fundición son el metal fundido y el material de desecho.

El primero puede estar formado casi en su totalidad por un único metal o puede ser una disolución de dos o más metales.

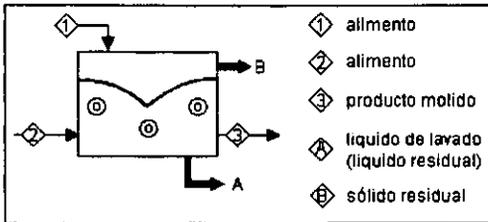
Los residuos generados por esta operación son las escorias que se descargan por la parte inferior del horno y las arenas y tierras de moldeo, así como los polvos de los separadores electrostáticos. Los gases tienen alto contenido de CO, CO₂ y N₂. La escoria contiene otros minerales, así como carbón, caliza, etc.

INTERCAMBIO IÓNICO.



Las operaciones de intercambio iónico son básicamente reacciones químicas de sustitución entre un electrolito en solución y un electrolito insoluble con el cual se pone en contacto la solución. El mecanismo de estas reacciones y las técnicas utilizadas para lograrlas son tan parecidos a los de adsorción que, para la mayoría de los fines, el intercambio iónico puede considerarse simplemente como un caso especial de la adsorción. El residuo principal son las soluciones agotadas y lodos que se sedimentan.

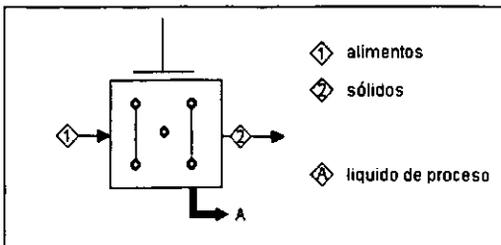
MOLIENDA.



Los términos trituración y molienda normalmente están asociados con el significado de subdividir, en mayor ó menor cuantía, pero ninguno de los dos términos se utiliza sólo con un significado preciso, aunque, en general, moler significa una mayor subdivisión.

Los residuos generados son los mismos sólidos que se esparcen por algún motivo en el lugar donde se lleve a cabo esta operación. Así también, en el momento de su limpieza se generan lodos por el lavado de los equipos.

PRENSADO.

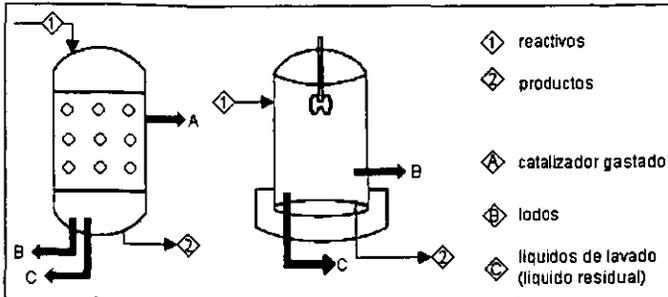


El prensado ó exprimido es la separación de líquido de un sistema de dos fases de sólido-líquido mediante la compresión, en condiciones que permiten que el líquido escape al mismo tiempo que se retiene el sólido entre las superficies de compresión.

El prensado se distingue de la filtración en que la presión se aplica mediante el movimiento de las paredes de retención en lugar de usar bombeo del material a un espacio fijo.

El prensado tiene la misma finalidad que la filtración: separar fases líquidas y sólidas de una mezcla mecánica de las dos. En el exprimido la mezcla no se puede bombear pues el material a veces es completamente sólido. También se usa en lugar de la filtración cuando se desea una extracción del líquido más completa en la torta. En esta operación unitaria se generan líquidos residuales como consecuencia de que el producto deseado es el sólido prensado.

REACCIÓN.



La reacción química es una operación que interviene en casi todos los procesos químicos. Los equipos empleados en esta operación son los llamados reactores, que son recipientes de metal donde se mezclan los

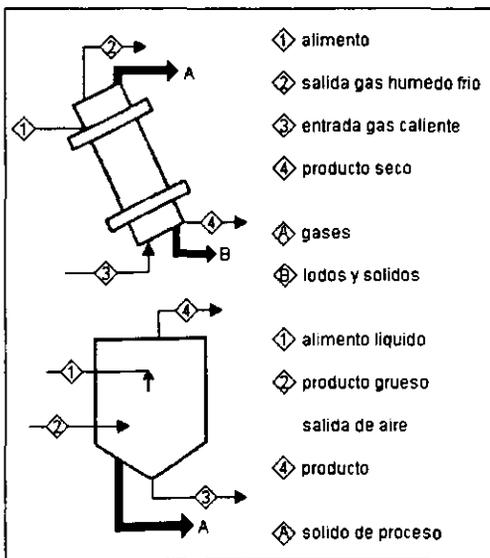
reactivos para que reaccionen químicamente y se obtenga el producto deseado diferente químicamente a los componentes alimentados.

Los reactores pueden contener en su interior otras sustancias químicas llamadas catalizadores para acelerar o retardar las reacciones. En este caso los equipos se llaman reactores catalíticos, los catalizadores no intervienen químicamente en la reacción.

Las reacciones químicas, dependiendo de la alimentación y en dado caso del catalizador, se efectúan en reactores homogéneos y heterogéneos y estos pueden estar agitados o enchaquetados para controlar la temperatura de reacción. Así, las materias primas que son alimentadas pueden estar en fase gaseosa o líquida.

Esta operación unitaria es una de las que más genera desechos o residuos; en el caso de los reactores catalíticos, un desecho es el catalizador gastado y así también sedimentos y lodos dentro de los reactores que se purgan; cuando el equipo entra a mantenimiento y limpieza se generan líquidos residuales con alto contenido de sustancias no deseadas.

SECADO.

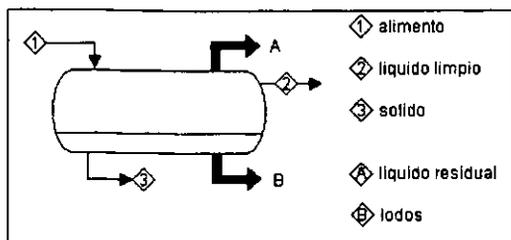


Esta operación unitaria tiene como objeto eliminar la humedad residual que contienen los productos sólidos, para hacerlos así más aceptables para su comercialización o su empleo posterior. Incluso se utiliza para separar los sólidos de una disolución por medio del secado por atomización.

En el caso del secado de los sólidos, se utilizan generalmente secadores rotatorios por los cuales pasa a contracorriente aire caliente humidificándose y enfriándose a través del equipo. En los procesos por etapas, el equipo empleado es el secador de charolas; el material húmedo es colocado en bandejas ó charolas de una cierta área, se le pasa aire caliente por encima con lo cual a un determinado tiempo el material es secado al grado deseado.

Dependiendo del proceso que se esté realizando y del producto que se desee, los residuos generados pueden ser sólidos ó líquidos residuales en el caso del secado por atomización ó sólidos y lodos en el caso de otro tipo de secadores.

SEDIMENTACION.

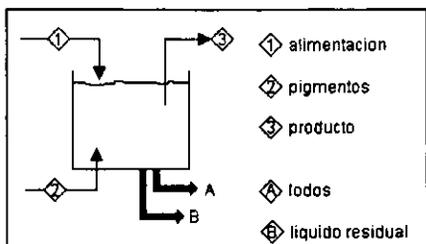


La sedimentación implica el asentamiento por gravedad de las partículas sólidas suspendidas en un líquido. Puede dividirse en dos clases: sedimentación de materiales arenosos y sedimentación de limos.

Por lo general, el término sedimentación supone la eliminación de la mayor parte del líquido o el agua del limo después del asentamiento de éste.

Así mismo, dependiendo del proceso que se esté llevando a cabo y del producto deseado se generarán sólidos residuales como son los sedimentos o líquidos residuales en el caso que el sedimento sea primordial en el proceso.

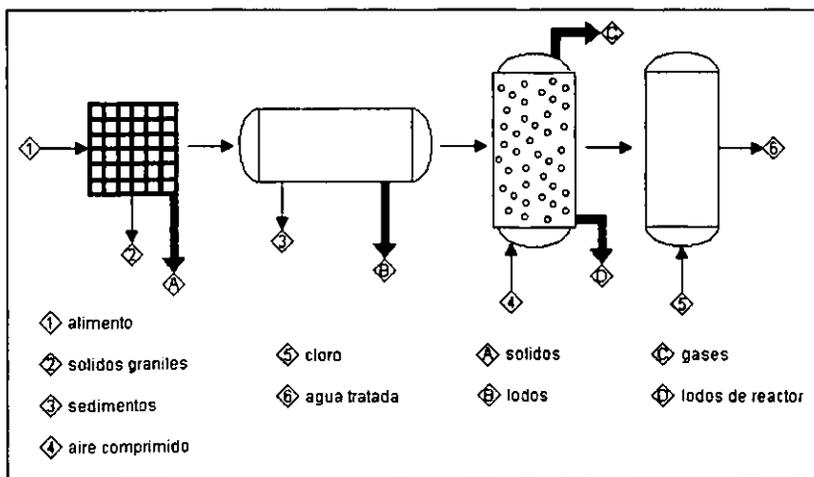
TEÑIDO.



En el proceso de teñido, los colorantes básicos deben ser retenidos por el grupo carboxilo, los colorantes ácidos por el grupo amino y constituir así una formación de laca relativamente sencilla. La agitación es necesaria para conseguir una penetración uniforme. Además de los mecanismos para mover el líquido, las máquinas de teñido deben de estar provistas de medios de calefacción para que el proceso se efectúe a altas temperaturas.

Este proceso tiene como residuos líquidos residuales y lodos que sedimentan en el fondo de los tanques.

TRATAMIENTO DE AGUAS.



El tratamiento primario consiste en hacer pasar las aguas por una pantalla que filtra los sólidos y desperdicios de gran tamaño. Después pasan a tanques de sedimentación en donde los sólidos

que se encuentran en suspensión son eliminados. Si el agua no recibe tratamiento secundario pasa a un tratamiento a base de cloro antes de ser reintegrada en el sistema de aguas naturales. El tratamiento primario separa aproximadamente un 60% de los sólidos suspendidos y un 35% de la DBO.

El tratamiento secundario se basa en la descomposición aeróbica de los materiales orgánicos. El tipo más común de tratamiento secundario se conoce como método de lodos activados. En este método los desperdicios que se obtienen del tratamiento primario pasan a través de un tanque de aireación en donde el aire sopla a través de estos materiales; esta aireación provoca un crecimiento rápido de bacterias aeróbicas que se alimentan de desperdicios orgánicos en el agua. Las bacterias forman una masa que es el lodo activado, el líquido se descarga después de haber sido clorinado y los lodos retenidos y regresados al tanque de aireación. Después del tratamiento secundario, se han eliminado 90% de los sólidos suspendidos y un 90% de la DBO.

Cuando se termina el tratamiento secundario, el agua puede llevar sustancias como sales de fósforo y nitrógeno que promueven el crecimiento de algas, además puede haber sustancias que no se pueden expulsar por el tratamiento secundario como metales pesados y otros productos químicos, esto lleva a su eliminación con el tratamiento terciario. Los residuos correspondientes son los lodos en las diferentes etapas de tratamiento de agua.

Con base a las descripciones anteriores es posible clasificar a los residuos de la siguiente manera ⁽²⁾:

- ❖ **Aguas de proceso.** Se denomina así al agua que se utiliza como disolvente y participa directamente en la transformación de insumos o productos. Contiene materias primas y productos disueltos o suspendidos.
- ❖ **Arenas, tierras, polvos.** En esta clasificación se integran tres tipos de residuos sólidos diferenciables principalmente por el tamaño de las partículas que los constituyen. Las arenas tienen un tamaño de partícula mayor que las tierras, y éstas a su vez tienen tamaño de partícula mayor que los polvos.
Las arenas son generadas principalmente en la preparación de moldes o como aglomerante. Las tierras son utilizadas como medio filtrante, y en el proceso quedan impregnadas tanto del líquido que se desea separar como de las sustancias que se están eliminando. Los polvos son generados en procesos que implican reducción de tamaño de partícula, ya sea de la materia prima o del producto de un proceso; éstos son recolectados a través de ciclones, precipitadores electrostáticos, etc.
- ❖ **Breas.** La breca estrictamente hablando es el residuo negro y brillante que queda de la destilación destructiva de la madera ó del alquitrán de carbón. Constituye aproximadamente la mitad de la cantidad original de carbón. Por extensión, se denominan breas a las sustancias que quedan como residuo en destilaciones, reacciones catalíticas y otros procesos que implican la separación de compuestos orgánicos ligeros cuyo contenido de carbón es muy alto.
- ❖ **Cabezas.** El primer producto que se obtiene en una destilación y que no cumple con las especificaciones deseadas se denomina "Cabeza". Pueden ser líquidos o gases.
- ❖ **Colas.** Al igual que las cabezas son un producto de la destilación fuera de especificaciones en este caso, el último que se obtiene o que queda sin destilar pueden ser sólidos, lodos, breas ó bien líquidos.

- ❖ **Carbón activado.** Esta sustancia está formada por carbón en forma de grafito de tamaño de partícula pequeño. Es utilizado principalmente para clarificar, deodorizar, decolorar y filtrar. El carbón activado tiene la propiedad de adsorber a otras sustancias por lo que una vez que ha sido utilizado se desecha conteniendo sustancias que bien pueden ser peligrosas ó no.
- ❖ **Catalizadores.** Sustancias que tienen el efecto de aumentar la velocidad de una reacción química, sin sufrir un cambio químico neto. Normalmente quedan impregnados con las materias primas que intervienen en la reacción, o bien se envenenan, principalmente con metales.
- ❖ **Disolventes.** Son líquidos que facilitan la disolución de otras sustancias para diferentes fines como son: el proceso de purificación de un producto y la disolución de grasas. Al utilizar un disolvente se facilita el manejo y se mejora el comportamiento para ciertos procesos de las Sustancias o compuestos disueltos en él, de esta forma se alcanzan niveles de transformación más altos en las reacciones, así como eficiencias mayores. Al ser desechado el disolvente se encuentra contaminado con las sustancias disueltas en él.
- ❖ **Efluentes tratados.** Se consideran como efluentes tratados, los que resultan de procesos de tratamiento destinados a separar de una corriente, tanto sólidos suspendidos como sustancias disueltas que no se permite sean descargadas al drenaje.
- ❖ **Envases y empaques.** En este rubro se agrupan los materiales utilizados como contenedores tanto de materias primas como de productos, éstos pueden ser desde sacos, bolsas (de papel, cartón, plástico), cajas, tambores, cuñetes, etc. que hayan sido usados para contener productos tóxicos.
- ❖ **Escorias.** Son el producto de la calcinación de la piedra caliza, añadida durante el proceso de fusión de metales, en la industria de la fundición, contienen diversos metales, carbón, etc.
- ❖ **Líquidos residuales de procesos.** Son soluciones que después de intervenir en la fabricación de algún producto son desechadas a través del proceso de separación del producto (filtración, decantación, etc.). También se consideran sustancias que no cumplen con especificaciones ó que simplemente quedan como residuo dentro del equipo utilizado para su producción, como es el caso de los fondos de un reactor, de una paila de mezclado, etc.

Son considerados también como líquidos residuales de proceso los resultantes de la limpieza de equipos de lavado de gases, aguas de enfriamiento (cuando se descargan a temperaturas elevadas), etc.

- ❖ **Lodos.** En este residuo se agrupan lodos generados en diferentes procesos que se componen de materia particulada arrastrada por el líquido utilizado para el lavado que se sedimenta en el fondo del equipo.
- ❖ **Materiales de relleno contaminados.** Sólidos usados en el interior de algunos equipos de proceso para aumentar la superficie de contacto. Entre los materiales, los cuales pierden sus propiedades después de determinado tiempo. Ya sea por contaminación ó por cambio de su área superficial.
- ❖ **Lubricantes gastados.** Denominación genérica que reciben gran número de sustancias de muy diversa composición química, que tienen en común ser insolubles en agua y de menor densidad que ella y tener una consistencia y viscosidad notables a temperatura ambiente.

- ❖ **Residuos de proceso.** Se considera como un residuo de proceso aquel sólido que ha sido generado durante un proceso de producción, como materiales absorbentes, sustancias ó productos que no cumplen con especificaciones mínimas de pureza ó calidad ó bien subproductos cuya comercialización no es económicamente rentable.
- ❖ **Sólidos residuales.** Se consideran como sólidos residuales el material de desecho que no es generado a través de un equipo de proceso, sino a partir de operaciones de maquinado.
- ❖ **Soluciones gastadas.** Las soluciones gastadas incluyen a las soluciones que fueron utilizadas en el proceso (procesos electrolíticos, de galvanizado, etc.) ó como soluciones reveladoras, fijadoras, estabilizadoras, neutralizadoras, etc. Se les denomina gastadas debido a que la especie iónica de interés ha disminuido notablemente su concentración en dicha solución.

3.3.2. CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS DE ACUERDO CON LA NOM-052-ECOL-1993.

Los residuos considerados como peligrosos se muestran en esta Norma.

La Tabla 1 contiene la clasificación por Giro Industrial y Proceso. Para un mejor control se tienen 5 columnas con la siguiente información:

La primera columna nos da el número de giro, la segunda el Giro Industrial y el proceso, la tercera la clave CRETIB, la cuarta nos da el nombre del residuo peligroso y la última tabla un No. que se le da a cada uno de los residuos peligrosos para su identificación.

La tabla 2 nos da la clasificación de Residuos Peligrosos en función de la fuente no específica, también aquí se tienen 5 columnas que se describen a continuación:

Primera columna el número de la fuente, la segunda el nombre de ella, la tercera la clave CRETIB, la cuarta el residuo peligroso y la quinta el número de identificación correspondiente a cada residuo peligroso.

La tabla 3 clasifica a los residuos de materias primas consideradas como peligrosas en la producción de pinturas, de la misma forma que lo hace en las anteriores clasificaciones.

La tabla 5 nos da las características de lixiviados que hacen peligroso a un residuo por su toxicidad al ambiente. Esta lista consta de tres columnas correspondientes al número asignado por el INE (Instituto Nacional de Ecología), constituyente orgánico o inorgánico y concentración máxima permitida (mg/l).

La tabla 6 nos da los constituyentes orgánicos volátiles que hacen a un residuo peligroso, la concentración máxima permitida y el número del INE correspondiente.

Con toda esta información y un diagrama como guía, se puede identificar si un residuo es o no es peligroso.

3.3.3. CLASIFICACIONES DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS EN E.U.A..

Para que en E.U.A. se catalogue a un residuo como peligroso, debe ocurrir una de dos cosas ⁽⁴⁾:

1. Se realiza una prueba de laboratorio en donde se verifica si el residuo exhibe las características nombradas que lo hacen peligroso, por ejemplo toxicidad, inflamabilidad, reactividad, corrosividad, etc.

2. Si el residuo se encuentra en una lista condensada por el gobierno ya sea porque el residuo es ya conocido o se sospeche peligroso por poseer un potencial para exhibir las características ya mencionadas.

En el título 40 Parte 261 secc. 261.30 del CFR se dan las listas de residuos que se consideran peligrosos (estas listas están supeditadas a las excepciones nombradas a través de todo el título).

La secc. 261.31 nos da una tabla donde se hace la clasificación de los Residuos Peligrosos provenientes de fuentes no específicas; se tienen tres columnas donde la primera nos da el número designado por la EPA para el conjunto de residuos peligrosos que se enlistan en la columna dos y la tercera columna nos da el código de riesgo (Ignitable Waste (I), Corrosive Waste (C), Reactive Waste (R), Toxicity Characteristic Waste (E), Acute Hazardous Waste (H), Toxic Waste (T)).

La sección 261.32 nos enlistan los Residuos Peligrosos en función de las fuentes específicas, subdividiendo la tabla en tres columnas donde la primera nos da el nombre de la industria y el número que le asigna la EPA a un conjunto de Residuos Peligrosos en enlistados en la segunda columna y la tercera nos da el código de riesgo.

La sección 261.33 nos da una lista de productos químicos que dependiendo de las especificaciones y circunstancias descritas en el mismo apartado, se consideran Residuos Peligrosos.

La tabla contiene 3 columnas donde la primera nos da el número designado para cada Residuo Peligroso, en la segunda nos da en número del Chemical Abstract y la tercera el nombre de la sustancia.

3.3.4. CLASIFICACION DE RESIDUOS PELIGROSOS DEACUERDO AL REGLAMENTO PARA EL TRANSPORTE TERRESTRE DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS.

Considerando sus características, las sustancias peligrosas se clasifican en ⁽¹⁾:

CLASE	DENOMINACION
1	Explosivos.
2	Gases comprimidos, refrigeradores, licuados o disueltos a presión.
3	Líquidos inflamables.
4	Sólidos inflamables.
5	Oxidantes y peróxidos orgánicos.
6	Tóxicos agudos (venenos) y agentes infecciosos.
7	Radiactivos.
8	Corrosivos.
9	Varios.

Fuente: Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos. SCT. ANIQ. 1999.

CLASE 1.

Los explosivos ó Clase 1 comprende:

Substancias explosivas. Son sustancias ó mezcla de sustancias sólidas o líquidas que de manera espontánea ó por reacción química, pueden desprender gases a una temperatura, presión y velocidad tales que causen daños en los alrededores.

Substancias pirotécnicas. Son sustancias ó mezcla de sustancias destinadas a producir un efecto calorífico, luminoso, sonoro, gaseoso ó fumígeno ó una combinación de los mismos, como consecuencia de reacciones químicas exotérmicas autosostenidas no detonantes.

Objetos explosivos. Son objetos que contienen una o varias sustancias explosivas. Dependiendo del tipo de riesgo la clase 1 comprende 6 divisiones que son:

DIVISION	DESCRIPCION DE LAS SUSTANCIAS
1.1	Substancias y objetos que representan un riesgo de explosión de la totalidad de la masa, es decir que la explosión se extiende de manera prácticamente instantánea a casi toda la carga.
1.2	Substancias y objetos que representan un riesgo de proyección pero no un riesgo de explosión de la totalidad de la masa.
1.3	Substancias y objetos que representan un riesgo de incendio y de que se produzcan pequeños efectos de onda expansiva, de proyección o ambos, pero no riesgo de explosión de la totalidad de la masa. Se incluyen en esta división las sustancias y objetos siguientes: a) Aquellos cuya combustión da lugar a una radiación térmica considerable. b) Aquellos que arden sucesivamente con pequeños efectos de onda expansiva, de proyección, o ambos.
1.4	Substancias y objetos que no representan un riesgo considerable.
1.5	Substancias muy poco sensibles que presentan un riesgo de explosión de la totalidad de la masa, pero que es muy improbable su iniciación o transición de incendio o detonación bajo condiciones normales de transporte.
1.6	Objetos extremadamente insensibles que no presentan un riesgo de explosión a toda la masa, que contienen sólo sustancias extremadamente insensibles a la detonación y muestran una probabilidad muy escasa de iniciación y propagación accidental.

Fuente: Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos. SCT. ANIQ. 1999.

CLASE 2.

La Clase 2 que comprende gases comprimidos, refrigerados, licuados ó disueltos a presión, son sustancias que:

- ❖ A 50°C tienen una presión de vapor mayor de 300 kPa.
- ❖ Son completamente gaseosas a 20°C a una presión normal de 101.3 kPa.

Para las condiciones de transporte las sustancias de Clase 2 se clasifican de acuerdo a su estado físico como:

- ❖ Gas comprimido, aquél que bajo presión es totalmente gaseoso a 20°C.
- ❖ Gas licuado, el que es parcialmente líquido a 20°C.
- ❖ Gas licuado refrigerado, el que es parcialmente líquido a causa de su baja temperatura.
- ❖ Gas en solución, aquél que está comprimido y disuelto un solvente.

DIVISION	DESCRIPCION DE LA SUSTANCIA
2.1	Gases inflamables: Sustancias que a 20°C y una presión normal de 101.3 kPa.: Arden cuando se encuentran en una mezcla de 13% o menos por volumen de aire o tiene un rango de inflamabilidad con aire de cuando menos 12% sin importar el límite inferior de inflamabilidad.
2.2	Gases no inflamables, no tóxicos: Gases que son transportados a una presión no menor de 280 kPa. A 20°C, o como líquido refrigerados y que: ❖ Son asfixiantes. Gases que diluyen o reemplazan al oxígeno presente normalmente en la atmósfera; o ❖ Son oxidantes. Gases que pueden, generalmente por ceder oxígeno, causar o contribuir, más que el aire, a la combustión de otro material. ❖ No caben en los anteriores.
2.3	Gases tóxicos. Gases que: ❖ Se conoce que son tóxicos ó corrosivos para los seres humanos por lo que constituyen un riesgo para la salud; o ❖ Se supone que son tóxicos o corrosivos para los seres humanos porque tiene un CL igual o menor 3 que 5000 Mol/M (ppm). Nota: los gases que cumplen los criterios anteriores debido a su corrosividad, deben clasificarse como tóxicos con un riesgo secundario corrosivo.

Fuente: Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos. SCT. ANIQ. 1999.

CLASE 3.

Clase 3 ó líquidos inflamables, son mezclas ó líquidos que contienen sustancias sólidas en solución ó suspensión, que despiden vapores inflamables a una temperatura no superior a 60.5°C en los ensayos en copa cerrada ó no superiores a 65.6°C en copa abierta. Las sustancias de esta clase son:

- ❖ Líquidos que presentan un punto de ebullición inicial igual ó menor de 35°C.
- ❖ Líquidos que presentan un punto de inflamación (en copa cerrada) menor de 23°C y un punto inicial de ebullición mayor de 35°C.
- ❖ Líquidos que presentan un punto de inflamación (en copa cerrada) mayor o igual 23°C, menor ó igual de 60.5°C y un punto inicial de ebullición mayor a 35°C.

CLASE 4.

Clase 4, sólidos inflamables, son sustancias que presentan riesgo de combustión espontánea, así como aquellos que en contacto con el agua desprenden gases inflamables. Atendiendo al tipo de riesgo se dividen en:

DIVISION	DESCRIPCION DE LA SUSTANCIA
4.1	Sólidos inflamables. Sustancias sólidas que no están comprendidas entre las clasificadas como explosivas pero que, en virtud de las condiciones que se dan durante el transporte, se inflaman con facilidad o pueden provocar o activar incendios por fricción.
4.2	<ul style="list-style-type: none">❖ Sustancias que presentan un riesgo de combustión espontánea.❖ Sustancias que pueden calentarse espontáneamente en las condiciones normales de transporte o al entrar en contacto con el aire y que entonces puedan inflamarse.
4.3	<ul style="list-style-type: none">❖ Sustancias que en contacto con el agua desprenden gases inflamables.❖ Sustancias que por reacción con el agua pueden hacerse espontáneamente inflamables o desprender gases inflamables en cantidades peligrosas.

Fuente: Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos. SCT. ANIQ. 1999.

CLASE 5.

Clase 5, oxidantes y peróxidos orgánicos, son sustancias que se definen y dividen tomando en consideración su riesgo en:

DIVISION	DESCRIPCION DE LA SUSTANCIA
5.1	Sustancias oxidantes. Sustancias que sin ser necesariamente combustibles, pueden, generalmente liberando oxígeno, causar o facilitar la combustión de otras.
5.2	Peróxidos orgánicos: Sustancias orgánicas que contienen la estructura bivalente -O-O- y pueden considerarse derivados del peróxido de hidrógeno, en el que uno de los átomos de hidrógeno, o ambos, han sido sustituidos por radicales orgánicos. Los peróxidos son sustancias térmicamente inestables que pueden sufrir una descomposición exotérmica autoacelerada. Además, pueden tener una o varias de las propiedades siguientes: <ul style="list-style-type: none">❖ Ser susceptibles de una descomposición explosiva.❖ Arder rápidamente.❖ Ser sensibles a los impactos o a la fricción.❖ Reaccionar peligrosamente al entrar en contacto con otras sustancias.❖ Causar daños a la vista.

Fuente: Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos. SCT. ANIQ. 1999.

CLASE 6.

Clase 6, tóxicos agudos (venenos) y agentes infecciosos, son sustancias que se definen y dividen, tomando en consideración su riesgo en:

DIVISION	DESCRIPCIÓN DE LA SUSTANCIA
6.1	Tóxicos agudos (venenos): Son aquellas sustancias que pueden causar la muerte, lesiones graves o ser nocivas para la salud humana si se ingieren, inhalan o entra en contacto con la piel. Los gases tóxicos (venenos) comprimidos pueden incluirse en la clase "Gases".
6.2	Agentes infecciosos: Son las que contienen microorganismos viables incluyendo bacterias, virus, parásitos, hongos, o una combinación híbrida o mutante; que son conocidos o se cree que pueden provocar enfermedades en el hombre o los animales.

Fuente: Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos. SCT. ANIQ. 1999.

CLASE 7.

Clase 7 radiactivos, para los efectos de transporte, son todos los materiales cuya actividad específica es superior a 70 kBq/kg (2 nCi/g).

CLASE 8.

Clase 8 corrosivos, son sustancias líquidas o sólidas que por su acción química causan lesiones graves a los tejidos vivos con los que entra en contacto o que si se produce un escape pueden causar daños e incluso destrucción de otras mercancías o de las unidades en las que son transportadas.

CLASE 9.

Clase 9 varios, son aquellas sustancias que durante el transporte presentan un riesgo distinto de los correspondientes a las demás clases y que también requieren un manejo especial para su transporte, por representar un riesgo potencial para la salud, el ambiente, la seguridad a los usuarios y la propiedad a terceros.

Referencias

- (1) Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos. SCT. ANIQ. 1999.
- (2) Programa para la Minimización y Manejo Integral de Residuos Industriales Peligrosos en México 1996-2000. SEMARNAP. Edición a cargo de INE-SEMARNAP. México. 1996.
- (3) NOM-052-ECOL-1993 Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
- (4) <http://www.epa.gov>

TEMA 4

ANALISIS DE RIESGOS

4.1. INTRODUCCION.

Desde el origen del hombre y en toda su actividad, se ha tenido asociado un riesgo, es decir, una probabilidad de que se presente un evento que cause descontrol de la situación, daños ó pérdidas de personas, bienes ó ambiente que los rodea ⁽³⁾. Este potencial de riesgo se tiene hasta en las actividades más insignificantes del quehacer humano. Cuando se presenta un evento extraordinario que potencialmente puede desencadenar otros eventos que causen mayor daño que el primero, se le llama incidente; si un incidente no es controlado provoca un accidente; los efectos de los accidentes que causan grandes daños ó pérdidas se denomina desastre ⁽³⁾.

La probabilidad de que un accidente se presente, depende de muchos factores naturales y humanos. Los primeros muchas veces son impredecibles y pocas veces controlables, pero los segundos pueden anticiparse para tomar medidas de control cuando se presenten.

La experiencia en todo tipo de riesgos, ha dado a la humanidad herramientas que le han permitido prepararse para enfrentar antes, durante y después del accidente, las situaciones que se presenten.

El acelerado desarrollo tecnológico que se ha tenido en los últimos tiempos, ha incrementado de manera considerable las estadísticas de accidentes en todo el mundo.

Por ejemplo: En abril de 1987 un incendio de metano causó la muerte de cuatro personas e hirió a otras en Italia. En Bulgaria una explosión de cloruro de vinilo provocó la muerte de 17 personas y 19 heridos en noviembre de 1986 ⁽⁴⁾. Estos casos son sólo ejemplos de accidentes de mediana magnitud, sin embargo, existen otros eventos que pueden clasificarse como desastrosos, dado el alcance que tuvieron. Entre ellos, la emisión de la sustancia química isocianato de metilo en Bhopal, India, en 1984, que provocó más de 2,000 muertes y 200,000 heridos ⁽⁴⁾. Una explosión de gas propano en Ortuella, España, provocó 51 muertes y una gran cantidad de heridos en 1980 ⁽⁴⁾. Los daños económicos resultantes de estos accidentes y de muchos otros son descomunales.

Aunque estos casos son distintos en la forma en que se produjeron y las sustancias químicas que intervinieron, todos comparten una característica en común: fueron acontecimientos no controlados, constituidos por incendios, explosiones ó escapes de sustancias tóxicas que ocasionaron la muerte ó lesiones de un gran número de personas dentro y fuera de instalaciones, causaron amplios daños en los bienes y el medio ambiente ó produjeron ambos efectos.

Los riesgos industriales graves suelen estar relacionados con la posibilidad de incendio, explosión ó dispersión de sustancias químicas tóxicas y por lo general entrañan la fuga de material, seguido en el caso de sustancias volátiles, de su evaporación y dispersión. Entre los accidentes relacionados con los riesgos principales cabe mencionar los siguientes:

Escape de material inflamable, mezcla del material con el aire, formación de una nube de vapor inflamable y arrastre de la nube hasta una fuente de ignición, lo que provocará un incendio ó una explosión que afectará al lugar y posiblemente a la población.

Escape de material tóxico, formación de una nube de vapor tóxica y arrastre de la nube, lo que afectará directamente al lugar y posiblemente a zonas pobladas.

Existe un tipo de evento conocido como BLEVE que es una combinación de incendio y explosión con una emisión de calor radiante intenso en un intervalo relativamente breve de tiempo ⁽³⁾. El fenómeno puede producirse dentro de un recipiente ó depósito en el que se mantenga un gas licuado por encima de su punto de ebullición atmosférico. Si un recipiente a presión se rompe como resultado de un debilitamiento de su estructura ó de un impacto, el contenido se escapa al instante como una mezcla turbulenta de líquido y gas que se expande rápidamente y se dispersa en el aire como una nube. Cuando esta nube se inflama, se produce una bola de fuego que origina una radiación térmica de enorme intensidad en unos pocos segundos. Esta intensidad calorífica basta para causar muertes y quemaduras graves en la piel a varios cientos de metros, según la cantidad del gas de que se trate.

En los últimos años, se han dedicado muchos esfuerzos para la elaboración de una legislación regulatoria de riesgos principales; a nivel internacional la más destacada es la de la Comisión de las Comunidades Europeas (CCE), que en 1982 promulgó una Directiva sobre los principales riesgos de accidentes de diversas actividades industriales ⁽⁴⁾. La expresión "riesgos principales" se refiere a acontecimientos tales como una emisión importante, un incendio ó una explosión, resultado de eventos no controlados en el curso de alguna actividad industrial que provocan un peligro grave para el hombre, inmediato ó aplazado ⁽⁵⁾. A nivel nacional, en 1988 se emite la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, misma que marca los lineamientos y regulaciones a que se deberán apegar todas las instalaciones actuales y futuras.

Una filosofía de administración de riesgos aplicada en todas las etapas del desarrollo de los mismos, como son: Planeación, Estudios de Factibilidad, Diseño, Construcción, Pruebas y Arranque, Operación, Mantenimiento y Rehabilitación. En dichas etapas este enfoque permite:

- ❖ Identificar los riesgos potenciales asociados a la instalación, aplicando sofisticadas metodología, tales como el Arbol de fallas, Análisis Causa-Consecuencia, etc.
- ❖ Clasificar ó jerarquizar los riesgos con la finalidad de atender oportunamente aquellos que resulten prioritarios a través de métodos determinísticos y probabilísticos tales como los índices DOW/MOND.
- ❖ Evaluar a través de la simulación, los eventos probables de riesgo como fuego ó fugas tóxicas y/o explosivas que permitan cuantificar (en forma probabilística) la magnitud de los riesgos.
- ❖ Toma de decisiones para minimizar, aceptar o transferir riesgos.

Los resultados de este enfoque permiten adoptar las medidas preventivas y de mitigación para lograr un nivel de riesgo económico y socialmente aceptable además de establecer los fundamentos para desarrollar los planes de contingencia, así como los planes de ayuda mutua en caso de desastre.

Una manera de mejorar la seguridad y la confianza en los equipos de proceso y en los procesos mismos, es identificar los eventos que pueden potencialmente darse en la emisión de materiales peligrosos a la atmósfera,

interrupción no deseada del proceso ó un trastorno en el proceso que puede dar como resultado una situación riesgosa. En el pasado, esta tarea se llevaba a cabo por personas muy experimentadas que contaban con un amplio conocimientos de la industria y su propia experiencia. Esto trabajaba razonablemente bien cuando las plantas eran simples y pequeñas y el análisis de riesgos se podía realizar a través del "sentido común". Desde el momento que las plantas aumentaron de tamaño y complejidad, se empezó a incrementar la dificultad para que solamente una persona tuviera todos los conocimientos necesarios y la experiencia suficiente para entender todas las partes que integran una planta, por ello ha sido necesario el desarrollar y establecer metodologías sistematizadas de alta confiabilidad, para realizar los diagnósticos de seguridad de los procesos industriales, por lo cual se han desarrollado las técnicas de análisis de riesgos.

4.2. ¿QUE ES UN ESTUDIO DE RIESGOS?.

La identificación de los riesgos es una parte integral del diseño y la práctica operacional. En el pasado, sin embargo, fue un proceso informal dependiendo de que tanta experiencia tenía la compañía y que tanto estaba documentada para, en ocasiones posteriores aplicarla en otro diseño. Por lo que dependía directamente de la experiencia de aquellos que estaba directamente involucrados.

Un riesgo es una característica física ó química que tiene el potencial para causar un daño ⁽⁷⁾. Una evaluación de riesgos es un esfuerzo organizado para identificar y analizar la importancia de una situación de riesgo asociada con un proceso ó actividad ⁽⁷⁾. Específicamente, las evaluaciones de riesgos son utilizadas para señalar con toda precisión las debilidades existentes en el diseño y en las operaciones de los equipos, que pueden causar un accidente como lo es una fuga de químicos, fuego ó explosión.

Utilizando las técnicas de evaluación de riesgos, podemos incrementar el entendimiento acerca de los riesgos asociados con los procesos planeados, existentes ó actividades. Estos estudios dan la información necesaria para ayudar al mejoramiento de la seguridad y el manejo de los riesgos en las operaciones ya que se podrán tomar decisiones apropiadas.

Los estudios de evaluación de riesgos pueden ocasionalmente ser desarrollados por una sola persona, dependiendo sobre las necesidades específicas de análisis, la técnica seleccionada, la situación de riesgo que va a ser analizada y los recursos disponibles. Sin embargo, los estudios de evaluación de riesgos con mayor calidad requieren los esfuerzos combinados del equipo multidisciplinario. El equipo de evaluación de riesgos usa la combinación de experiencia y juicio de los miembros, para determinar si los problemas identificados son lo suficientemente serios para justificar cambios. Si es así, ellos deben recomendar una solución en particular ó sugerir estudios posteriores. En algunas ocasiones una técnica de evaluación de riesgos en particular no puede dar toda la información necesaria para poder tomar decisiones, por lo que se necesita utilizar técnicas más detalladas (por ejemplo, una evaluación de riesgo cuantitativa).

Cuando usamos la evaluación de riesgos en procesos, equipos ó actividades, el análisis de riesgos se empieza haciendo las siguientes preguntas ⁽⁵⁾:

- ❖ ¿Que puede salir mal?
- ❖ ¿Cuales son las consecuencias y efectos y son estas aceptables?
- ❖ ¿Es la seguridad y los controles adecuados para hacer el riesgo aceptable?

Estas preguntas están encaminadas a poder entender los riesgos involucrados en los procesos, equipos ó actividades en estudio.



Los analistas deben utilizar primeramente su experiencia e intuición para entender el riesgo presente en las operaciones ó en los equipos. Si las organizaciones tienen una amplia experiencia y están estrechamente relacionados con los procesos y las operaciones, se necesitará una técnica de análisis formal no muy elaborada. En este caso, una herramienta de evaluación de riesgos basada en la experiencia por ejemplo check-list se utilizará para manejar el riesgo. Por el otro lado, cuando no se tiene como base una adecuada y amplia experiencia, la organización tendrá que valerse de una técnica de análisis que desarrolle "respuestas" a las tres preguntas relacionadas al riesgo para que la organización conozca sus necesidades para poder manejarlo. En estas situaciones, las organizaciones utilizan técnicas de evaluación de riesgo predictivas para poder evaluar de una manera creativa la importancia y el potencial de los accidentes. De manera general, las respuestas pueden obtenerse a través de la evaluación de riesgos, que cubre las siguientes etapas ⁽⁵⁾:

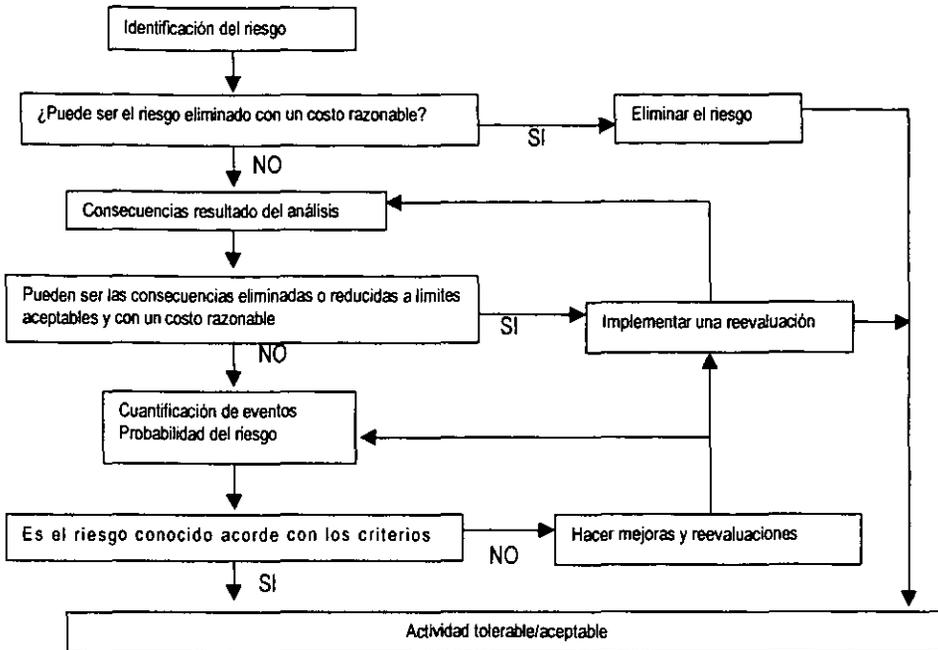
1A. ETAPA. Conocer a detalle las características de los procesos, los materiales utilizados y su entorno para la identificación primaria de la existencia de posibles riesgos reales y potenciales.

2A. ETAPA. Identificar los riesgos específicos existentes.

3A. ETAPA. Evaluar la magnitud del evento y cuantificar sus consecuencias posibles y si fuese necesario, evaluar la probabilidad de ocurrencia.

4A. ETAPA. Establecer las medidas preventivas necesarias para eliminar o minimizar el riesgo hasta el grado de aceptación del mismo.

Las técnicas específicas a aplicar en cada una de las etapas, dependerán de cada caso en particular y del grado de profundidad requerido. El resultado de la estimación de los riesgos debe ser comparado con criterios convenientes. El riesgo conocido se puede clasificar como ampliamente aceptable, pero si no, será necesario hacer mejoras para reducir la probabilidad del evento ó reducir las consecuencias posteriores. En un caso extremo donde no se pueden hacer mejoras, el riesgo se debe clasificar como intolerable. La fig. 4.1 muestra el procedimiento.



Fuente: *Using Qualitative Methods to Manage Risk*. P. F. McGrath. *Reliability Engineering and System Safety*. Vol 29, 1990.

Utilizando los métodos de evaluación de riesgos se puede ayudar a las organizaciones a entender mejor los riesgos asociados con sus procesos y como reducir la frecuencia y las consecuencias de los accidentes potenciales.

4.3 TECNICAS DE ANÁLISIS DE RIESGOS.

Existe una gran variedad de metodologías para la Evaluación de Riesgos, pero el uso de ellas debe ser selectivo con el fin de optimizar sus resultados. Antes de aplicar un método en particular, se deberán analizar sus ventajas y desventajas preguntándose invariablemente si nos dará las respuestas esperadas, en función de profundidad, tiempo, costo y aplicabilidad de resultados.

Si bien, la premisa es garantizar la óptima protección del ser humano, la propiedad y el ambiente, el costo de las medidas para lograrlo afectará los costos de producción, por lo que se requiere de una alta creatividad en la propuesta de soluciones para lograr el balance óptimo entre el costo del control y la efectividad en la eliminación ó reducción de los riesgos.

El propósito de este capítulo es resumir los aspectos importantes de cada una de las técnicas de evaluación de riesgos. Aunque las técnicas nombradas se les da un tratamiento igual, no todas ellas son apropiadas para cada conjunto de circunstancias particulares. Muchas de las técnicas son más adecuadas para desarrollar estudios generales de los riesgos en un proceso (usualmente en la vida temprana de un proceso) ⁽¹⁾. Estas técnicas (por ejemplo, Safety Review, Checklist Analysis, Relative Ranking, PHA, y What-If Analysis) son eficientes para ver un panorama general de los riesgos inherentes en una planta ó un proceso complejo. Usando estas técnicas antes que

un proceso sea puesto en operación puede mejorar significativamente el costo y la efectividad de los esfuerzos posteriores para mejorar la seguridad.

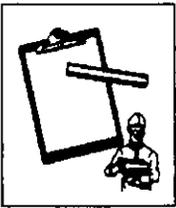
Otras técnicas de Evaluación de Riesgos nombradas (por ejemplo, What-If, Checklist Analysis, HAZOP, y FMEA) son excelentes alternativas para ejecutar análisis detallados de un amplio rango de riesgos durante la etapa de diseño del proceso y durante operaciones rutinarias ⁽¹⁾. Estas aproximaciones también son utilizadas para identificar situaciones de riesgo, que pueden ser estudiadas con técnicas de análisis más sofisticadas.

Algunas de las técnicas de Evaluación de Riesgos que se toman en cuenta en esta guía se reservan para usarlas en situaciones especiales que requieren un análisis con mayor detalle de una ó más situaciones de riesgo en específico⁽¹⁾. Estas técnicas (por ejemplo, Fault Tree Analysis, Event Tree Analysis, Cause-Consequence Analysis, y Human Reliability Analysis) requieren un entrenamiento y habilidad especial para aquellos que las realicen.

Para cada técnica de Evaluación de Riesgos ^(1,2), se cubren las siguientes áreas: descripción, propósito, tipos de resultados, y requerimientos de recursos. Las secciones "descripción, propósito, y tipos de resultados" definen cual organización se puede esperar para llevar a cabo estos métodos en particular. Esta información es esencial para entender la importancia de los factores que pueden influenciar la selección de una técnica apropiada de Evaluación de Riesgos.

Las secciones de "requerimiento de recursos" nos da una información básica de las habilidades, materiales y esfuerzo requerido para llevar a cabo los estudios de Evaluación de Riesgo. Para ayudar a entender la magnitud de la tarea que se está aceptando cuando se escoge una técnica de Evaluación de Riesgos en particular.

4.3.1. REVISIÓN DE LA SEGURIDAD (SAFETY REVIEW).



DESCRIPCIÓN. Indudablemente, la técnica Revisión de la Seguridad fue la primer técnica de Análisis de Riesgos utilizada. Esta técnica, que también se conoce con los nombres de Revisión de la Seguridad del Proceso (Process Safety Review), Revisión del Diseño (Review Design), ó Revisión para Prevenir las Pérdidas (Loss Prevention Review) se puede utilizar en cualquier etapa del proceso. Cuando se lleva a cabo en un proceso existente, involucra una inspección a pie que pueden variar desde una inspección informal de rutina en

forma visual, hasta una inspección formal que es llevada a cabo por un equipo, que puede tomar varias semanas. Para procesos que todavía están en etapa de diseño, un equipo involucrado con el diseño del proyecto puede, por ejemplo, revisar un conjunto de dibujos durante las reuniones.

Esta técnica está hecha para identificar las condiciones de la planta ó los procedimientos de operación que pueden causar un accidente, daño importante de la propiedad y un impacto al ambiente. La Revisión de la Seguridad usualmente se enfoca en las situaciones de mayor riesgo. Una Revisión de Seguridad típica incluye entrevistas con muchas gentes en la planta: operadores, gente de mantenimiento, ingenieros, gente de seguridad y otros, dependiendo de la organización de la planta. La Revisión de la Seguridad se debe ver como un esfuerzo en común para mejorar la seguridad y la ejecución de la planta y no como una interferencia a las operaciones normales. La cooperación es esencial; las personas pueden ponerse a la defensiva si no se realiza un esfuerzo para poder

presentar la revisión como un beneficio que afecta al personal de la planta y a los diseñadores. Involucrando a todos estos grupos tendremos como resultado una revisión completa.

Al final, los analistas recomiendan acciones específicas, justifican sus recomendaciones, fijan responsabilidades. Se debe planear una reinspección para verificar que las acciones correctivas se han completado correctamente.

PROPÓSITO. La Revisión de la Seguridad se puede utilizar para asegurar que la planta, sus operaciones y prácticas de mantenimiento se asemejen a las intenciones del diseño y los estándares de construcción. Los procedimientos de la Revisión de la Seguridad (1) mantienen al personal de operación alerta a los riesgos de proceso, (2) revisan los procedimientos de operación para las revisiones rutinarias necesarias, (3) se hacen búsquedas para identificar cambios de equipo o proceso que puedan introducir nuevos riesgos, (4) evaluaciones con base en el diseño de los sistemas de control y seguridad, y (5) revisar el mantenimiento adecuado y las inspecciones de seguridad. La técnica de revisión de la seguridad es utilizada usualmente para revisar la seguridad de un proceso en el momento de arranque del mismo.

TIPOS DE RESULTADOS. Los resultados de esta técnica son una descripción cualitativa de los problemas potenciales de seguridad y sugerencias de acciones correctivas. El reporte del equipo que realizó la inspección incluye las desviaciones con base a las intenciones del diseño, así como procedimientos autorizados y listas de nuevos descubrimientos en cuanto a seguridad. La responsabilidad de implementar las acciones correctivas recae en el encargado del manejo de la planta.

RECURSOS REQUERIDOS. Los miembros del equipo necesitan acceso a códigos y estándares aplicables, estudios previos de seguridad, una descripción detallada de la planta, como lo son los Diagramas de Tubería e Instrumentación, y Diagramas de Flujo, los procedimientos de la planta en cuanto a paros, puestas en operación, operación normal, mantenimiento y emergencias, reportes de accidentes personales, reportes de accidentes riesgosos, registros de mantenimiento, como lo son los chequeos de instrumentación crítica, pruebas de las válvulas de relevo de presión e inspección de contenedores y las características de los materiales de proceso por ejemplo, la información de toxicidad y reactividad.

El personal asignado a las inspecciones debe estar familiarizado con estándares de seguridad y procedimientos. Se necesitan habilidades técnicas especiales para evaluar la instrumentación, sistemas eléctricos, recipientes a presión, materiales de proceso, química y otros puntos que se les debe dar especial énfasis.

4.3.2. ANÁLISIS CHECK-LIST (CHECK-LIST ANALYSIS).



DESCRIPCIÓN. El análisis tipo Check-list usa una lista escrita de los elementos o pasos a seguir en un procedimiento para verificar el estado de un sistema, con lo que da una base común para el manejo de la revisión de un proceso u operación. Especifica aquellos aspectos de la planta que requieren mayor atención para un diseño seguro. La lista se deriva de códigos, regulaciones, estándares, accidentes pasados y juicio. Una Check-list tradicional varía ampliamente en el nivel de detalle y es frecuentemente usada para indicar

el cumplimiento de los estándares o prácticas. El enfoque de este análisis es fácil de usar y puede aplicarse en cualquier etapa de la vida del proceso.

Una Check-list detallada nos da la base para una evaluación estándar de los riesgos de un proceso y puede ser tan extensa como sea necesaria para poder satisfacer las distintas situaciones, pero debe de aplicarse concienzudamente para identificar problemas que requieran atención posterior. Las Check-list de riesgos generales son en ocasiones combinadas con otras técnicas de Análisis de Riesgos para evaluar las situaciones de riesgo. Están limitadas a la experiencia del autor; por eso, debe ser desarrollada por autores con gran experiencia de los sistemas que están analizando. Se deben de ver como un documento activo que se debe poner al día regularmente. Muchas organizaciones usan una Check-list estándar para controlar el desarrollo de un proyecto desde el diseño inicial hasta la terminación. La Check-list completa debe ser frecuentemente aprobada por las personas involucradas antes que el proyecto pueda pasar a la siguiente etapa, esto sirve como una forma de comunicación y control.

PROPÓSITO. Son usadas primeramente para asegurarse que la organización este de acuerdo con las prácticas descritas en los estándares. Son particularmente útiles al mostrar el comportamiento de riesgos conocidos, pero no son efectivas para prevenir el comportamiento de nuevos riesgos o nueva tecnología. En algunos casos, los analistas usan una Check-list más general en combinación con otros métodos de Análisis de riesgos para descubrir riesgos comunes, que la Check-list por si misma puede perder de vista.

TIPOS DE RESULTADOS. Para crear una Check-list típica, los analistas requieren estándares de diseño o prácticas de diseño, después las utilizan para crear una lista de preguntas basadas en deficiencias o diferencias. Una Check-list completa contiene respuestas a las preguntas "sí, no, no aplicable, o se necesita mayor información". Los resultados cualitativos varían dependiendo de las distintas situaciones, pero generalmente se deja una decisión "sí o no", para poder cumplir con los requisitos de los estándares. En suma, el conocimiento de estas deficiencias usualmente permite el desarrollo de una lista sencilla de alternativas posibles para mejorar la seguridad y ser tomada en cuenta por los supervisores.

RECURSOS REQUERIDOS. Para ejecutar de una manera apropiada esta técnica, se necesitan procedimientos de diseño ingenieriles y manuales que contengan prácticas operacionales y alguien que tenga un conocimiento básico del proceso a revisar. Si se tiene una Check-list disponible de un trabajo previo, el analista podría utilizarla mientras tiene la guía necesaria. Si no, una persona (generalmente varias personas) debe preparar una y ejecutar la evaluación. Una persona con experiencia o un ingeniero involucrado en el proceso debe revisar los resultados del análisis.

Este método es versátil, el tipo de evaluación desarrollada con esta Check-list puede variar: puede ser usado de una manera rápida para evaluaciones simples o para evaluaciones con una mayor profundidad. Esta es una manera efectiva y de bajo costo para identificar riesgos comunes.

4.3.3 CLASIFICACIÓN RELATIVA (RELATIVE RANKING).



DESCRIPCION. Es actualmente una estrategia de análisis muy utilizada y bien definida.

Esta estrategia permite a los analistas de riesgos comparar las características de muchos procesos o actividades para determinar si poseen características riesgosas que sean lo suficientemente importantes para justificar estudios posteriores. También se puede utilizar para comparar procesos, diseños o las opciones de distribución del equipo

y proporcionar información acerca de cual alternativa sea la mejor o menos riesgosa. Esta comparación está basada en valores numéricos que representan el nivel relativo de importancia que el analista da a cada riesgo. Los estudios se llevan a cabo generalmente en las etapas iniciales de un proceso, antes que el diseño detallado se termine o tempranamente en el desarrollo de un programa de análisis de riesgo de las instalaciones existentes. Sin embargo, también puede ser aplicado a un proceso existente para indicar con toda precisión los riesgos presentes en varios aspectos de la operación de un proceso.

Muchos métodos formales clasificados dentro de Porcentajes Relativos son ampliamente usados. Por ejemplo, the Dow Fire and Explosion Index (F&EI) ha existido desde hace muchos años.

El Dow F&EI evalúa la existencia e importancia de los riesgos de fuego y explosión en áreas extensas de proceso. El analista divide el proceso o actividad en unidades y asigna ciertos valores basándose en el material, características físicas y químicas y condiciones de proceso, en el arreglo de la planta considera la distribución del equipo además de otros factores. Todos estos factores se combinan en un registro F&EI que puede ser ordenado de forma comparativa a otras unidades de proceso que se han evaluado. El Dow F&EI también puede ser utilizado por analistas experimentados para darse una idea de donde se necesitan mejorar los sistemas generales de seguridad.

Otro sistema que es menos conocido es el índice llamado ICI Mond. Este índice se utiliza para evaluar los riesgos en cuanto a toxicidad de las sustancias químicas, además de los riesgos de fuego y explosión, asociados a un área de proceso u operación.

Muchas organizaciones han creado sus propios índices especializados para clasificar los riesgos asociados con las operaciones y los procesos. Por ejemplo, la Dow Chemical Company tiene muchos índices que utiliza para evaluar el manejo de los riesgos de sus actividades y procesos. Uno de ellos se llama Chemical Exposure Index (CEI). El CEI se usa para clasificar los riesgos referentes a la salud asociados con las fugas de químicos posibles. El CEI usa una simple fórmula para clasificar el uso de cualquier químico tóxico, basándose en cinco factores: 1) una medida de su toxicidad, 2) cantidad de material volátil disponible para fugarse, 3) distancias entre cada área de interés, 4) peso molecular del químico a evaluar, 5) variables de proceso que pueden afectar las condiciones de fuga como la temperatura, presión, reactividad, etc.

PROPOSITO. El principal propósito para usar los métodos de Clasificación Relativa es determinar el área de proceso u operación que es importante con respecto a un determinado riesgo en un estudio dado. La teoría detrás de los métodos de Clasificación Relativa tiene su origen en 3 preguntas básicas usadas en el análisis de riesgos 1) ¿Qué puede salir mal?, 2) ¿Cómo es? 3) y ¿Cuales son sus efectos?. La filosofía de las aproximaciones en este análisis es dirigir estas preguntas del análisis de riesgos para determinar la importancia relativa de procesos y actividades desde

un punto de vista de la seguridad antes de ejecutar estudios de evaluación de riesgos adicionales que puedan ser más costosos. Así, relaciones aproximadas de las características de los procesos se comparan para determinar cual área presenta el mayor riesgo. Posteriormente se deben realizar estudios de Evaluación de Riesgos en áreas específicas de interés.

TIPOS DE RESULTADOS. Todos los métodos de Clasificación Relativa tienen como resultados una lista de procesos, equipo, operaciones o actividades. Esta lista puede tener muchos elementos que representan niveles de importancia. Además de otros resultados como índices, registros, factores de escala, gráficas, etc. dependiendo de la técnica en particular que se usa para desarrollar la clasificación. Es importante notar que mientras estas técnicas tratan de contestar las 3 preguntas del análisis de riesgos de alguna manera, los analistas suelen no considerar los resultados de muchos estudios como una estimación preliminar de los riesgos asociados a un proceso o actividad, las técnicas de porcentajes relativos no se basan usualmente en una secuencia específica de accidentes, así, no pueden por sí mismos desarrollar recomendaciones específicas para mejorar la seguridad.

RECURSOS REQUERIDOS. La información requerida para este tipo de análisis depende de la técnica de que se trate. Generalmente, requiere datos básicos físicos y químicos de las sustancias usadas en el proceso o actividad. Estos estudios no requieren normalmente dibujos detallados de proceso, sin embargo, se necesita información de todo el material involucrado en el proceso, las condiciones de proceso y la distribución geográfica de las áreas de almacenaje.

Un estudio de esta naturaleza se puede efectuar por un solo analista. Sin embargo varios analistas pueden trabajar juntos en un proceso que sea largo o complejo cuando están familiarizados con estas técnicas y tienen acceso a todos los datos necesarios para el estudio. Siempre es mejor tener un analista entrenado trabajando con alguien que pueda rápidamente localizar e interpretar el material necesario y los datos de proceso necesarios para el analista. Aunque más de un analista se puede utilizar, depende de la complejidad y el tamaño del proceso o la actividad, número y tipo de riesgos, es crucial que todos los analistas sean uniformes en sus criterios para que sus juicios sean consistentes.

El tiempo y el costo para desarrollar un estudio de Evaluación de Riesgos usando las aproximaciones de estas técnicas de análisis dependen de la técnica escogida, los datos requeridos, y el número de áreas del proceso a evaluar.

4.3.4. ANÁLISIS QUE PASA SÍ (WHAT IF ANALYSIS).



DESCRIPCION. Es una aproximación que utiliza una lluvia de ideas donde un grupo de gente con experiencia y familiarizada con el proceso en cuestión, hace preguntas o da opiniones relacionadas con eventos indeseables que se pueden presentar. Esta técnica no está inherentemente estructurada como otras técnicas por ejemplo HAZOP, en lugar de ello, se requiere que el analista adopte los conceptos básicos a la aplicación específica.

Muy poca información se ha publicado del método de análisis y su aplicación, sin embargo, es frecuentemente utilizada en la industria al inicio de cada etapa de proceso.

Los conceptos del análisis Que Pasa Sí, fomentan al equipo de Análisis de Riesgos a pensar en preguntas que empiezan con "Que pasa si". Pero también se puede expresar cualquier idea de interés, aun cuando no se pueda estructurar como una pregunta, por ejemplo: 1) Estoy interesado en agregar el material equivocado deliberadamente, 2) ¿Que pasaría si la bomba A se para durante el arranque? y 3) ¿Qué pasa si el operador abre la válvula B en vez de la A?.

Usualmente se escriben todas las preguntas en un procesador de palabras. Posteriormente se dividen las preguntas en áreas específicas de investigación (usualmente relacionado a las consecuencias de interés), tal como la seguridad en la instalación eléctrica, protección contra incendios o seguridad personal. Las preguntas son formuladas basándose en la experiencia y aplicadas a dibujos existentes y a descripciones de proceso. Para una planta en operación, la investigación debe incluir entrevistas con el equipo de planta que no tenga que ver con el equipo de Evaluación de Riesgos, (no hay un modelo específico para estas preguntas, únicamente el líder brinda un modelo lógico como el dividir el proceso en sistemas funcionales). Las preguntas pueden dirigirse a cualquier condición anormal relacionada con la planta, no solamente a las fallas de los componentes o variantes del proceso.

PROPOSITO. El propósito del análisis es identificar los riesgos, situaciones de riesgo o eventos que pueden causar accidentes u otro tipo de consecuencia indeseable. Un grupo experimentado de gente identifica las posibles situaciones que involucren accidentes, sus consecuencias y posibles medidas de seguridad, luego sugiere alternativas para reducir los riesgos. El método puede involucrar un examen de las desviaciones posibles a partir de las intenciones de diseño, construcción, modificación u operación. Esto requiere un conocimiento básico de la intención del proceso, junto con la habilidad de captar mentalmente las posibles desviaciones tomando como base las intenciones del diseño que pueden producir accidentes. Este es un método poderoso si el equipo tiene suficiente experiencia, de otro modo los resultados serán probablemente incompletos.

TIPOS DE RESULTADOS. De esta simple manera la técnica de análisis Que Pasa Sí genera una lista de preguntas y respuesta acerca del proceso. También puede dar como resultado una lista en forma de tabla de las situaciones riesgosas (sin porcentajes o implicaciones cuantitativas para los escenarios identificados de accidentes potenciales), sus consecuencias, medidas de seguridad y posibles opciones para poder reducir el riesgo.

REQUERIMIENTO DE RECURSOS. Ya que el análisis Que Pasa Sí es muy accesible, se puede ejecutar en cualquier etapa de la vida del proceso, usando toda la información del proceso (diagramas de flujo de proceso, diagramas de tubería e instrumentación, procedimientos de operación, etc.) y el conocimiento disponible. Para cada área del proceso, se deben asignar 2 o 3 personas para desarrollar el análisis. Es mejor usar un grupo numeroso para un proceso complejo, dividiendo el proceso en partes más pequeñas y utilizar un grupo pequeño asignado a cada área por un largo periodo de tiempo.

El tiempo y costo del análisis Que Pasa Sí son proporcionales a la complejidad del proceso y el número de áreas que se vayan a analizar. Una vez que la organización ha ganado experiencia con el método de análisis puede llegar a ser un método eficiente y de bajo costo para evaluar los riesgos durante cualquier fase del proyecto.

4.3.5. ANÁLISIS QUE PASA SÍ/CHECK-LIST (ANALYSIS WHAT-IF/CHECK-LIST).



DESCRIPCION. Esta técnica de análisis combina la creatividad y los rasgos característicos de la lluvia de ideas del método de análisis Que pasa sí, con los rasgos sistemáticos que caracterizan al método de análisis Check-list. Este método híbrido capitaliza la fuerza y al mismo tiempo compensa las deficiencias individuales de las aproximaciones hechas por medio de estos dos métodos de forma individual. Por ejemplo, el método de análisis Check-list es una técnica basada en la experiencia y la

calidad del estudio es fuertemente dependiente de la experiencia de los autores. Si la Check-list no está completa, entonces el analista no puede señalar efectivamente las situaciones de riesgo. La porción correspondiente al análisis Que Pasa Si fomenta al equipo de Evaluación de Riesgos a considerar los eventos potenciales que involucren accidentes y sus consecuencias, lo cual está más allá de las habilidades de la técnica Check-list. Recíprocamente, la porción que le corresponde a la Check-list permite tener un método más sistemático de una manera natural, lo cual no se da en un análisis Que Pasa Si. La técnica de análisis Que Pasa Si/check-list se puede utilizar en cualquier etapa de la vida del proceso.

Como otros métodos de Análisis de Riesgos, el método trabaja mejor cuando se realiza con un equipo experimentado en el proceso en cuestión. Esta técnica es generalmente usada para analizar los riesgos más comunes que existen en un proceso. Generalmente esta técnica de análisis es la primera evaluación de riesgos realizada para un proceso y es un precursor de estudios posteriores que son más detallados.

PROPOSITO. El propósito de esta técnica es identificar los riesgos y considerar los tipos de accidentes generales que pueden ocurrir en un proceso o actividad además de evaluar de una forma cualitativa el efecto de esos accidentes y determinar si las medidas de seguridad contra estas situaciones potenciales de riesgo son adecuadas. Frecuentemente, los miembros del equipo de Evaluación de Riesgos pueden sugerir rutas para reducir el riesgo en el proceso.

TIPOS DE RESULTADOS. Usualmente se genera una tabla de situaciones de accidentes potenciales, efectos, medidas de seguridad y herramientas de acción. En los resultados también se puede incluirse una Check-list completa. Sin embargo, algunas organizaciones prefieren usar en el documento un estilo narrativo como resultado del estudio.

REQUERIMIENTO DE RECURSOS. Se requiere la información necesaria para desarrollar las técnicas por separado. El análisis es desarrollado por un equipo de personas con experiencia en el diseño, operación y mantenimiento del proceso en cuestión. El número de personas necesarias para realizar el estudio depende de la complejidad del proceso, y en algunas ocasiones, de la etapa de la vida del proceso que se vaya a evaluar. Normalmente, un estudio de Análisis de Riesgos que utiliza esta técnica requiere poca gente y pocas reuniones comparándola con otras técnicas de análisis más estructuradas como lo es el HAZOP.

4.3.6. ANÁLISIS DE RIEGOS Y OPERABILIDAD (HAZARD AND OPERABILITY ANALYSIS).



DESCRIPCION. La técnica de Análisis de Riesgo y Operabilidad (HAZOP) fue desarrollada para identificar y evaluar los riesgos en una planta de proceso e identificar problemas operacionales los cuales, aunque no son riesgosos, podrían comprometer la habilidad de la planta para alcanzar la productividad esperada en el diseño. Aunque originalmente se desarrolló para anticiparse a los problemas de riesgo y operabilidad de

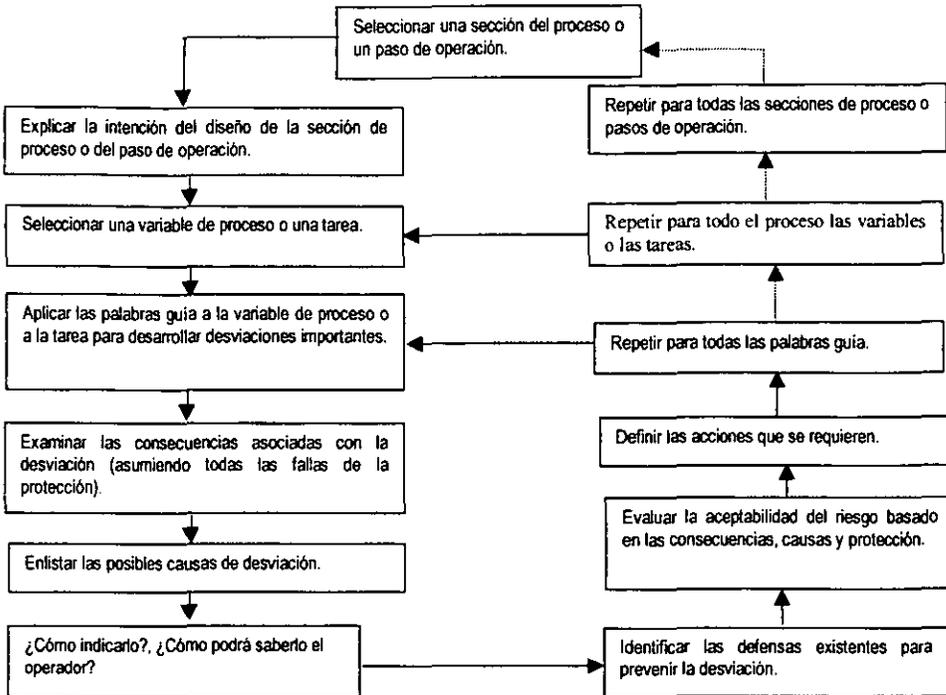
tecnología con la cual las organizaciones tenían poca experiencia, se encontró que es efectiva para utilizarse en operaciones ya existentes. Para utilizar esta técnica se requiere información detallada relacionada con el diseño y operación del proceso. Es más frecuentemente utilizada para analizar procesos durante o después de la etapa de detalle del diseño.

En el análisis HAZOP, un equipo interdisciplinario usa aproximaciones creativas y sistemáticas para identificar los riesgos y problemas de operabilidad que resultan de las desviaciones de las condiciones de diseño del proceso que puede provocar consecuencias indeseables. Un líder de equipo con experiencia de manera sistemática guía al equipo a través del diseño de la planta usando un conjunto de palabras ya establecidas (llamadas palabras guía). Estas palabras guía se aplican a puntos específicos o "nodos de estudio" del diseño de la planta y son combinados con parámetros específicos del proceso para identificar las desviaciones potenciales comparándolas con las esperadas de operación.

La siguiente tabla enlista el conjunto clásico de palabras guía más frecuentemente utilizadas para el análisis de procesos.

PALABRA GUÍA	SIGNIFICADO
NO (NOT)	La completa negación de esa intención.
MÁS (MORE)	Incrementa cuantitativamente
MENOS (LESS)	Decrece cuantitativamente
ASI COMO (AS WELL AS)	Incrementa cualitativamente
PARTE DE (PART OF)	Decrece cualitativamente
REVERSA (REVERSE)	La oposición lógica de la intención
OTRA COSA QUE (OTHER THAN)	Completa sustitución

Por ejemplo, la palabra guía "no" combinada con el parámetro de proceso "flujo" da como resultado la desviación "no-flujo". En algunas ocasiones, el líder puede utilizar una Check-list o experiencias de proceso para ayudar al equipo a desarrollar la lista necesaria de desviaciones que el equipo puede considerar en las reuniones de HAZOP. El equipo posteriormente se pone de acuerdo en las posibles causas de las desviaciones (por ejemplo sobrecalentamiento de la bomba) y las medidas de seguridad aplicables a las desviaciones (por ejemplo, una válvula de relevo de presión en la línea de descarga de la bomba). Si las causas y consecuencias son importantes y las medidas de seguridad inadecuadas, el equipo puede recomendar acciones para el manejo adecuado. En algunas ocasiones, el equipo puede identificar una desviación con causa realista pero con consecuencias desconocidas (por ejemplo, un producto de reacción desconocido) y recomendar estudios posteriores para determinar las posibles consecuencias. A continuación se muestra un diagrama de flujo del método de análisis HAZOP.



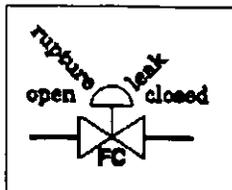
PROPÓSITO. El propósito de esta técnica es un repaso cuidadoso del proceso o de la operación de una manera sistemática para determinar si las desviaciones de proceso pueden dar paso a consecuencias indeseables. Esta técnica puede utilizarse para proceso continuo o batch y puede ser adaptado para evaluar procedimientos escritos. El equipo de HAZOP enlista las causas potenciales y consecuencias de las desviaciones al igual que las medidas de seguridad que puedan proteger contra las desviaciones. Cuando el equipo determina que existe una protección inadecuada para una desviación real, se recomienda usualmente acciones para reducir el riesgo.

TIPOS DE RESULTADOS. Los resultados de este análisis son las desviaciones encontradas, que incluyen problemas de operación y riesgos, además de recomendaciones para hacer cambios en el diseño, procedimientos, etc. y recomendaciones para llevar a cabo estudios de áreas donde no se pudieron hacer conclusiones debido a la falta de información. Los resultados de las discusiones del equipo relacionadas con las causas, efectos y medidas de seguridad para las desviaciones de cada nodo o sección del proceso se registran en una tabla.

REQUERIMIENTO DE RECURSOS. El análisis HAZOP requiere diagramas de tubería e instrumentación correctos y al día o dibujos equivalentes y otro tipo de información detallada del proceso, como lo son los procedimientos de operación. Un análisis HAZOP también requiere gran conocimiento del proceso, la instrumentación y la operación; esta información es usualmente dada por los miembros del equipo los cuales son expertos en el área. Son parte esencial para la eficiencia y alta calidad del análisis HAZOP, líderes entrenados y con experiencia.

Un equipo de trabajo para un proceso largo y complejo, podría consistir de 5 o 7 personas con experiencia variada: diseño, ingeniería, mantenimiento, etc. Para un proceso simple o en un repaso de alcance limitado, un equipo puede tener 3 o 4 personas (siempre y cuando la gente tenga la habilidad técnica necesaria además de experiencia).

4.3.7. ANALISIS MODO DE FALLAS Y CONSECUENCIAS (FAILURE MODES AND EFFECTS ANALYSIS).



DESCRIPCIÓN. Evalúa las maneras en que los equipos pueden fallar (o pueden ser operados inapropiadamente) y los efectos que estas fallas pueden tener en una instalación. Esta descripción de fallas da una base a los analistas para determinar que cambios pueden hacerse para mejorar el diseño de algún sistema. Durante este análisis el analista define fallas simples del equipo (usualmente eléctricas o mecánicas) y determina los efectos locales y en la totalidad del sistema. Cada falla es considerada como un caso independiente sin ninguna relación con otra falla en el sistema, excepto para los subsecuentes efectos que ella misma produce.

Es más conveniente para instalaciones donde el peligro provenga del equipo mecánico, fallas eléctricas, etc. pero no en la totalidad del proceso (en contraste con el HAZOP que es aplicado a todo el proceso, en donde el peligro viene de los materiales peligrosos en el proceso químico). Puede ser usado para complementar el HAZOP para un equipo en específico, pero no se recomienda como un método de identificación general en un proceso químico.

PROPÓSITO. El propósito de esta técnica es identificar las maneras en que los equipos y los sistemas pueden fallar y de cada modo de falla, los efectos potenciales en el sistema. Este análisis típicamente genera recomendaciones para incrementar la seguridad en el equipo, con lo cual se mejora la seguridad en el proceso.

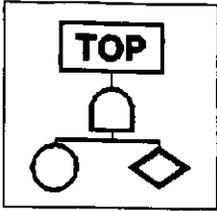
TIPOS DE RESULTADOS. Se genera una lista cualitativa del equipo, modos de fallas y efectos. En los peores casos estima el resultado de las consecuencias de una falla en particular. Estos resultados se pueden poner fácilmente al día en los cambios de diseño, modificaciones de los sistemas o de la planta. Los resultados son regularmente documentados en una tabla. Este análisis de riesgos generalmente incluye sugerencias para mejorar la seguridad de los correspondientes elementos en la tabla.

RECURSOS REQUERIDOS. Para poder utilizar esta técnica, se requieren los siguientes datos y fuentes de información: Una lista del equipo, diagramas de tubería e instrumentación, conocimiento del funcionamiento del equipo y los modos de fallas, conocimiento del funcionamiento de los sistemas o de la planta y como responden a las fallas del equipo.

Esta técnica puede ser realizada por un solo analista, pero este analista debe ser revisado por otros para asegurarse de que este completo. Todo analista involucrado debe estar familiarizado con las funciones del equipo, la manera en que los equipos pueden fallar y como las fallas pueden afectar otras porciones del sistema o planta.

El tiempo y costo son proporcionales al tamaño del proceso y el número de componentes a analizar.

4.3.8. ANALISIS ÁRBOL DE FALLAS (FAULT TREE ANALYSIS).



DESCRIPCIÓN. Es una técnica deductiva que se enfoca en un accidente en particular o la principal falla de un sistema (llamada Evento Tope, como una "explosión en un reactor") y basándose en ella, se construye un modelo gráfico en el que despliega las distintas combinaciones de fallas de los equipos, fallas en general y errores humanos que pueden producirlo. Es un método para analizar eventos riesgosos, una vez que estos eventos se han identificado por alguna otra técnica.

La fuerza de este análisis es su habilidad para identificar las combinaciones de las fallas básicas del equipo y errores humanos que pueden provocar el accidente, esto permite al analista enfocarse en las medidas de prevención de las causas comunes de accidentes para reducir la probabilidad de ocurrencia de los mismos.

Como una herramienta cualitativa, permite al analista determinar los efectos al cambiar o añadir componentes al sistema, por ejemplo, redundancias, alarmas independientes de alto nivel o interruptores.

PROPÓSITO. Identifica las combinaciones de fallas del equipo y errores humanos que pueden causar un accidente en particular. Es frecuentemente empleado en situaciones donde otras técnicas de Evaluación de Riesgos (por ejemplo, análisis HAZOP) indican con toda precisión un accidente importante de interés que requiere un análisis más detallado.

TIPOS DE RESULTADOS. Se puede utilizar durante el diseño, modificación u operación de las instalaciones. Los resultados son cualitativos, pero pueden ser cuantitativos si se tienen datos de porcentajes para cada falla involucrada en el evento.

Produce modelos lógicos de fallas en los cuales utiliza boléanos (por ejemplo, y, o, etc.) para describir como las fallas del equipo y los errores humanos se pueden combinar para causar una falla en particular. Muchos arboles de fallas pueden ser consecuencia del análisis de un proceso largo; el número real de modelos depende de que tan selectivo fue el analista en escoger el evento o eventos tope de interés. Usualmente, con cada modelo lógico se genera una lista de fallas, llamadas conjunto mínimo de corte que pueden producir el evento tope. Esta lista de conjunto mínimo de corte puede ser cualitativamente clasificado por el número y tipo de fallas en cada conjunto de corte (por ejemplo de procedimientos, de operación, etc.). Una inspección de estas listas revela las debilidades de los diseños u operaciones para las cuales los analistas sugieren alternativas para el mejoramiento de la seguridad.

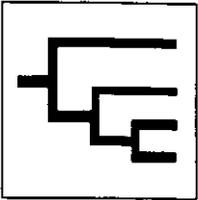
REQUERIMIENTO DE RECURSOS. Para poder utilizarlo se necesita un conocimiento detallado de cómo funciona la planta o el sistema, diagramas de tubería e instrumentación, dibujos de equipo y de proceso detallados, procedimientos de operación, conocimiento de los modos de falla y sus efectos y analistas con un conocimiento detallado del proceso.

Posteriormente, los modelos deben ser revisados por los ingenieros, operadores y otro tipo de personal que tenga experiencia en la operación con el sistema y el equipo que se incluye en el análisis. El analista debe tener acceso a toda la información necesaria para definir las fallas que contribuyen al evento tope. Se puede utilizar un equipo para realizar las aproximaciones si el proceso es extremadamente complejo o se necesita más de un árbol de fallas, con cada uno de los miembros concentrados en un solo árbol de fallas a la vez. Se necesita la interacción entre los

ESTA TESIS NO SALE DE LA BIBLIOTECA

miembros del equipo y otro personal con experiencia para asegurar la consistencia en el desarrollo de la unión o relación de los modelos. El tiempo y el costo requerido para este análisis dependen de la complejidad del sistema y el número de Eventos Tope a analizar.

4.3.9. ANALISIS ARBOL DE EVENTOS (EVENT TREE ANALYSIS).



DESCRIPCIÓN. Un árbol de eventos muestra gráficamente las posibles consecuencias de un evento inicial (una falla específica del equipo o un error humano). Además, considera las respuestas de los sistemas de seguridad y de los operadores al evento inicial. Estos resultados describen las posibles consecuencias de los accidentes en términos de la secuencia de los eventos (éxito o falla de las funciones de seguridad) que siguen a un evento inicial. Este tipo de análisis es ideal para analizar procesos complejos que tienen

muchas etapas y sistemas de seguridad o procedimientos de emergencia para responder a eventos específicos iniciales.

A diferencia de la técnica de análisis árbol de fallas (un proceso de razonamiento deductivo), el análisis árbol de eventos es un proceso inductivo donde el analista empieza con un evento inicial y desarrolla las posibles secuencias de eventos que conducen a accidentes potenciales. Provee un camino sistemático para registrar la secuencia de los accidentes y definir las relaciones entre los eventos iniciales y eventos subsecuentes que pueden producir accidentes. De esta manera, puede tomar un rol muy útil en la identificación de riesgos.

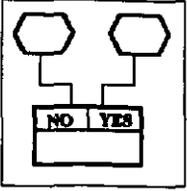
PROPÓSITO. Es utilizado para identificar las consecuencias de los accidentes que pueden ocurrir en un proceso complejo. Después que estas secuencias individuales de accidentes son identificadas, las combinaciones específicas de las fallas que pueden producir accidentes pueden ser determinados por el análisis de árbol de fallas.

TIPO DE RESULTADOS. Los resultados de este análisis son los modelos de árbol de fallas y el éxito o la falla de los sistemas de seguridad. Siguiendo la ocurrencia del evento inicial, se ilustran los eventos posteriores que podrían causar accidentes. Los analistas utilizan estos resultados para identificar las debilidades de los procedimientos, y normalmente dar recomendaciones para reducir las consecuencias de los accidentes potenciales analizados.

REQUERIMIENTO DE RECURSOS. Para utilizarlo se requieren conocimientos de los eventos iniciales (esto es, fallas de equipo o fallas de los sistemas que pueden ser una causa potencial para accidentes), y conocimiento de cómo funcionan los sistemas de seguridad y los procedimientos de emergencia que pueden minimizar los efectos potenciales de cada evento inicial.

Este análisis se puede desarrollar por un solo analista siempre y cuando el analista tenga un conocimiento detallado de los sistemas, pero es preferible un equipo de 2 a 4 personas. Las aproximaciones de los equipos promueven una lluvia de ideas, que da como resultado un árbol de eventos más complejo. El equipo debe incluir por lo menos un miembro con conocimientos del análisis de árbol de eventos y los miembros restantes deben tener conocimientos de los procesos y experiencia de trabajo con los sistemas de interés. Los requerimientos de tiempo y costo para el análisis dependen del número y complejidad de los eventos iniciales y las funciones de seguridad incluidas en el análisis.

4.3.10. ANALISIS CAUSA-CONSECUENCIA (CAUSE-CONSEQUENCE ANALYSIS).



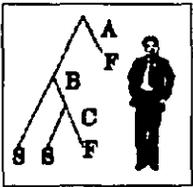
DESCRIPCIÓN. Es una mezcla de los análisis árbol de eventos y árbol de fallas, (discutidos en las secciones precedentes). La fuerza del análisis es el diagrama producido por esta técnica, donde se despliegan las relaciones entre las consecuencias de los accidentes y sus causas básicas. Esta técnica se utiliza cuando los accidentes analizados son simples, ya que la forma gráfica, que combina ambos árboles, puede llegar a ser muy complicada.

PROPÓSITO. Como el nombre lo sugiere, el propósito del análisis es identificar las causas básicas y las consecuencias potenciales de los accidentes.

TIPOS DE RESULTADOS. Este análisis genera diagramas representando la secuencia de los accidentes y descripciones cualitativas de las consecuencias de ellos.

REQUERIMIENTO DE RECURSOS. Se requieren conocimientos de los componentes de las fallas y de los procesos que pueden producir accidentes, conocimiento de sistemas de seguridad o procedimientos de emergencia que puede influir en las consecuencias de los accidentes, conocimiento de los impactos potenciales de todas estas fallas. El análisis se realiza mejor por un equipo pequeño (2 a 4 gentes) con experiencia variada. Un miembro del equipo debe tener experiencia con este análisis (ó alguna de las dos técnicas base), mientras que los miembros restantes deben tener experiencia con el diseño y operación de los sistemas incluidos en los análisis. El requerimiento de tiempo y el costo para realizarlo es fuertemente dependiente del número, complejidad, de los eventos incluidos en el análisis.

4.3.11. ANALISIS DE LA CONFIABILIDAD DEL FACTOR HUMANO (HUMAN RELIABILITY ANALYSIS).



DESCRIPCIÓN. Es una evaluación sistemática de los factores que influyen en el comportamiento y el desempeño de los operadores, personal de mantenimiento, técnicos, y otro personal de planta. Describe las tareas físicas y características ambientales, junto con las habilidades, conocimiento y capacidades requeridas para aquellos que realizan alguna tarea. Es utilizado para investigar las causas de los errores humanos. El análisis se realiza en conjunto con otras técnicas de evaluación de riesgos.

PROPÓSITO. El propósito del análisis es identificar las causas potenciales de los errores humanos y sus efectos.

TIPOS DE RESULTADOS. Enlista sistemáticamente los errores probables encontrados durante la operación normal o de emergencia, los factores que contribuyen a esos errores y propuestas para realizar modificaciones a los sistemas para reducir la probabilidad de esos errores. Los resultados son cualitativos, pero pueden ser cuantificados. El análisis incluye la identificación de las interfaces del sistema que son afectados por algunos errores en particular y esos errores se clasifican basándose en la probabilidad de ocurrencia o la gravedad de las consecuencias. Los resultados son fácilmente puestos al día para los cambios de diseño, sistema, planta, o modificaciones en el entrenamiento.

REQUERIMIENTO DE RECURSOS. Para utilizar el análisis se requieren procedimientos de la planta; información proveniente de entrevistas con el personal de la planta, conocimiento de la distribución de la planta, funcionamiento o distribución de las tareas, localización del panel de control y localización del sistema de alarma.

Los requerimientos del equipo varía dependiendo del alcance del análisis. Generalmente, 1 o 2 analistas con entrenamiento en factores humanos se necesitan para realizarlo con facilidad. Los analistas deben conocer las técnicas de entrevistas y deben tener acceso al personal de la planta, la información pertinente, así como procedimientos o esquemas de las instalaciones. Los analistas deben conocer (o conocer a alguien que tenga conocimiento) de las consecuencias causadas por los errores humanos.

El tiempo y costo para este tipo de análisis son proporcionales al tamaño y número de tareas, sistemas o errores a analizar.

Referencias

- (1) Risk Assessment in the Process Industries. Robin Turney, Robin Pitblado. Galliard. United Kingdom. 1996.
- (2) Hazard evaluation procedures. Guidelines. Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers. AIChE. New York. 1995.
- (3) An Overview of Process Hazard Evaluation. M.G. Gressel and J.H. Gideon. American Industrial Hygiene Association Journal. Vol. 52, No. 4, Abril 1991.
- (4) Process Risk Evaluation-What Method to Use?. D.F. Montague. Reliability Engineering and System Safety, Vol 29. Elsevier Science Publishers. England.1990.
- (5) Using Qualitative Methods to Manage Risk. P. F. McGrath. Reliability Engineering and System Safety. Vol 29, 1990.
- (6) Selection of Hazard Evaluation Methods. S.L. Nicolosi and F.L. Leverenz. AIChE Summer National Meeting. Denver. Agosto 1988.
- (7) Risk Analysis in the Process Industries. European Federation of Chemical Engineering Publication No. 45. Institution of Chemical Engineers. Rugby, England. 1985.

TEMA 5

ANÁLISIS DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS

Las aplicaciones de la química analítica son muy amplias. Se han desarrollado muchos métodos de análisis, ingeniosos y variados y la investigación para encontrar métodos nuevos avanza a gran velocidad, este desarrollo ha sido motivado en gran parte por las necesidades inherentes a la rápida expansión de la economía industrial y también al desarrollo intenso de programas de investigación en diversos campos.

5.1. NATURALEZA DE LA QUÍMICA ANALÍTICA.

La química analítica trata de la separación y análisis de sustancias químicas e incluye el análisis cualitativo y el análisis cuantitativo ⁽¹⁾. El análisis cualitativo determina qué elementos ó compuestos están presentes en una muestra, el análisis cuantitativo determina en qué cantidad están presentes ⁽²⁾. El objetivo inmediato del análisis cuantitativo es contestar la pregunta "¿Cuánto?" por ejemplo, ¿Cuánto plaguicida se encuentra en un manto de agua subterránea?. Posteriormente aplicar este conocimiento, como puede ser una investigación científica, una decisión política, etc.

El análisis cuantitativo es necesario no sólo en química, sino también en otros campos de la ciencia, tecnología y comercio. Algunas aplicaciones importantes de la química analítica son las siguientes ⁽²⁾:

RELACIÓN ENTRE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y LAS PROPIEDADES FÍSICAS. La eficiencia de un catalizador, las propiedades mecánicas de un metal, el funcionamiento de un combustible, etc., dependerá en gran parte de su composición química.

CONTROL DE CALIDAD. El análisis químico, es vital para mantener la buena calidad del aire que respiramos y del agua que bebemos. Es necesario establecer normas y realizar análisis frecuentes para verificar que las normas se cumplan. En la industria el análisis es necesario para comprobar que las materias primas cumplan con las especificaciones y para verificar la pureza del producto terminado.

DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE UN CONSTITUYENTE VALIOSO. Algunos ejemplos son: la cantidad de uranio en un mineral y el contenido proteico de los alimentos.

INVESTIGACIÓN. La química analítica es de importancia fundamental en muchos proyectos de investigación. Algunos ejemplos son analizar el producto de la competencia, analizar mezclas de reacción para ver qué condiciones dan el mejor rendimiento del producto deseado, etc.

5.2. CLASIFICACIÓN DEL ANÁLISIS CUANTITATIVO.

El análisis cuantitativo como se dijo anteriormente, se interesa en la determinación de qué cantidad de una sustancia en particular está presente en una muestra; la sustancia determinada muchas veces se llama componente deseado ó analito y puede constituir una pequeña ó gran parte de la muestra analizada. Si el analito es más del 1% de la muestra, se considera que es un componente principal, si es del 0.01 al 1% de la muestra, se

considera un componente menor, finalmente, una sustancia que está presente en una cantidad menor a 0.01% se considera como un componente vestigial ⁽¹⁾.

El análisis cuantitativo se clasifica de la forma siguiente ⁽³⁾:

ANÁLISIS COMPLETO. Se determina cuantitativamente la cantidad de cada constituyente de la muestra, por ejemplo, un análisis total de una muestra de gasolina indicaría el porcentaje de cada uno de los compuestos presentes (hidrocarburos, tetraetilo de plomo, etc.). Sería una pérdida de tiempo realizar el análisis con muchas muestras, más bien se realiza un análisis de un número determinado de especies.

ANÁLISIS ELEMENTAL. Se determina la cantidad de cada elemento contenido en la muestra, sin importar los compuestos reales ó iones presentes. Un análisis elemental de gasolina indicaría el porcentaje de carbono, hidrógeno, oxígeno, plomo, fósforo, etc.

ANÁLISIS PARCIAL. Se determina la cantidad de un constituyente determinado en una muestra. Un análisis parcial de gasolina indicará el porcentaje de tetraetilo de plomo ó el porcentaje de hidrocarburos aromáticos. En el análisis rutinario de tabletas de aspirina comerciales la cantidad de impurezas en el ácido salicílico suele ser el mejor indicador de pureza. A menudo, un análisis parcial proporcionará toda la información analítica necesaria.

5.3. ESCALA DEL ANÁLISIS CUANTITATIVO.

Otra clasificación del análisis cuantitativo se puede basar en el tamaño de la muestra con la que se cuenta para el análisis. Los límites que se dan a continuación no deben considerarse fijos, sino solo aproximados y en general son como sigue ⁽⁴⁾:

MACRO. Se habla de análisis macro cuando el peso de la muestra disponible es mayor de 0.1g.

SEMIMICRO. Los análisis semimicro se realizan con muestras de 10 a 100 mg (0.01 a 0.1g).

MICRO. Los análisis micro tratan con muestras que pesan de 1 a 10 mg (0.001 a 0.01g).

ULTRAMICRO. Los análisis ultramicro involucran muestras del orden del microgramo ($1 \mu\text{g} = 10^{-6} \text{g}$). El análisis ultramicro se aplica a la determinación de trazas de sustancias en muestras grandes ó al análisis de muestras muy pequeñas.

5.4. PASOS A SEGUIR EN UN ANÁLISIS QUÍMICO.

Aunque los métodos que se emplean en la química analítica son muy variados, la mayoría de los análisis tienen varias operaciones comunes. Un análisis consta en realidad de cuatro pasos principales ⁽⁵⁾: 1) muestreo, esto es, seleccionar una muestra representativa del material que va a ser analizado, 2) conversión del analito a una forma adecuada para la medición, 3) medición y 4) cálculo e interpretación de las mediciones.

Además de los pasos arriba mencionados, se pueden requerir otras operaciones. Si la muestra es sólida, puede ser necesario secarla antes de realizar el análisis. Los sólidos también necesitan ser disueltos en un solvente adecuado antes de la medición y debe hacerse una medición precisa del peso de la muestra (del volumen si se trata de un gas), ya que los resultados analíticos se reportan por lo general, en términos relativos, por ejemplo, el número de gramos de analito por 100g de muestra (por ciento en peso).

5.4.1. MUESTREO.

El principal problema del muestreo es obtener una muestra de "tamaño laboratorio" que sea representativa de todos los componentes y sus correspondientes cantidades.

SÓLIDOS. El primer paso en el procedimiento de muestreo es seleccionar una gran porción, llamada muestra gruesa, la cual, aunque no es homogénea, representa la composición promedio de toda la masa. El tamaño de la muestra necesaria, depende de factores como son el tamaño y la homogeneidad de la masa.

Después de que se ha seleccionado la muestra, ésta se muele o tritura, se mezcla sistemáticamente y se reduce de tamaño. Existe un aparato mecánico para subdividir la muestra y se conoce como separador. El separador consiste en una hilera de pequeños canales inclinados acomodados en forma tal que los canales alternados descargan la muestra en direcciones opuestas, de esta manera, la muestra se divide en dos en forma automática.

Es probable que en el laboratorio se haga una molienda posterior de la muestra, utilizando un mortero. Muchas veces es necesario moler la muestra hasta que pase por un tamiz de cierta medida. Se espera que la muestra final del laboratorio, como de 1g, sea representativa de la muestra gruesa. Los datos analíticos obtenidos solamente serán buenos si se ha tenido cuidado en el procedimiento de muestreo.

LÍQUIDOS. Si el líquido que va a ser analizado es homogéneo, el procedimiento de muestreo es fácil. El proceso es mucho más difícil si el líquido es heterogéneo. En el caso de un líquido que circula, digamos, en un sistema de tubería, muchas veces las muestras se toman en diferentes puntos del sistema. En un lago ó en un río, las muestras se pueden tomar en varios sitios y a diferentes profundidades. Algunas veces, puede ser que el analista no desee tener una muestra promedio de todo el sistema líquido, por ejemplo, al probar la purificación de un río contaminado con aguas fecales, las muestras pueden tomarse en cierto lugares corriente abajo de la desembocadura de la alcantarilla.

Los aparatos conocidos como muestreadores de gancho pueden utilizarse para recolectar muestras de grandes cantidades de agua a diversas profundidades. Tal aparato consiste en una botella para la muestra, que está dentro de un recipiente de metal lo suficientemente pesado para llevar la botella vacía hasta la profundidad deseada. La botella está cerrada con un tapón que tiene una cuerda unida a él y que es sostenida por la persona que está tomando la muestra. El aparato se baja hasta la profundidad deseada, se jala el tapón y la botella se llena. El muestreador puede tener una válvula de flotador que cierra la botella en forma automática después de que se ha llenado.

GASES. Hoy en día se tiene mucho interés en el muestreo de la atmósfera, debido a los intentos de mejorar la calidad del aire que respiramos. Por supuesto, el aire es una mezcla compleja que contiene partículas de material, así como numerosos compuestos gaseosos. Su composición depende de un número de factores, como el lugar, la temperatura, el viento y la lluvia.

En la recolección de una muestra atmosférica para análisis, son factores importantes el volumen tomado y la velocidad y duración del muestreo. El aire se pasa a través de una serie de filtros finos para aislar las partículas de material y a través de una columna llena de solución en donde ocurre una reacción química que atrapa al

componente deseado. Después de que las partículas de material se han recolectado en el filtro, pueden determinarse por análisis químico ó por pesada.

Los requisitos del muestreo de sólidos, líquidos y gases, pueden encontrarse en las obras de consulta. Las instrucciones también se encuentran disponibles en las publicaciones de varias asociaciones, tales como la American Society for Testing Materials (Sociedad Norteamericana para Análisis de Materiales) y la American Oil Chemists Society (Sociedad Norteamericana de Químicos Petroleros).

5.4.2. DISOLUCIÓN DE LA MUESTRA.

Deberá emplearse un disolvente que disuelva totalmente la muestra en el menor tiempo posible. Se escogerá un disolvente que no interfiera con los pasos analíticos subsiguientes. Los disolventes que se emplean para disolver la mayoría de las muestras se clasifican como sigue:

AGUA. Muchas sales inorgánicas y algunos compuestos orgánicos se disuelven con facilidad en agua destilada común.

DISOLVENTES ORGÁNICOS. En este grupo se encuentran los alcoholes, cetonas, etc. Suelen usarse para disolver compuestos orgánicos antes de analizarlos.

ACIDOS MINERALES. Los ácidos concentrados ó ligeramente diluidos disuelven la mayoría de los metales y aleaciones metálicas y varios óxidos, carbonatos, sulfuros, etc. Los ácidos que se emplean con mayor frecuencia son el nítrico, el clorhídrico y el sulfúrico.

FUSIÓN. Las muestras que no pueden disolverse por otros métodos podrán solubilizarse mediante fusión con un ácido a temperaturas altas. La muestra se muele en partículas finas y se mezcla perfectamente con el reactivo sólido y se calienta esta mezcla en un crisol hasta que se funde. El reactivo fusionado ataca y disuelve la muestra. A continuación se enfría el crisol y se disuelve el material fundido solidificado en ácido acuoso diluido o simplemente en agua.

5.4.3. PREPARACIÓN DEL ANALITO PARA LAS MEDICIONES.

El método cuantitativo ideal para determinar una sustancia sería un método específico, es decir, un método que midiera la sustancia deseada con precisión en presencia de cualquier combinación de sustancias extrañas. Desafortunadamente muy pocos métodos analíticos son específicos, no obstante muchos son selectivos. Se puede emplear un método selectivo para determinar cualquier ion o compuesto de grupos pequeños en presencia de ciertos iones ó compuestos extraños.

Pero antes de poder hacer la determinación física ó química para medir la cantidad de analito en una muestra disuelta, por lo general, es necesario resolver el problema de las "interferencias (sustancias extrañas que impiden la medición directa de una especie)". Podemos atacar este problema desde dos puntos de vista, en el primero las interferencias son "inmovilizadas" mediante la alteración de su naturaleza química, en el segundo, implica la separación del analito de las interferencias; la precipitación es una de las técnicas más ampliamente utilizadas para

separar el analito de ellas, también se puede efectuar la separación mediante electrodeposición, intercambio iónico, extracción con disolventes ó cromatografía.

5.4.4. MEDICIÓN.

La etapa de medición en un análisis puede realizarse con medios químicos, físicos ó instrumentales. La técnica que se utiliza en el laboratorio ha llevado a la clasificación de los métodos cuantitativos en las subdivisiones volumétrica, gravimétrica e instrumental. Un análisis volumétrico requiere la medición del volumen de una solución de concentración conocida que se necesitó en la reacción con el analito. En un método gravimétrico, la medición es la del peso. El término análisis instrumental se refiere al uso de un instrumento especial en la etapa de medición (En realidad, los instrumentos se pueden emplear en cualquiera de los pasos del análisis y en forma rigurosa las buretas y las balanzas analíticas son instrumentos). Es probable que la espectroscopia de absorción y de emisión sea el método instrumental más utilizado. Otros métodos instrumentales abarcan la potenciometría, la polarografía, la coulombimetría, la conductimetría, la polarimetría, la refractometría y la espectrometría de masas.

5.4.5. CÁLCULOS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

El paso final en un análisis es el cálculo del porcentaje del analito en la muestra. La interpretación de los resultados obtenidos de los métodos analíticos no siempre es sencilla, debido a que se pueden cometer errores en cualquier medición, el químico analítico debe considerar esta posibilidad al interpretar sus resultados.

Los resultados de un análisis cuantitativo suelen darse en porcentaje en peso (gramos de la especie que se va a determinar por 100 g de muestra), en porcentaje en volumen (mililitros de la especie por 100 ml de muestra), en porcentaje molar (moles de la especie por 100 moles de muestra) ó también pueden emplearse otros términos análogos.

Los análisis suelen efectuarse por triplicado (simultáneamente en tres muestras) ó cuando menos por duplicado. Si los resultados de tres muestras son bastante semejantes, la precisión del análisis es buena.

Una vez calculados los resultados, el analista deberá indicar la confiabilidad que tiene. Esto se lleva a cabo tomando en cuenta la exactitud inherente del método empleado.

5.5. CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE ANÁLISIS.

Los métodos cuantitativos pueden clasificarse por el método de medida que utilicen. Cuando para la determinación de una sustancia dada, se dispone de diversos métodos, la elección del método a seguir debe hacerse de forma adecuada. Supongamos, por ejemplo, que una sustancia puede determinarse por métodos gravimétricos, volumétricos e instrumentales. ¿Qué método debe utilizarse?, La elección implica una consideración del número de muestras a tratar, el intervalo de variación del contenido del constituyente a determinar en la muestra, el tiempo necesario y otros factores.

En general, los procedimientos volumétricos e instrumentales son más rápidos que los gravimétricos. Si se trata de analizar solamente unas cuantas muestras, quizá sea más breve el método gravimétrico, normalmente más tedioso⁽⁶⁾.

5.5.1. MÉTODOS VOLUMÉTRICOS.

Ya hemos mencionado que el análisis volumétrico es una de las divisiones principales de la química analítica que se basan en las simples relaciones estequiométricas de las reacciones químicas.

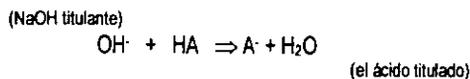
PRINCIPIOS GENERALES ⁽⁶⁾. Un método de análisis volumétrico se basa en una reacción química como:

$aA + tT \Rightarrow \text{productos}$, en donde a representa las moléculas de analito A, que reaccionan con t moléculas de reactivo T (solución estándar).

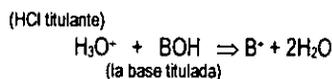
La titulación es una forma rápida, exacta y muy difundida para determinar la cantidad de una sustancia en solución. El término titulación se refiere al proceso en el cual se mide la cantidad de volumen requerido para alcanzar el punto de equivalencia. La titulación se efectúa añadiendo solución estándar (una solución cuya concentración se conoce con exactitud) a otra sustancia (de concentración desconocida). La solución estándar se denomina titulante; el volumen de titulante que se necesita para la titulación se mide cuidadosamente con una bureta. La adición del titulante es continua hasta que se ha añadido una cantidad de T químicamente equivalente a la de A. Entonces se dice que se ha alcanzado el punto de equivalencia en la titulación. Para saber cuándo detener la adición de titulante, el químico puede utilizar una sustancia química llamada indicador que cambia de color cuando hay un exceso de titulante. Este cambio de color puede ó no ocurrir en el punto de equivalencia exacto. Al momento en el que el indicador cambia de color se le denomina punto final de la titulación. Por supuesto que es conveniente que el punto final esté lo más cerca posible del punto de equivalencia. Uno de los aspectos importantes en el análisis volumétrico es seleccionar el indicador que haga coincidir estos dos puntos (ó corregir la diferencia que exista entre ellos). Si se conoce el volumen y la concentración del titulante, se podrá calcular la cantidad desconocida de la sustancia titulada.

REACCIONES QUE SE UTILIZAN EN LAS TITULACIONES. Las reacciones químicas que pueden servir de base para las determinaciones volumétricas se encuentran agrupadas en forma conveniente en cuatro tipos ⁽⁷⁾:

Reacciones ácido-base. Cientos de compuestos, tanto orgánicos como inorgánicos pueden determinarse mediante titulación, basándose en sus propiedades básicas ó ácidas. Los ácidos se determinan titulándolos con una solución estándar de alguna base fuerte, como el hidróxido de sodio:



Las bases se titulan con una solución estándar de ácido fuerte, como el clorhídrico ó el perclórico:



La titulación de ácidos y bases orgánicos a menudo se efectúa en disolventes no acuosos en lugar de en solución acuosa.

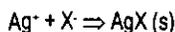
El punto final de una titulación ácido-base suele detectarse añadiendo una pequeña cantidad de algún indicador, que vira repentinamente de color cuando se neutraliza la última porción de ácido ó base que se está titulando. Otra forma de detectar el punto final de una titulación ácido-base es siguiendo la variación de la concentración de iones hidrógeno en el curso de la titulación, empleando un pHímetro.

Reacciones de oxidación-reducción (redox). Las reacciones químicas que involucran la oxidación y reducción son muy utilizadas en análisis volumétricos. Por ejemplo, un agente oxidante que es muy utilizado como titulante es el permanganato de potasio, KMnO_4 . Su reacción con el hierro (II) en solución ácida es:



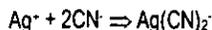
El punto final de esta titulación está señalado por la aparición de un color violeta permanente, ocasionado por el primer exceso de permanganato de color fuerte.

Reacciones de precipitación. Un procedimiento volumétrico muy empleado es el de la precipitación del catión plata con un anión halógeno. La reacción es:



En donde X⁻ Puede ser cloro, bromo, yodo ó ion tiocianato (SCN^-).

Reacciones de formación de complejos. Un ejemplo de reacción en la cual se forma un complejo estable es aquella que ocurre entre la plata y los iones cianuro:



La mayoría de los iones metálicos pueden determinarse con exactitud mediante titulación con una solución estándar de algún agente acomplejante orgánico, como el ácido etilendiaminotetracético (EDTA). La proporción de EDTA reaccionante con el ión metálico casi siempre es de 1:1. Se añade una o dos gotas de una solución indicadora, la cual forma un complejo muy colorido con el ión metálico. El color permanece mientras algún ión metálico quede sin titular. Cuando se ha añadido una cantidad estequiométrica de titulante EDTA, el complejo del ión metálico y el indicador se rompe, ocasionando un cambio de color y señalando así el punto final.

REQUISITOS PARA LAS REACCIONES UTILIZADAS EN ANÁLISIS VOLUMÉTRICO. De la multitud de reacciones químicas que se conocen, relativamente pocas pueden utilizarse como base para las titulaciones. Una reacción debe satisfacer ciertos requisitos antes de que pueda ser utilizada ⁽⁶⁾:

1. La reacción debe ocurrir, de acuerdo a una ecuación química definida (la reacción debe ser estequiométrica, es decir debe existir una proporción definida de números enteros entre a y b en la reacción). No deben existir reacciones colaterales.
2. La reacción debe terminar por completo en el punto de equivalencia, es decir la reacción debe ser cuantitativa (para la exactitud analítica acostumbrada, debe haberse completado cuando menos en un 99.9% cuando se haya añadido una cantidad estequiométrica de titulante). Otra forma de decir esto es que la constante de equilibrio de la reacción debe ser muy grande.

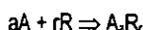
3. Debe contarse con un método para determinar cuándo se alcanza el punto de equivalencia. Debe estar disponible un indicador o algún método instrumental que permita al analista saber cuándo detener la adición de titulante.
4. Es conveniente que la reacción sea rápida para que la titulación pueda realizarse en unos cuantos minutos.

5.5.2. MÉTODOS GRAVIMÉTRICOS.

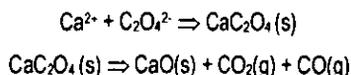
Se ha mencionado con anterioridad que el análisis gravimétrico es una de las principales divisiones de la química analítica. La cantidad de un componente en un método gravimétrico se determina por medio de una pesada. Para esto, el analito se separa físicamente de todos los demás componentes de la mezcla, así como del solvente.

PRINCIPIOS GENERALES ⁽⁶⁾. La determinación cuantitativa de una sustancia mediante precipitación, aislando y pesando el precipitado a continuación, se denomina análisis gravimétrico. La precipitación es una técnica muy utilizada para separar el analito de las interferencias.

Un método de análisis gravimétrico por lo general se basa en una reacción química como ésta:



En donde a son las moléculas de analito A , que reaccionan con r moléculas de reactivo R . El producto, A_rR_a , es por regla general una sustancia débilmente soluble que se puede pesar como tal después de secarla o que se puede calcinar para formar otro compuesto de composición conocida y después pesarlo, por ejemplo, el calcio se puede determinar por gravimetría precipitándolo en forma de oxalato de calcio y calcinando el oxalato a óxido de calcio:



Para disminuir la solubilidad del precipitado normalmente se añade un exceso de reactivo R .

CONDICIONES PARA LA PRECIPITACIÓN ANALÍTICA ⁽⁴⁾. Idealmente, un precipitado analítico debería estar formado por cristales perfectos de tamaño bastante grande como para poder filtrarlos con facilidad, los cristales perfectos estarían libres de impurezas en el interior y presentarían una superficie de contacto mínima para la adsorción de impurezas. Por supuesto, el precipitado debería ser poco soluble para que la pérdida de precipitado por solubilización fuese mínima.

En el análisis gravimétrico es importante obtener un precipitado puro y bien formado, de tamaño de partícula bastante grande como para poder filtrarlo y lavarlo con facilidad.

Para que un método gravimétrico sea satisfactorio, debe cumplir los siguientes requisitos:

1. El proceso de separación debe ser completo, para que la cantidad de analito que no precipite no sea despreciada analíticamente.
2. La sustancia que se pesa debe tener una composición definida y debe ser pura ó casi pura. Si esto no se cumple, se pueden obtener resultados erróneos.

Para el analista, el segundo requisito es el más difícil de cumplir.

OBJETIVOS DE LA TOMA DE MUESTRAS Y ANÁLISIS.

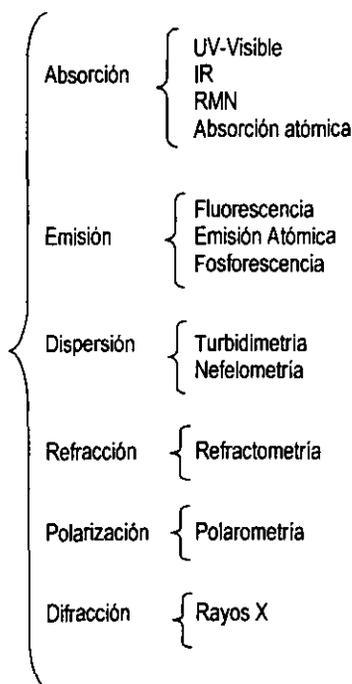
Identificar la peligrosidad inherente de los residuos.

Caracterización exacta del residuo para su manejo adecuado.

Definir características para su pronta identificación.

5.5.3. METODOS INSTRUMENTALES.

Las técnicas Instrumentales se dividen dependiendo de la interacción que tiene la materia con la radiación electromagnética y se dividen como siguen ⁽⁹⁾:



5.6. MÉTODOS RECOMENDADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO

CATEGORIA	METODO RECOMENDADO
Orgánicos volátiles	CG/EM (EPA Método 624)
Orgánicos extrac-acido	CG/EM (EPA Método 625)
Orgánicos neutros	CG/EM (EPA Método 625)
Pesticidas y PCBs	CG/EM (EPA Método 625)
Metales	Absorción atómica
Mercurio	Espectroscopía de absorción atómica
Cianuro	Método colorimétrico
Asbestos	Método específico para asbesto fibroso
Acroleína y acrilonitrilo	CG (EPA Método 603)
Hidrocarburos clorinados	CG (EPA Método 611)

Fuente: Corbitt, R.A. "Hanbook of Environmental Engineering" McGraw-Hill, 1990

CATEGORÍA ANALÍTICA	MÉTODO RECOMENDADO
Orgánicos volátiles	Cromatografía de gases/Espectrometría de masas
Orgánicos extraíbles con ácidos	Cromatografía de gases/Espectrometría de masas
Orgánicos básicos y neutros	Cromatografía de gases/Espectrometría de masas
TCDD (Dioxinas)	Cromatografía de gases/Espectrometría de masas
Pesticidas y BPC	Cromatografía de gases/Espectrometría de masas
Metales	absorción atómica
Mercurio	Espectroscopia de absorción atómica con vapor frío
Cianuros	Método colorimétrico
Asbestos	Método fibroso de asbesto
Aniones (SO ₄ ⁻ , F ⁻ , Cl ⁻)	Cromatografía iónica
Grasas y aceites	Extracción con neón y gravimetría
Halocarbonos purgables	Cromatografía de gases
Aromáticos purgables	Cromatografía de gases
Acroleínas y acrilonitrilos	Cromatografía de gases
Fenoles	Cromatografía de gases
Bencidina	Cromatografía de gases
Esteres de ftalatos	Cromatografía de gases
Nitrosaminas	Cromatografía de gases
Pesticidas y BPC	Cromatografía de gases
Nitroaromáticos e isoforonas	Cromatografía de gases
Hidrocarburos aromáticos polinucleares	Cromatografía de gases
Hidrocarburos policlorados	Cromatografía de gases

Fuente: Corbitt, R.A, "Handbook of Environmental Engineering" McGraw-Hill, 1990

Referencias

- (1) Fundamentos de Química Analítica 1. Skoog Douglas A.. Editorial Reverte. México. 4a. Edición.
- (2) Fundamentos de Química Analítica 1. Luna Rangel Raymundo. Editorial Limusa S.A. de C.V.. México. 4a. Edición.
- (3) Fundamentos de Química Analítica 2. Skoog Douglas. Editorial Reverte, S.A.. 4a. Edición.
- (4) Fundamentos de Química Analítica 2. Luna Rangel Raymundo. Limusa S.A. de C.V. México. 2a. Edición.
- (5) Química Analítica. Sandoval Marquez Rebeca. Editorial Porrúa. México. 1a. Edición.
- (6) Química Analítica. Skoog Douglas A.. Mc Graw Hill de México. México. 6a. Edición.
- (7) Química Analítica Cuantitativa. Holkova Ludmila. Editorial Trillas. México. 2a. Edición.
- (8) Química Analítica Cuantitativa 2. Vogel Arthur I.. Ed Kapelus. México. 2a. Edición.
- (9) Química Analítica Moderna. Pickering, W. F.. Editorial Reverte. México. 1a. Edición.

TEMA 6 TOXICOLOGIA

6.1. CONCEPTOS BASICOS ⁽⁸⁾.

TOXICOLOGIA. Es la ciencia que estudia la interacción entre las toxinas ambientales y los sistemas biológicos.

AGENTE TOXICO. Cualquier sustancia capaz de producir un efecto nocivo en un organismo vivo desde el daño en sus funciones hasta la muerte.

TOXICIDAD. Capacidad inherente de un agente químico para producir un efecto nocivo sobre los organismos vivos. Se requiere la interrelación de tres elementos: 1) Un agente químico capaz de producir un efecto, 2) un medio por el cual el agente y el sistema biológico puedan entrar en contacto o interactuar y 3) un sistema biológico con el cual el agente pueda interactuar para producir el efecto.

TOXICOLOGO. Es el profesional especialmente entrenado para estudiar los efectos nocivos producidos por los agentes químicos y evaluar la probabilidad de que éstos efectos se presenten.

Las tareas principales del toxicólogo son: 1) Evaluar el riesgo en el uso de las sustancias químicas y 2) establecer los límites de seguridad en el uso de los mismos.

DOSIS. Cualquier efecto tóxico es proporcional a la dosis, siendo ésta, la cantidad de sustancia administrada a un organismo. Se utilizan diferentes tipos de expresiones, siendo una de las más importantes la dosis letal 50. Dosis letal 50 (DL₅₀) es la cantidad calculada de un agente químico necesaria para producir la muerte del 50% de los animales en estudio. Generalmente se expresa en mg ó g de sustancia/Kg de peso corporal.

Algunos agentes químicos pueden producir la muerte con pequeñas cantidades, miligramos, siendo considerados como muy tóxicos. Otros agentes químicos, pueden no producir un efecto tóxico, aún cuando se administren en dosis muy elevadas, por ejemplo, algunos gramos. Las sustancias tienen toxicidad diferente; así, para producir determinado efecto incluso la muerte, se necesitan dosis diferentes para cada una de las sustancias, con base en esto, los compuestos se pueden clasificar de acuerdo a su toxicidad.

GRADOS DE TOXICIDAD	DOSIS LETAL PROBABLE PARA HUMANOS
1. Prácticamente no tóxico	15 g/Kg
2. Ligeramente tóxico	5-15 g/Kg
3. Moderadamente tóxico	0.5- 5 g/Kg
4. Muy tóxico	50-500 mg/Kg
5. Extremadamente tóxico	5-50 mg/Kg
4. Supertóxico	5 mg/Kg

RIESGO Y SEGURIDAD. El factor crítico no es la toxicidad intrínseca de una sustancia, sino el riesgo asociado con su uso.

RIESGO. Es la probabilidad de que una sustancia produzca un daño en condiciones específicas de uso. El riesgo se establece con diferentes grados de confianza, de acuerdo a la importancia de la decisión involucrada.

SEGURIDAD. Lo contrario de riesgo, es la probabilidad de que no se produzca un daño en el uso de una sustancia en condiciones específicas. Dependiendo de las condiciones de uso, una sustancia muy tóxica puede representar un riesgo menor que una sustancia prácticamente no tóxica.

A menudo se utilizan niveles umbrales (aquellos niveles donde no se han observado efectos adversos), para establecer las reglamentaciones en el uso de las sustancias químicas, excepto en el caso de sustancias carcinogénicas ó mutagénicas. Ningún agente químico es totalmente seguro o peligroso por sí mismo, es la cantidad utilizada, condiciones de uso y la susceptibilidad del organismo involucrado las que determinan el grado de seguridad ó riesgo. No hay posibilidad de evitar en forma absoluta el riesgo, sólo existe la posibilidad de elección entre riesgo y beneficio en el uso de determinada sustancia.

6.2. AREAS DE LA TOXICOLOGIA.

La toxicología puede dividirse en las siguientes áreas ⁽¹⁰⁾:

TOXICOLOGIA AMBIENTAL. Trata sobre los efectos nocivos producidos por los contaminantes ambientales sobre los organismos vivos.

TOXICOLOGIA OCUPACIONAL. Estudia los efectos nocivos producidos por los agentes químicos contaminantes presentes en el ambiente de trabajo sobre la salud del hombre.

TOXICOLOGIA DE MEDICAMENTOS. Se ocupa de los efectos nocivos producidos por las sustancias utilizadas como medicamentos.

TOXICOLOGIA DE ALIMENTOS. Trata de los efectos adversos sobre la salud producidos por los agentes químicos presentes en los alimentos, sean éstos naturales, sustancias contaminantes ó sustancias presentes debido al procesamiento.

TOXICOLOGIA SOCIAL. Estudia el efecto nocivo de los agentes químicos usados por el hombre en su vida dentro de la sociedad, sea a escala individual ó grupal.

Abarcándose en esta clasificación todos los agentes químicos presentes en las diferentes actividades humanas.

6.3. LAS EXPOSICIONES.

EXPOSICION. La exposición a una sustancia química dada, es una medida del contacto entre la sustancia y la superficie exterior del organismo. La intensidad de una exposición, es función de la concentración de la sustancia en contacto con la superficie exterior del organismo y la duración del contacto ⁽⁹⁾.

CARACTERISTICAS DE LA EXPOSICION. Los efectos tóxicos se producen en un sistema biológico cuando el agente químico ha alcanzado al receptor apropiado en una concentración y tiempo suficiente como para producir un efecto nocivo. La intensidad de un efecto producido por el agente tóxico, depende de la concentración de ese agente en el sitio de acción y en ciertos casos de la velocidad y el tiempo con que esa concentración es alcanzada. En general, el efecto tóxico está determinado por diferentes factores ⁽⁹⁾.

- ❖ **Propiedades fisicoquímicas de la sustancia.** Considerándose entre éstas la solubilidad, presión de vapor, reactividad química, estabilidad y el tamaño de partícula.

- ❖ **Factores relativos a la experimentación.** Entre estos factores pueden citarse a las vías de administración y velocidad, dosis y vehículo.
- ❖ **Factores biológicos.** Son aquellos relativos a la absorción, distribución, biotransformación, reactividad de receptores, especie, edad, sexo, peso, diferencias genéticas, estado de salud, condiciones metabólicas (reposo ó trabajo) y estado de nutrición.
- ❖ **Factores ambientales.** Entre éstos, pueden considerarse a la temperatura, humedad, hora del día, administración simultánea de otros agentes químicos y tensión (estrés).

Los estudios de absorción de plomo vía oral en humanos ⁽⁹⁾, indican que aproximadamente el 10% de la dosis administrada es absorbida por el tracto gastrointestinal. En los niños la fracción absorbida puede ser mayor, alcanzando valores hasta del 53% Lo mismo se ha observado en los estudios realizados en animales jóvenes de experimentación. Se ha observado también, que la absorción de plomo en animales ⁽⁹⁾ depende de factores relacionados con la dieta, como son la leche, el ayuno, deficiencias en calcio, hierro y vitamina D, los cuales incrementan la absorción.

DURACION DE LA EXPOSICION. Se puede dividir de la siguiente manera ⁽⁹⁾:

Exposición aguda. Es aquella que se produce cuando ingresan al organismo cantidades elevadas de un agente químico en una ó varias exposiciones, en un periodo de 24 horas o menor, produciendo un efecto nocivo de manera inmediata que puede llevar al intoxicado a la muerte ó una recuperación total o parcial, en la cual quedarían secuelas ó lesiones persistentes.

Exposición crónica. Es la exposición continua a dosis bajas durante periodos largos, a veces esta absorción se produce en cantidades por sí mismas insuficientes para hacer patentes trastornos tóxicos, pero que por acumulación del agente químico en el organismo ó por suma de efectos lesivos, se produce la respuesta tóxica (estado patológico) después de mucho tiempo. La intoxicación crónica es muy frecuente en nuestros días como consecuencia del mal uso de medicamentos, productos industriales, plaguicidas y la contaminación ambiental. Suele presentar cuadros clínicos difusos, poco claros, que frecuentemente inducen a confusión con diversas enfermedades, lo cual obstaculiza una atención apropiada.

6.4. FASE TOXICOCINETICA.

La Toxicocinética se ocupa de la introducción de los agentes químicos en el organismo, es decir, la absorción, distribución, biotransformación y excreción de ellos; estos factores junto con la dosificación, determinan la concentración de una droga en un sitio de acción y por ende la intensidad de sus efectos en función del tiempo ⁽⁴⁾.

Las vías principales de introducción de un agente químico al organismo son la respiratoria, la cutánea y la digestiva. Cualquiera que sea la vía utilizada, el agente químico debe atravesar membranas celulares. Fundamentalmente, la membrana celular es una capa doble bimolecular de lípidos recubierto a cada lado por una capa de proteínas ⁽⁴⁾. Las membranas tienen poros a través de los cuales las células se ponen en contacto con el exterior. Las proteínas les confieren a las membranas una especificidad en cuanto al transporte ó ingreso a la célula de los compuestos

químicos. Ya que las membranas biológicas contienen lípidos, hay alta permeabilidad para agentes solubles en lípidos, no polares, no ionizados y menor para los insolubles en lípidos, polares ó materiales ionizados (4).

6.4.1. PASAJE A TRAVES DE LAS MEMBRANAS.

Los mecanismos por los que un agente químico pasa a través de una membrana pueden dividirse en transporte pasivo, en el cual la célula no tiene un papel activo en la transferencia a través de la membrana y transporte especializado, en el cual la célula cumple una función activa en el transporte (7).

TRANSPORTE PASIVO. Dentro de este tipo de transporte, podemos considerar a la difusión simple y la filtración.

Difusión simple. La mayoría de los agentes químicos atraviesan las membranas por difusión simple. Proceso por el cual las moléculas se desplazan desde una zona de mayor concentración a otra de concentración menor, es decir, debido a un gradiente de concentración. Este transporte es directamente proporcional a la magnitud del gradiente de concentración a través de la membrana, la solubilidad en los lípidos y al coeficiente de partición lípido/agua de la droga. Cuanto mayor sea este coeficiente, mayor es la concentración de droga en la membrana y más rápida es su difusión.

Filtración. El paso a través de los canales se denomina filtración, es un proceso que involucra la circulación de gran cantidad de agua como resultado de una diferencia hidrostática u osmótica a través de la membrana. El agua circulante transporta consigo solutos de moléculas lo suficientemente pequeñas como para pasar a través de los canales.

La principal diferencia entre las membranas de un organismo, es el tamaño de los canales. Las células del riñón y en los capilares poseen canales grandes (4 nm) y permiten que moléculas más pequeñas que la albúmina (PM=60,000) la atraviesen. Por lo general, los canales son pequeños (0.4 nm) y solo permiten el paso de moléculas muy pequeñas como el agua y urea (PM=100 a 200).

TRANSPORTE ESPECIALIZADO. Algunas veces, el movimiento de una sustancia a través de una membrana no puede ser explicado por difusión simple ó por filtración, debido a que la sustancia es insoluble en lípidos y su tamaño molecular es demasiado grande como para pasar por los canales. Para explicar este movimiento, se ha postulado un transporte especializado, de esta forma se realiza el transporte de azúcares, proteínas y ácidos nucleicos. Este comprende al transporte activo, la difusión facilitada, la fagocitosis y la pinocitosis.

Transporte activo. Las sustancias químicas que son transportadas a través de las membranas por transporte activo, pasan al interior de las células en forma de un complejo. En el interior de la célula éste se disocia dejando la sustancia libre y la molécula transportadora regresa nuevamente a la superficie de la membrana para repetir el proceso.

Las propiedades clásicas de un sistema de transporte activo son las siguientes: Las sustancias químicas se mueven contra un gradiente electroquímico, en concentración alta del sustrato el sistema de transporte se satura y se observa un transporte máximo. Este es selectivo en principio, ya que depende de la estructura química del compuesto, de una molécula transportadora específica y de un gasto de energía adicional por parte de la célula. Esto

se debe a que ingresa en contra de un gradiente de concentración, en competencia con los nutrientes que normalmente ingresan a las células por este mecanismo.

Difusión facilitada. El término es aplicado a un transporte que tiene todas las características de un transporte activo en cuanto a que es un proceso de transporte mediado por portadores, pero que no requiere consumo de energía, por lo cual el movimiento de la sustancia en cuestión no puede producirse en contra de un gradiente de concentración. El transporte de glucosa desde el tracto gastrointestinal hacia la sangre, ocurre de esta manera.

PROCESOS DE TRANSPORTE ADICIONAL. Pueden considerarse los procesos de fagocitosis y de pinocitosis, en los cuales la membrana celular se estira y engloba las partículas. La fagocitosis es la ingestión de las partículas sólidas y la pinocitosis se refiere a la ingestión de fluidos que no contienen material sólido.

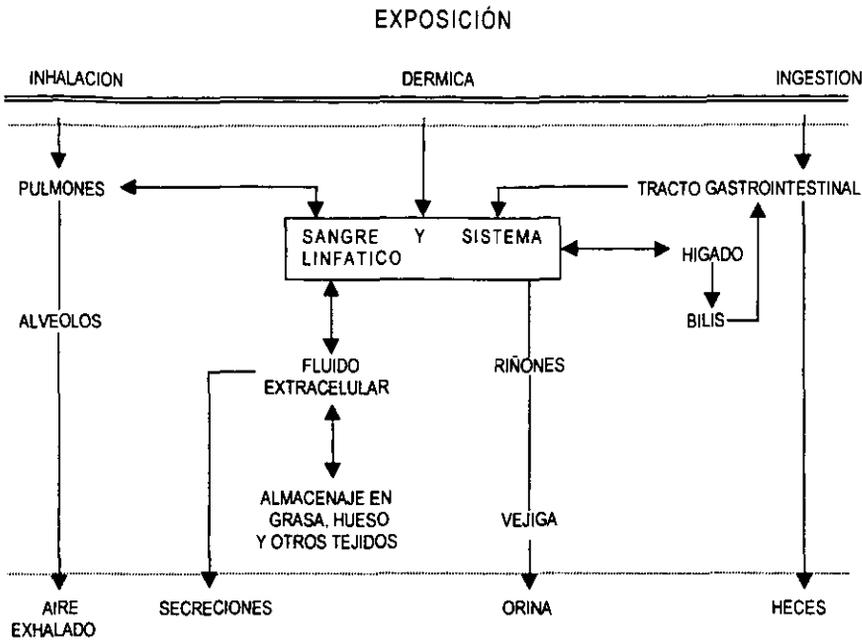
6.4.2. PLAN GENERAL DEL DESTINO DE LAS SUBSTANCIAS.

Exceptuando los agentes corrosivos, la mayoría de las sustancias no causan efectos perjudiciales en el punto de entrada. En lugar de eso, la exposición marca el comienzo de un largo camino que incluye a los procesos fisiológicos (metabólicos) del cuerpo humano para absorber, distribuir, almacenar, transformar y eliminar una sustancia ⁽⁶⁾. Para producir un efecto tóxico, los agentes químicos ó sus productos de biotransformación deben alcanzar el sitio crítico de acción, a una concentración suficientemente alta y un tiempo lo suficientemente largo.

Cuando se esta en contacto con un agente químico, se debe considerar la absorción por más de una ruta de exposición, los datos obtenidos de las exposiciones en humanos de vapores de benceno pueden servir para ilustrar las distintas rutas (figura 6.1).

La cantidad de benceno tomado mediante los pulmones a la sangre y retenida es aproximadamente 30% de la dosis inhalada. El resto es exhalado, 50% inmediatamente y otro 20% excretado sin cambio vía los pulmones. Estudios en roedores indican que el benceno es fácilmente (>90%) aceptado por ingestión. Finalmente, aunque con menor efectividad, la exposición dérmica puede también dar como resultado absorción (cerca de 0.2% de la dosis aplicada). Una vez aceptada, alrededor de la mitad del benceno absorbido es rápidamente relocalizado en órganos con un amplio suministro de sangre como el hígado y los riñones al igual que los tejidos ricos en grasas como el tejido adiposo, cerebro y hueso medular. Algo muy importante es el hecho que el benceno es lentamente liberado de los tejidos grasos. Afortunadamente, complejos procesos de transformación convierten el benceno no polar y solubles en grasa en un huésped de los metabolitos polares que son excretados en la orina ⁽⁶⁾.

Figura 6.1



Fuente: *Environmental Toxicants, Human Exposures and Their Health Effects*. Morton Lippman, Ph. D., Ed. Van Nostrand Reinhold. New York, 1992.

6.4.3. ABSORCIÓN POR LAS DISTINTAS RUTAS DE EXPOSICIÓN.

ABSORCIÓN. Se entiende por absorción al proceso por el cual el agente tóxico atraviesa las membranas y posteriormente ingresa en la circulación sanguínea ⁽⁴⁾.

ABSORCIÓN POR VIA DIGESTIVA. Los agentes químicos que se encuentran en el tracto gastrointestinal, no producen daño al individuo hasta que son absorbidos, a menos que ese agente sea un compuesto cáustico ó irritante. La absorción se produce a lo largo de todo el tracto gastrointestinal, desde la boca hasta el recto. Sin embargo, en la boca y esófago, el tiempo de retención es muy corto por lo que ninguna absorción importante tiene lugar, la principal región para la absorción, es el intestino delgado.

La ingestión puede también contribuir a la captación de químicos que fueron inicialmente inhalados, ya que el material depositado ó disuelto en la capa bronquial constituida por mucosa es eventualmente tragado.

En el estómago, los compuestos son mezclados con la comida, ácido, enzimas gástricas y bacterias. Todo esto puede alterar la toxicidad del químico, influenciando en la absorción ó modificando el compuesto. Se ha demostrado que hay diferencias cuantitativas en la toxicidad, dependiendo sobre si los compuestos son administrados con comida ó directamente en el estómago vacío.

Muchos factores pueden cambiar la absorción gastrointestinal. Como un ejemplo, un agente químico puede modificar la absorción de otro, así, la leche modifica la absorción de plomo. Otro factor que modifica la absorción es la

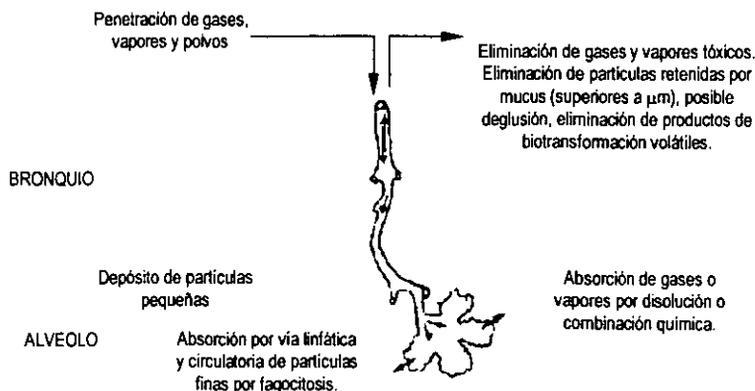
movilidad gastrointestinal, ya que una disminución de la movilidad aumenta la absorción. El tamaño de partículas ingeridas también afecta la absorción, ya que la velocidad de disolución es inversamente proporcional al tamaño de partícula ⁽⁴⁾, las partículas grandes son absorbidas en un menor grado, por ejemplo, el trióxido de arsénico es más peligroso cuando se ingiere como un polvo finamente dividido que como un polvo tosco.

La absorción se limita en gran parte a los ácidos y bases en sus formas no ionizadas y es proporcional a su grado de liposolubilidad ⁽⁴⁾. Las grandes variaciones de pH existentes en el tracto gastrointestinal también pueden modificar la velocidad de absorción alterando la concentración relativa de droga no ionizada/ionizada.

La absorción de casi toda la comida tiene lugar en el intestino delgado, donde la difusión pasiva es el principal proceso absorbente, sin embargo, existen también los sistemas de transporte activo que permiten a los nutrientes insolubles en lípidos y iones inorgánicos atravesar el epitelio intestinal y los cuales son utilizados por algunos agentes tóxicos para pasar a través de las células y ser absorbidos, por ejemplo, el plomo puede ser absorbido vía el sistema que generalmente transporta iones de calcio.

Los compuestos absorbidos en el tracto gastrointestinal entran a la corriente sanguínea, que los lleva hacia el hígado, El hígado tiene un muy activo sistema de metabolización de agentes tóxicos en donde los químicos pueden ser ó no alterados antes de ser liberados hacia la circulación, alternativamente, se excretan en la bilis y regresados al tracto gastrointestinal (al intestino). Desde ahí pueden ser excretados, todo ó en partes, ó reabsorbidos y devueltos al hígado. Así, un ciclo de relocalización del químico desde el intestino al hígado y de ahí por medio de la bilis vuelve al intestino, es conocido como la circulación enterohepática ⁽⁶⁾. La circulación enterohepática usualmente involucra contaminantes que sufre una degradación metabólica en el hígado.

ABSORCION POR VIA RESPIRATORIA. Es la más importante exposición ocupacional, especialmente cuando se ven involucradas sustancias sólidas ó líquidas en suspensión que poseen una presión de vapor apreciable. Casi el 90% de las intoxicaciones ⁽⁶⁾ de origen industrial, son atribuidas a la absorción por la vía pulmonar. Un individuo inhala alrededor de 10m³ de aire durante 8 horas ⁽⁶⁾, se comprende fácilmente el peligro que significa la presencia de sustancias tóxicas en el aire.



Fuente: *Environmental Toxicants. Human Exposures and Their Health Effects.* Morton Lippman, Ph. D.. Ed. Van Nostrand Reinhold. New York. 1992.

Las sustancias tóxicas inhaladas pueden presentarse bajo la forma de partículas finas sólidas ó líquidas en suspensión estable en el aire (aerosoles, humos, nieblas). Algunas de estas partículas, no son retenidas mecánicamente al nivel de las vías respiratorias superiores y pueden penetrar por las ramificaciones finas del árbol respiratorio hasta los alvéolos pulmonares; a este nivel existe gran cantidad de capilares, produciéndose allí una absorción rápida y distribución por la sangre a todos los órganos y particularmente al sistema nervioso central.

El sitio de depositación de las partículas inhaladas varía y depende ampliamente del tamaño de partícula. Los aerosoles (suspensión gaseosa de un sólido o un líquido) llegan a los alvéolos cuando el diámetro de la partícula está comprendido entre 0.5 y 5 μm . Las partículas mayores de 10 μm , debido a su peso, se depositan en las vías respiratorias superiores, donde la absorción es menor. Las gotas finas y livianas no son retenidas en los pulmones y salen con el aire expirado ⁽⁶⁾.

La absorción, es decir, el pasaje de agente tóxico desde los pulmones a la sangre, se efectúa a través de 400 millones de alvéolos. Estos, son sacos microscópicos que están formados por una membrana de alrededor de 6 μm de espesor constituida por grandes células aplanadas (epitelio respiratorio) en contacto con una red de capilares sanguíneos, donde se realizan los intercambios gaseosos entre el aire y la sangre. En los alvéolos están presentes dos fases; una fase gaseosa formada por el aire alveolar y otra fase líquida constituida por la sangre. La superficie de absorción es enorme, aproximadamente 100 m^2 , lo que explica la velocidad tan alta de dicha absorción.

A este nivel, se absorben preferentemente gases y líquidos volátiles. Se acepta que el mecanismo de dicha absorción es un transporte pasivo por simple difusión gaseosa, siguiendo una diferencia de presión entre el aire alveolar y la sangre capilar, a través de la membrana alveolo-capilar. Por lo tanto, cuanto mayor es la concentración del gas en el aire inhalado, mayor es su presión parcial, más rápidamente su difusión, mayor su solubilidad en la sangre y mayor su absorción. Además, la difusión es mayor, cuanto menor es la densidad del gas, interviniendo el coeficiente de partición lípido/aire, ya que, a mayor liposolubilidad, mayor será el pasaje a través de la membrana.

La captación de los químicos por medio del aire inhalado, depende de las propiedades físicas, químicas, la anatomía y modelo de respiración dentro de las vías respiratorias. La captación superficial es limitada para compuestos que son relativamente insolubles en agua, como el ozono (O_3). Pero hay que tomar en cuenta que la humedad constante de las mucosas, hace que puedan ocurrir allí procesos de hidrólisis y puede dar lugar a compuestos nocivos, tanto para las vías superiores, como para los alvéolos así, el C_{13}P en contacto con el agua produce ácido fosfórico y ácido clorhídrico.

Tanto el ácido clorhídrico como el amoníaco, son muy solubles en el agua y afectan la vía respiratoria superior; los vapores nitrosos menos solubles en medio acuoso, penetran más profundamente y lesionan especialmente los alvéolos ⁽⁶⁾.

La remoción del agente tóxico del alvéolo ocurre por tres formas ⁽⁴⁾:

Remoción física de las partículas retenidas en el alvéolo. Así, las partículas depositadas en la fase líquida del alvéolo, son transportadas por el movimiento mucociliar de la región traqueobronquial hacia el tracto gastrointestinal.

Fagocitosis. Esta función es realizada por los macrófagos que se encuentran en grandes cantidades en los pulmones y fagocitan a las partículas de origen exógeno ó endógeno.

Vía linfática. Los tóxicos toman la vía que normalmente utilizan el agua junto con los electrolitos y proteínas solubles para pasar a los capilares y de ahí vía el sistema linfático pasar a la sangre.

ABSORCIÓN POR LA VÍA CUTÁNEA. La piel representa casi el 16% del peso del cuerpo humano y su función es la de proteger al organismo de diversos agentes físicos, químicos y biológicos.

La piel generalmente es una barrera efectiva, el cuerpo tiene el potencial de tolerar de 100 a 1000 veces la exposición por contacto dérmico que por ingestión ó inhalación. Sin embargo, existen muchas excepciones, como los agentes corrosivos, fenol y un número de compuestos lipofílicos como el tetracloruro de carbono y el lindano ⁽²⁾.

La piel consta de tres capas: la capa protectora más externa, la epidermis, la capa media llamada dermis y la capa interior llamada hipodermis ⁽⁶⁾.

La parte externa contiene lípidos y agua (capa hidrolipídica), que se opone al paso de sustancias hidrosolubles, pero facilitan la penetración de compuestos de estructura química similar como hidrocarburos alifáticos y aromáticos y sus derivados halogenados u oxigenados (disolventes clorados, alcoholes, aldehídos, ésteres) ⁽⁶⁾. La intensidad de su penetración varía en razón inversa a la volatilidad y a la viscosidad. Como estas propiedades están estrechamente ligadas al peso molecular, se puede decir que en una serie homóloga existe un compuesto donde el peso molecular es tal, que ofrece la conjunción ideal de los factores. En la práctica, los hidrocarburos alifáticos y los alcoholes de C₆ a C₉ en los que ni la volatilidad ni la viscosidad son muy pronunciados, son fácilmente absorbidos ⁽²⁾.

Después de la ruptura de la barrera hidrolipídica, el contacto puede ser establecido por la segunda línea de defensa, la capa epidérmica, a través de la cual un agente tóxico puede penetrar por difusión.

La afinidad de ciertas sustancias por los lípidos cutáneos, hace que éstas puedan atravesar la epidermis, para llegar a la circulación general. Este es el caso de la nicotina, derivados aromáticos nitrados y aminados, disolventes clorados, tetraetilo de plomo y plaguicidas.

La absorción es proporcional a su liposolubilidad, la mayoría de las sustancias lipofílicas, tal como el tetracloruro de carbono e insecticidas organofosfatos, rápidamente penetran, otros compuestos solubles en grasa y que son realmente absorbidos a través de la piel son: el fenol y bases como la nicotina ⁽⁶⁾.

La penetración a través de la piel de los agentes químicos, se ve favorecida por lesiones en la epidermis. Esto es importante, ya que en los trabajadores, es muy difícil que se encuentre completamente intacta, además, la sustancia puede alterar en primer término la epidermis y la dermis, y favorecer así una mayor absorción, como es el caso de las quemaduras. La inflamación y otros estados que aumentan la circulación sanguínea cutánea también aumentan la absorción.

La absorción de los agentes químicos a través de la piel, puede ser importante en trabajadores que utilizan mercurio ó disolventes orgánicos. En la costumbre difundida entre algunos trabajadores de lavarse las manos y los brazos con disolventes orgánicos para eliminar sustancias grasas, puede producir una absorción considerable de los agentes químicos, además de dermatitis.

La penetración de un tóxico a través de la piel, es dependiente del tiempo de contacto, por lo tanto, la duración de la exposición es crítica. En lo que respecta a la polaridad, parece que los compuestos no polares pasan a través de la piel más fácilmente que las sustancias iónicas, pero esto no es absoluto. Factores locales tales como temperatura e

irrigación sanguínea en el lugar, influyen en el grado de absorción a través de la piel. En general, los gases penetran la piel más rápidamente que los líquidos y solutos. Los sólidos no penetran mucho. Sin embargo, ellos se pueden disolver dentro de las secreciones de la piel y subsecuentemente absorbidos como solutos.

Aunque la principal ruta de la absorción cutánea es a través de las células epidérmicas, algunos químicos pueden seguir otras rutas, por ejemplo, entrar a través de los folículos capilares. Cortes y raspones de la piel pueden abrir caminos adicionales para la penetración.

6.4.4. DISTRIBUCION Y ACUMULACION.

Para llegar al sitio receptor en la célula blanco, el tóxico absorbido debe ser transportado por la sangre. Cuando se alcanza la corriente sanguínea, los agentes tóxicos se pueden mover virtualmente a través de todo el cuerpo. De hecho, pocos agentes tóxicos atacan localmente en el punto de entrada; muchos son "sistémicos" y cuentan con el flujo de sangre para alcanzar otros órganos y tejidos. Muchos factores tienen influencia en la distribución. Estos factores son la absorción, perfusión (el movimiento de la sangre a través de los tejidos de los órganos), ruta de exposición y la afinidad del tejido. Como resultado, los compuestos tóxicos se distribuyen parcialmente y no uniforme a "compartimentos" múltiples del cuerpo en lugar de totalmente a uno ó igualmente a todos.

El punto de absorción, parcialmente determinado por la ruta de exposición, está influenciado por la distribución ⁽⁴⁾. Un punto de absorción puede permitir a los tóxicos evitar el hígado, el sitio del cuerpo más importante para la detoxificación. Por ejemplo, los tóxicos absorbidos por los pulmones, la piel, boca y esófago pueden temporalmente evitar el hígado, mientras que esos que son absorbidos a través del estómago e intestinos pueden seguir una vía directa al hígado.

Una vez en la circulación, un contaminante puede ser relocalizado a lo largo del cuerpo. En este proceso puede ⁽⁴⁾: 1) pegarse a una macromolécula, 2) sufrir transformación metabólica (biotransformación), 3) depositarse por almacenaje en depósitos que pueden o no pueden ser los sitios de su acción tóxica ó 4) excretados. Los efectos tóxicos pueden ocurrir en cualquier lugar.

En general, un compuesto puede almacenarse en el cuerpo después de repetidas tomas si su eliminación ó biotransformación es menor que la frecuencia de captación. El almacenaje es usualmente pensado como la concentración de un agente tóxico en un sitio ó sitios diferentes a los órganos blanco y típicamente ocurre sin cualquier efecto adverso en el órgano en el cual se efectúa ⁽⁴⁾. Un pesticida organoclorado como el lindano puede acumularse en la grasa sin ningún efecto adverso en las células y el plomo inorgánico es almacenado principalmente en el hueso pero actúa en su mayoría en los tejidos blandos del cuerpo ⁽⁴⁾. Sin embargo, en algunos casos el sitio de acumulación define el punto de acción del tóxico, así, el mercurio inorgánico acumulado en los riñones causa mal funcionamiento del mismo.

Las concentraciones en estos sitios de almacenaje pueden ser altas, tan altas como en el órgano blanco, si no es que mayor. La fracción que es almacenada y el sitio particular en donde sucede el almacenaje dependen de las características de las sustancias químicas. Otra vez, la polaridad y la afinidad de la estructura química por el tejido

donde se va a almacenar, son los factores dominantes. En los siguientes ejemplos se muestran sitios importantes de almacenaje ⁽⁴⁾:

- ❖ Grasa para los compuestos no-polares y lipofílicos. La grasa es un reservorio bastante estable porque su circulación sanguínea es relativamente escasa, (por ejemplo, pesticidas organoclorados y los PCBs).
- ❖ El plasma de la sangre para compuestos que crean puentes con las proteínas de la sangre (por ejemplo, los iones de mercurio).
- ❖ Hueso para plomo.
- ❖ Riñones para el cadmio.

En este tejido, la concentración del agente alcanza un nivel constante que resulta del equilibrio entre la cantidad ingerida, biotransformada y eliminada.

Muchos afirman que el almacenaje es uno de los mecanismos de defensa del cuerpo (por ejemplo, el almacenar compuestos que de otra manera no podrían ser eliminados lo suficientemente rápido para prevenir el daño a un órgano blanco). El almacenaje efectivo remueve el material de la circulación y así disminuye la toxicidad del compuesto, ya que solo la forma libre circulante del contaminante produce efectos dañinos. Este almacenaje actúa en equilibrio con otros procesos y puede ser revertido, eliminando los compuestos almacenados en un periodo extenso de tiempo después de que ya no hay exposición.

La solubilidad de las toxinas en los lípidos de las membranas es un factor determinante para su absorción, por lo cual su acumulación en los tejidos adiposos del cuerpo está íntimamente ligada a esta propiedad, por lo que en las grasas del cuerpo es donde se concentran y guardan las toxinas. A medida que el organismo metaboliza y elimina toxinas, se van liberando de los sitios de depósito hacia el plasma (porción líquida, acuosa e incolora de la linfa y la sangre, es esencial para el transporte de los nutrientes y productos de desecho provenientes de los tejidos), de ahí pasan al hígado y el ciclo se repite. Este proceso es importante, ya que muchas toxinas liposolubles se acumulan y ejercen sus efectos adversos durante mucho tiempo, como ocurre con los anestésicos, los barbitúricos (ácido utilizado medicinalmente por sus efectos como sedante) y los pesticidas.

Los compuestos lipofílicos (como los hidrocarburos halogenados, DDT, PBCs, etc.) pueden ser almacenados en la grasa ⁽⁴⁾ sin aparente daño en el organismo expuesto. Sin embargo, estas toxinas tienden a acumularse y eventualmente la capacidad de almacenaje puede excederse, entonces los efectos tóxicos rápidamente se manifiestan.

Por otro lado, el almacenaje selectivo limita la cantidad de contaminantes que son excretados. Los contaminantes que son almacenados (por ejemplo DDT) pueden permanecer en el cuerpo por años sin efectos. Por otro lado, la acumulación puede producir enfermedades que se desarrollan lentamente, como ocurre en el envenenamiento crónico por cadmio.

Una vez en el torrente sanguíneo, los agentes químicos también suelen unirse a proteínas del plasma, lo cual les impide atravesar las membranas biológicas e ingresar a las células por difusión. Esta unión, puede reducir la velocidad de biotransformación, así como la eliminación urinaria. Esta unión puede ser reversible o irreversible.

Los metales pesados pueden acumularse en el hueso por adsorción a la superficie ósea cristalina e incorporación a la estructura cristalina. El hueso puede convertirse en reservorio de liberación lenta de agentes tóxicos como el plomo. Sus efectos pueden así persistir mucho tiempo después de cesar la exposición. La destrucción local de la médula ósea puede también disminuir la circulación sanguínea y prolongar el efecto en el reservorio, pues el agente tóxico queda separado de la circulación, esto puede aumentar aún más el daño local directo del hueso. Se produce un círculo vicioso en el cual cuanto mayor es la exposición al agente tóxico, menor es su velocidad de eliminación.

6.4.5. BIOTRANSFORMACION.

Ya que ha alcanzado a un órgano, hay otros tres eventos aparte del de almacenaje que ocurren:

BIOTRANSFORMACION. Órganos ricos en enzimas metabolizan los tóxicos a otro tipo de moléculas, llamadas metabolitos, que no necesariamente pueden ser menos tóxicos que el tóxico de origen ⁽⁴⁾.

ELIMINACION. Tóxicos que no son almacenados, como lo son muchos metabolitos, son eliminados del cuerpo ⁽⁴⁾.

FORMACION DE UN COMPLEJO QUIMICO-RECEPTOR. Típicamente, los agentes tóxicos atacan solo uno a tal vez pocos órganos, los cuales se les denominan órganos blanco.

Sin duda, las toxinas han sido metabolizadas desde que las primeras células se formaron, de manera que los mecanismos de desintoxicación han estado siempre presentes en los seres vivos, el metabolismo de las toxinas se ha desarrollado como una forma de protección contra las toxinas ambientales. El agua y el alimento no tratado, así como el aire, contienen muchas sustancias que no son necesarias para la vida y que pueden ser tóxicas, aun el oxígeno en cantidades elevadas es tóxico.

Se pueden considerar tres consecuencias de la biotransformación ⁽⁶⁾:

- ❖ Favorecer la eliminación de los agentes tóxicos, debido a que la reacción de biotransformación produce metabolitos que son más polares y menos liposolubles que la molécula madre, por tanto, se favorece su eliminación principalmente a través de la orina.
- ❖ Transforma los agentes tóxicos en compuestos de mayor toxicidad (se obtiene una sustancia como producto intermedio del metabolismo, la cual es más reactiva que la original) los cuales son capaces de interactuar con diversas macromoléculas celulares, tales como las proteínas y los ácidos nucleicos. En casos de intoxicación o exposición a metanol, éste se biotransforma en formaldehído, siendo responsable de producir ceguera; el tetraetil de plomo se transforma en trietil de plomo, produciendo efectos sobre el sistema nervioso.
- ❖ Reducir la toxicidad. Este es el caso más frecuente, así el cianuro se biotransforma en tiocianato; el fenol se conjuga, dando origen al fenilglucurónido.

Los dos órganos más importantes para la biotransformación y eliminación de los tóxicos son el hígado y los riñones. Los flujos de sangre proveniente del estómago e intestinos al hígado, llevan tóxicos que han sido absorbidos a través del tracto gastrointestinal. El hígado es rico en enzimas para la biotransformación y pueden rápidamente transformar las sustancias absorbidas. Algunas sustancias son devueltas disueltas en agua y transportadas por el flujo de sangre a los riñones donde los riñones filtran o remueven los tóxicos polares y metabolitos de la sangre y los excretan como solutos en la orina. Algunos agentes tóxicos como el plomo, mercurio y algunos metales pesados, al

igual que muchas sustancias orgánicas, son excretadas en la bilis (a concentraciones mucho más altas que en la sangre), al tracto gastrointestinal para su eliminación en las eses fecales, algunos tóxicos hidrofóbicos, ó sus productos de biotransformación, permanecen concentrados en el hígado.

Otros tejidos como plasma, riñón, pulmón y aparato digestivo, también contribuyen a la biotransformación de drogas. Las reacciones químicas que participan en la biotransformación de las drogas se clasifican en no sintéticas y sintéticas ⁽⁶⁾:

- ❖ Las reacciones no sintéticas son oxidación (reacciones que se realizan en presencia de oxígeno), reducción (se realizan en presencia de hidrógeno) e hidrólisis (se realizan en presencia de agua); pueden producir activación, cambio de actividad ó inactivación de la droga madre. En estas reacciones, el sistema enzimático del cuerpo puede introducir un grupo funcional polar al tóxico.
- ❖ Las reacciones sintéticas, llamadas también reacciones de conjugación, son aquellas donde la sustancia o su metabolito contiene un grupo funcional, es decir grupos de átomos unidos a la cadena de carbono, que se puede combinarse con enzimas y así se produce un compuesto polar, soluble en agua, que se elimina. Involucra típicamente la unión de moléculas polares y los productos resultantes al ser más solubles en agua, se pueden eliminar con mayor facilidad.

Cada especie desplegó durante la evolución, un grupo particular de enzimas para neutralizar los efectos nocivos de las toxinas naturales de origen vegetal. De hecho, las enzimas metabólicas muestran diferencias considerables en los diferentes órganos del individuo, entre los individuos de la misma especie y entre las diferentes especies. La actividad enzimática varía en el individuo dependiendo de la edad, el sexo, factores nutricionales, niveles hormonales y otros factores biológicos.

6.4.6. ELIMINACION.

Las drogas se eliminan, del organismo sin modificarse ó bien como metabolitos. Los órganos excretores, excepto el pulmón, eliminan con mayor eficiencia compuestos polares que sustancias de gran liposolubilidad. Por esto las drogas liposolubles no se eliminan fácilmente hasta que se metabolizan a compuestos más polares. La eliminación de los agentes tóxicos del organismo es un factor importante en relación con los efectos biológicos. Lógicamente, la eliminación rápida reduce los riesgos y en muchos casos la toxicidad y los daños al organismo no se presentan.

Los agentes tóxicos son eliminados del organismo por diferentes vías. El riñón es muy importante en la eliminación de agentes tóxicos, siendo eliminados por esta vía muchos agentes químicos y sus productos de biotransformación. Otras vías son importantes en la eliminación de compuestos específicos, así el hígado y la bilis, son importantes en la eliminación de DDT y plomo ⁽⁶⁾. Los pulmones son importantes en la eliminación de compuestos gaseosos y volátiles ⁽⁶⁾. Todas las secreciones del organismo tienen la posibilidad de eliminar agentes tóxicos.

ELIMINACION POR VIA RENAL. El riñón es un órgano muy eficiente en la eliminación de los agentes tóxicos, eliminándolos a través de la orina por el mismo mecanismo por el cual normalmente se eliminan los productos del metabolismo. Este se realiza en las células renales por difusión, filtración ó por transporte activo. Los compuestos liposolubles no polares, es decir sin carga, suelen ser reabsorbidos por difusión (proceso por el cual un material

sólido y particulado suspendido en un líquido se desplaza de una zona de mayor concentración a otra de concentración menor, alcanzándose una distribución uniforme de las partículas dentro del líquido) y regresa al torrente sanguíneo, mientras que los compuestos polares y los iones son excretados activamente. Los iones negativos ó aniones, se excretan más fácilmente cuando la orina es ácida y los iones positivos ó cationes, cuando la orina es básica. En este fenómeno se basa, de hecho, el principio práctico de aplicación de los antidotos frente a los episodios de envenenamiento. Por ejemplo, el fenobarbital es un ácido débil que se emplea como anticonvulsivo, sedante e hipnótico; si un individuo ingiere cantidades elevadas de esta droga debe administrársele bicarbonato de sodio que, por ser una base, favorece la eliminación rápida del barbitúrico por vía urinaria ⁽⁶⁾.

Los agentes tóxicos polares, que son solubles en el agua del plasma, son eliminados por la orina. La eliminación renal, depende de la provisión de sangre al riñón, la cual es relativamente constante en la persona sana y de la concentración de los agentes tóxicos no unidos a las proteínas plasmáticas.

ELIMINACION POR VIA RESPIRATORIA. Las sustancias que a la temperatura normal del cuerpo se presentan en forma de gases, son eliminadas principalmente por los pulmones. Debido a que los líquidos están en equilibrio con la fase gaseosa, aquéllos pueden también ser eliminados por esta vía. La cantidad de líquido eliminado por los pulmones, está relacionada con su presión de vapor. Este principio es muy usado para determinar la cantidad de etanol en el organismo ⁽⁶⁾. Los líquidos muy volátiles como el éter etílico, son casi exclusivamente eliminados por vía pulmonar. Esta eliminación se realiza por difusión.

ELIMINACION POR VIA DIGESTIVA. Las sustancias excretadas en las heces son principalmente drogas ingeridas, no absorbidas ó metabolitos excretados en la bilis y no reabsorbidos en el tracto intestinal. Muchos metabolitos de drogas formados en el hígado se excretan en el tracto intestinal con la bilis, estos metabolitos pueden excretarse en las heces, pero es más común que se reabsorban y se excreten eventualmente en la orina.

Después de la administración oral y una vez absorbido, el agente químico pasa al sistema linfático o a la circulación. Los agentes químicos que aparecen en la circulación, son transportados directamente al hígado, el hígado puede biotransformar a un agente químico y eliminarlo a través de la bilis al intestino y ser nuevamente reabsorbido en la circulación (circulación enterohepática). Varios plaguicidas organoclorados se encuentran en este caso al DDT. El hígado es un sitio importante en la biotransformación del DDT (diclorodifeniltricloroetano) a DDE (diclorodifenildicloroetano) y otros productos, llevando este proceso a la eliminación del DDE a través de la bilis y de la presencia de productos de la biotransformación en las heces ⁽⁶⁾.

6.5. FASE TOXICODINAMICA.

El estudio de los efectos bioquímicos y fisiológicos de los tóxicos y sus mecanismos de acción se denomina toxicodinámica ⁽⁵⁾. Otro aspecto que abarca la toxicodinámica es la correlación entre las acciones y los efectos de las drogas y su estructura química.

6.5.1. EFECTO TOXICO.

La acción de un agente tóxico sobre un organismo se evidencia por un efecto, sea éste manifestado por alteraciones fisiológicas, hematológicas, bioquímicas ó histológicas. Los tipos de efecto tóxico son los siguientes ⁽⁵⁾:

EFECTO TOXICO LOCAL. El efecto tóxico local es aquel que ocurre en el lugar del primer contacto entre el organismo vivo y el agente químico; es el caso de las quemaduras por ácidos.

EFECTO TOXICO SISTEMICO. Para que el efecto tóxico sistémico aparezca, se requiere que el agente tóxico sea absorbido y distribuido a un lugar distante del sitio de ingreso, donde se produce el efecto. La mayoría de los agentes químicos producen un efecto tóxico sistémico, pero en algunos casos, además de éste, puede haber un efecto local. El tetraetilo de plomo, utilizado como antidetonante en algunas gasolinas, produce un efecto local irritante en la piel ó el tracto respiratorio de acuerdo a la vía de administración, al realizarse el primer contacto con el organismo y luego, después de absorbido y transportado, ocasiona daños en el sistema nervioso central y en el riñón.

Tanto el acetaldehído como el formaldehído, producen irritación severa del tracto respiratorio, además de inducir cambios dermatológicos, siendo considerados como posibles agentes mutagénicos y carcinogénicos.

El grado de toxicidad para los agentes químicos que presentan toxicidad sistémica, no es igual para todos los órganos ya que el efecto es mayor para algunos de ellos, considerándose a éste como órgano blanco. El órgano blanco no es el órgano donde se acumula el agente químico, si no el que es dañado. Por ejemplo, el DDT se acumula en el tejido adiposo, pero algunos de los efectos tóxicos se manifiestan al nivel de enzimas en el hígado y en el riñón.

EFECTO REVERSIBLE. Si un agente químico produce daño a un tejido, ese efecto será reversible o irreversible, según la capacidad de regeneración del tejido. El hígado tiene gran capacidad de regeneración y la mayoría de los daños son reversibles. En la intoxicación crónica por tetracloruro de carbono, se produce cirrosis hepática irreversible mientras que en la intoxicación aguda, existe regeneración hepática. También en el riñón, muchos de los efectos nocivos son reversibles. En el caso del sistema nervioso central, por el hecho de que las células no pueden ser reemplazadas, el daño es irreversible.

EFECTO INDESEABLE O COLATERAL. Es aquel efecto producido por un medicamento que no es el efecto terapéutico; por ejemplo, la sequedad en la boca es un efecto colateral. Algunos efectos colaterales de los medicamentos son tóxicos.

EFECTOS INMEDIATOS CONTRA POSTERIORES. La ingestión de dosis letales de un cianuro soluble da como resultado la muerte dentro de pocos minutos, dándonos una ilustración de una acción inmediata toxicológica. En contraste, agentes cancerígenos provocan tumores en humanos solo después de un periodo de latencia que se puede posiblemente extender hasta 10-30 años.

Una manera de caracterizar la acción de un tóxico de acuerdo con el periodo de latencia es utilizando el término agudo y crónico. Toxicidad aguda ó inmediata se da un poco después de una sola exposición, de una magnitud que puede superar los mecanismos protectores existentes. En una exposición aguda se tienen reacciones tóxicas demoradas caracterizadas por largos periodos de latencia, tal vez medibles en años.

6.5.2 MUTAGENESIS, TERATOGENESIS Y CARCINOGENESIS ⁽³⁾.

El término "genotóxico" incluye todas las sustancias químicas que pueden alterar el DNA y los cromosomas, posible inicio de cáncer en células somáticas (todas las demás células que no son células reproductivas) ó permiten cambios en la herencia debido a la acción en células reproductivas. Los efectos tóxicos ocurren desde la fertilización hasta maduración sexual de un adulto y se puede agrupar como efectos del desarrollo con sus subcategorías.

La inducción de daño genético por exposición a agentes genotóxicos es un proceso que se realiza en varios pasos. Durante el proceso, el agente xenobiótico ingresa al organismo, se absorbe, se distribuye y atraviesa las membranas. Una vez dentro de la célula, el agente químico puede ser reactivo por sí mismo (de acción directa) ó bien puede ser activado por las enzimas metabólicas, en cuyo caso es de acción indirecta y se llama promutágeno. Se da entonces la interacción con el ADN, que puede ser reparada eficiente ó ineficientemente de manera tal que el daño genético inicial se fijará ó no.

Una sustancia es considerada **mutagénica** cuando pueden causar cambios genéticos a futuras generaciones; las alteraciones genéticas se originan en los códigos genéticos, los cuales no se codifican bien al ser transmitidos, ya que existe un cambio en la secuencia de las bases del ADN.

Una sustancia es considerada **carcinogénica** si induce la producción de tumores, tanto en exposición aguda como crónica. Un tumor es una masa anormal de tejido que crece en un organismo vivo, la cual aparentemente no cumple con una función definida en el organismo huésped. Las células tumorales, tanto benignas como malignas, exhiben dos propiedades que las hacen únicas: 1) Se reproducen en réplicas de sí mismas a velocidades fuera de control del organismo huésped, esta propiedad se denomina autonomía y cuando son removidas del huésped original y son transplantadas en un segundo organismo, las células desarrollan un crecimiento tumoral similar al primero. Los tumores malignos se diferencian de los benignos en que pueden esparcir células tumorales en lugares remotos del organismo, denominándose a esta propiedad metástasis.

La característica más importante de los carcinógenos químicos es que al llegar a tejido blanco reaccionan con receptores específicos y dejan una huella duradera en éstos, de manera que una sola dosis puede alterar a largo plazo algunas células. Las dosis sucesivas se suman a los efectos iniciales, provocando la multiplicación desordenada de las células y el desarrollo de un tumor.

Las sustancias que causan defectos en el desarrollo del feto, después de la concepción hasta su nacimiento, se consideran **teratogénicas**. Este efecto puede manifestarse en mayor proporción, cuando la exposición se lleva a cabo dentro del primer trimestre en los humanos.

Sin embargo, el número de teratógenos químicos conocidos para los seres humanos es muy reducido; la mayoría pertenece al grupo utilizado en la quimioterapia del cáncer.

Los agentes químicos pueden ser simultáneamente carcinogénicos, mutagénicos y teratogénicos.

6.5.3. INTERACCION DE AGENTES QUIMICOS.

El término interacción entre sustancias químicas, es utilizado en todos los casos en que una sustancia altera el efecto de otra. La interacción puede ocurrir antes de la absorción, es decir, en la fase de exposición, en la fase de distribución del agente tóxico ó en la fase toxicodinámica, es decir, cuando se producen los efectos.

La interacción puede ser entre dos agentes químicos, debido a la modificación en la absorción ó en la unión a proteínas a en el proceso de biotransformación ó en la eliminación de una ó ambas sustancias que interactúan.

TIPOS DE INTERACCION. Como consecuencia de la interacción puede resultar diferentes tipos ⁽⁷⁾: de efecto aditivo, sinérgico y antagonismo químico.

Efecto aditivo de dos agentes químicos. El efecto aditivo es el producto cuando el efecto final de los dos es igual a la suma de los efectos individuales que aparecen cuando se administran separadamente.

Sinergismo. Se presenta un efecto sinérgico cuando el efecto de dos agentes químicos combinados es mucho mayor que el efecto producido por la suma de los efectos individuales cuando se administran separadamente.

Antagonismo. El antagonismo ocurre cuando dos agentes químicos, administrados juntos, interfieren uno con la acción del otro. Esta es la base del uso de muchos antidotos. Existen varios tipos de antagonismo: químico, competitivo, no competitivo y funcional.

El **antagonismo químico** se denomina también antagonismo por neutralización. Se presenta cuando el antagonista reacciona químicamente con el agonista, inactivando a este último. Este tipo de antagonismo juega un papel muy importante en el tratamiento de las intoxicaciones, por ejemplo, con el uso de los agentes quelantes, como la sal de calcio del ácido etilendiaminotetracético (EDTA) en el caso de la intoxicación por plomo.

- ❖ En el **antagonismo competitivo**, el antagonista compite con el agonista por el mismo sitio activo, desplazándolo de su sitio de acción. Este tipo de antagonismo se presenta en el tratamiento con oxígeno en la intoxicación producida por el monóxido de carbono. En el caso del antagonismo no competitivo, el antagonista interfiere en la producción de un efecto por el agonista, sin reaccionar con este último ni con su receptor específico.
- ❖ Se produce **antagonismo funcional** cuando dos agonistas actúan sobre el mismo sistema, pero producen efectos contrarios.

6.5.4. INTOXICACION.

El conjunto de efectos nocivos producidos por un agente químico es la intoxicación. Se distinguen tres tipos de intoxicación, considerando el tiempo transcurrido hasta la aparición de los efectos, la intensidad y duración de los mismos.

Una terminología bastante arbitraria, pero útil en la práctica, se basa en la duración de la exposición al agente químico y pueden considerarse los siguientes tipos de intoxicación ⁽⁸⁾: aguda, subaguda y crónica.

INTOXICACION AGUDA. Una intoxicación aguda se produce cuando hay una exposición de corta duración y el agente químico es absorbido rápidamente, en una o varias dosis, en un periodo no mayor de 24 horas, apareciendo los efectos de inmediato.

INTOXICACION SUBAGUDA. En la intoxicación subaguda son necesarias exposiciones frecuentes ó repetidas durante un periodo de varios días o semanas antes de que aparezcan los efectos.

INTOXICACION CRONICA. En la intoxicación crónica se requieren exposiciones repetidas a muy bajas dosis durante períodos largos de tiempo.

Los efectos se manifiestan porque el agente tóxico se acumula en el organismo, es decir, la cantidad eliminada del agente es menor que la absorbida o porque los efectos producidos por las exposiciones repetidas se suman.

6.6. RELACIONES DOSIS-EFECTO Y DOSIS-RESPUESTA.

6.6.1. DOSIS ^(a).

Por lo común, la expresión "dosis" se emplea para especificar la cantidad de una sustancia química que se administra, expresada generalmente en peso de sustancia por unidad de peso corporal.

Cuando la dosis es administrada tanto por vía digestiva, cutánea ó respiratoria, el transporte a través de las membranas puede ser incompleto y como consecuencia, la dosis absorbida puede no ser idéntica a la administrada. En las exposiciones ambientales se puede estimar la dosis, basándose en la medición de las concentraciones del agente tóxico en el aire inhalado, el alimento y la acumulación en función del tiempo.

La concentración en los órganos y tejidos de interés se puede estimar basándose en la dosis administrada, la determinación de la concentración en algunas muestras biológicas de tejido y órganos y a la determinación de la concentración en muestras biológicas tipo excretas o aire exhalado. El empleo de esta información para estimar la concentración en los tejidos y en los órganos, requiere la formulación de modelos para la absorción, distribución, asimilación biotransformación y eliminación de la sustancia química original o de sus productos de biotransformación en función del tiempo.

Cuando la acción tóxica se manifiesta en el sitio de ingreso o muy cerca de éste por ejemplo, en la piel, la estimación de la dosis puede ser muy confiable, sin embargo, cuando la acción tóxica se manifiesta en algún sitio remoto por ejemplo, células hepáticas. Las estimaciones de las dosis tóxicas son mucho menos confiables.

La presencia de una sustancia química en la sangre indica que hay absorción. La concentración de una sustancia química en la sangre se encuentra en estado dinámico, pues llega a niveles elevados al aumentar la absorción, pero decrece a medida que aumenta la distribución, acumulación, biotransformación y eliminación. La concentración de una sustancia química en la sangre, es un indicador útil de la dosis cuando se relaciona de una manera definida con los demás factores.

6.6.2. EFECTO Y RESPUESTA ^(a).

Los términos efecto y respuesta se suelen usar como sinónimos para indicar un cambio biológico en un individuo o en una población, en relación con una exposición ó una dosis. Algunos toxicólogos han creído útil diferenciar entre efecto y respuesta, utilizando el término "efecto" para denotar un cambio biológico y el término, "respuesta" para indicar la proporción de una población que manifiesta un efecto definido.

Según esta terminología, la respuesta es el valor de la incidencia de un efecto. Por ejemplo, se puede decir que el valor de la DL_{50} es la dosis que previsiblemente causará una respuesta del 50% en una población en la que se ensaya el efecto letal de una sustancia química.

Por lo común, se puede medir un efecto en una escala graduada de intensidad, relacionando su magnitud directamente con la dosis. Ciertos efectos, sin embargo, no permiten medir su intensidad y se pueden expresar solo diciendo que están presentes ó ausentes, por ejemplo, la muerte, la ocurrencia de tumor, etc.

6.6.3. CURVAS DE DOSIS-RESPUESTA ⁽⁸⁾.

Las curvas dosis-respuesta, muestran la relación entre la dosis y la proporción de individuos que responden con un efecto. En general, las curvas de dosis-respuesta son sigmoideas (crecientes, con asíntotas superiores e inferiores). En toxicología, la relación cuantitativa dosis-respuesta es extensa siendo el primer paso, la determinación de la dosis letal 50 (DL_{50}) en ratones.

Deben usarse 10 animales por dosis y como mínimo tres dosis que produzcan muertos y se obtendrá una curva de distribución sigmoidea que se aproxima a 0 y 100 % pero nunca pasa por 0 o por 100. La curva sigmoidea tiene una parte lineal entre 16 y 84% que es utilizada para determinar la DL_{50} . Es posible utilizar un menor número de animales aunque esto implica observar en los animales otros efectos adversos, además de la muerte. Las curvas de este tipo no son prácticas para expresar la relación dosis-respuesta, ya que generalmente no se tiene un número suficientemente grande de datos como para definir la curva.

Otra curva de relación dosis-respuesta, es la distribución normal Gausiana, donde encontramos la frecuencia máxima en el medio de la gráfica, a la izquierda los individuos hipersensibles y a la derecha los resistentes.

Cuando se trata de una sustancia nueva, el punto de partida para la evaluación toxicología es la muerte, este índice es preciso e inequívoco y la letalidad sirve como medida de comparación entre sustancias que poseen mecanismos y sitios de acción diferentes.

Se debe señalar, que la configuración de la curva dosis-respuesta para una misma sustancia y especie animal, puede variar con los cambios de las condiciones experimentales, por ejemplo, los cambios en la forma de distribución de la dosis en el tiempo.

Referencias

- (1) Los Residuos en México. Enrique Pérez García (Compilador). Editores: Octavio Rivero Serrano, Guadalupe Ponciano Rodríguez, Simón González Martínez. UNAM, México. 1996.
- (2) Evaluación Epidemiológica de Riesgos Causados por Agentes Químicos Ambientales, Toxicología III Aspectos Específicos de la Toxicología de Algunos Contaminantes. Sylvia Vega G. Centro de Ecología Humana y Salud/Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud. México. 1985.
- (3) Las Toxinas Ambientales y sus Efectos Genotóxicos. Rosario Rodríguez Arnaiz. Fondo de Cultura Económica, S.A. de C.V., México. 1994.

- (4) Hazard Waste Management. Michael D. Lagrega, Phillip L. Buckingham. Mc. Graw Hill International Editions. Singapore 1994.
- (5) Evaluación de Riesgos en Salud por la Exposición a Residuos Peligrosos. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Atlanta Georgia.1992.
- (6) Environmental Toxicants, Human Exposures and Their Health Effects. Morton Lippman, Ph. D.. Ed. Van Nostrand Reinhold. New York. 1992.
- (7) Las Bases Farmacológicas de la Terapéutica. Alfred Goodman Gilman, Lovis S. Goodman. Ed. Médica Panamericana. Buenos Aires Argentina, 1981.
- (8) Toxicología Fundamental. Manuel Repetto. Editorial Científico-Médica. Barcelona, España. 1981.
- (9) Curso Básico de Toxicología Ambiental. Albert Lilia A.. Editoril Limusa S.A. de C.V.. México. 2a. Edición.
- (10) Toxicología. Calabrese Alberto I.. Editorial Kapelusz. México. 2a. Edición.

TEMA 7

TECNOLOGIAS ACTUALES DE TRATAMIENTO

Actualmente los esfuerzos dirigidos a la minimización de la generación de residuos peligrosos y su tratamiento eficaz, se encuentran agrupados en tres grandes grupos ⁽²⁾:

- ❖ Reducción de las fuentes emisoras.
- ❖ Recuperación y reciclado.
- ❖ Tratamiento (Tecnologías empleadas actualmente).

7.1. REDUCCION DE LAS FUENTES EMISORAS.

Las medidas adoptadas para reducir los residuos generados industrialmente comprenden básicamente dos tipos de acciones ⁽²⁾:

- ❖ Modificación de procesos (control en la fuente)
- ❖ Cambio de producto.

Estas dos opciones de ser implementadas en todos los ramos de la industria que produce cualquier tipo de desecho, son las que potencialmente reducirán al máximo la generación de residuos.

MODIFICACION DE PROCESOS. Esta es una de las áreas en las que ha ocurrido un número importante de innovaciones tecnológicas. Tales innovaciones se han traducido en procesos productivos más eficientes, capaces de economizar energía y de aprovechar mejor las materias primas, así como de disminuir la generación de residuos peligrosos, reduciendo con ello los costos de manufactura.

Ejemplos de ello son la obtención de vapor a partir de residuos industriales, la producción de ácido sulfúrico a partir de residuos de alto contenido de azufre y el cambio en los procesos de producción de polietileno a partir de óxido de etileno para disminuir la cantidad de agua residuales y el contenido de productos no degradables en ellas.

SUSTITUCION DE PRODUCTOS. Al recurrir a esta opción se busca reemplazar productos que sean altamente tóxicos ó peligrosos por otros que aporten los mismos beneficios siendo los nuevos productos mucho más seguros y limpios, no generándose efluentes o residuos de características peligrosas.

Esto es lo que ha ocurrido al sustituir los bifenilos policromados en los transformadores eléctricos por otros tipos de dieléctricos y lo que se busca realizándose investigaciones dirigidas a la sustitución de plaguicidas altamente nocivos por otros de menor repercusión ambiental.

7.2. RECUPERACION Y RECICLADO.

Actualmente uno de los objetivos que se persiguen al desarrollarse un nuevo proceso es el principio de "cero descargas" es una forma de decir que toda la materia prima que entre al proceso produzca el menor tipo de desecho⁽²⁾.

En muchos casos el mejor lugar para reciclar es en el mismo lugar en donde se generan los desperdicios, se trata de alternativas que, en general, no requieren de grandes inversiones por parte de los generadores de residuos

peligrosos y en cambio pueden reducir o incluso eliminar los costos de disposición de residuos y reducir los costos de materia prima.

7.3. TRATAMIENTO: TECNOLOGIAS EMPLEADAS ACTUALMENTE.

Las actividades industriales producen una gran variedad de residuos peligrosos, de aquí la importancia de darles un tratamiento adecuado, el cual se refiere a cualquier método, técnica ó proceso, que tenga como propósito cambiar las características físicas, químicas ó biológicas del residuo peligroso, para estabilizarlo ó transformarlo a otro residuo no peligroso antes de su disposición final ⁽²⁾.

Entre las tecnologías actualmente disponibles para el tratamiento de los residuos peligroso se encuentran el tratamiento térmico, fisico-químicos y biológico.

7.3.1. TRATAMIENTO TERMICO. INCINERACION.

Es el proceso más recurrido para el tratamiento de residuos peligrosos y tiene ciertas ventajas, entre las cuales, a parte de inducir cambios permanentes en la constitución física de los residuos peligrosos, reduce su volumen considerablemente y permite la recuperación de energía, ya que de la combustión es posible obtener importantes cantidades de vapor a alta presión, a partir de lo cual se puede generar calor ó electricidad. La incineración se lleva a cabo en presencia de oxígeno, en tanto que, la pirólisis se realiza en ausencia de dicho elemento ⁽³⁾.

Los sistemas de incineración son diseñados para destruir solamente residuos orgánicos ⁽³⁾, sin embargo, la mayoría de los residuos en su contenido no solo contienen este tipo de residuos si no que pueden contener además de orgánicos combustibles inorgánicos no combustibles. Por la destrucción de la fracción orgánica que es convertida en dióxido de carbono y vapor de agua, la incineración reduce el volumen de los residuos.

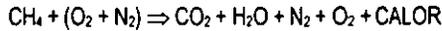
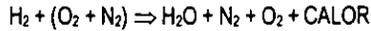
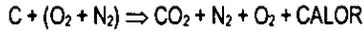
Los residuos peligrosos se encuentran en distintas formas físicas: líquidas, sólidas y combinaciones de estas. Los sistemas comerciales de incineración tienen que manejar las distintas gamas de residuos. Sin embargo, muchos incineradores de residuos peligrosos solo se preocupan por los residuos líquidos.

Una buena combustión es una buena oxidación de los compuestos orgánicos (carbón e hidrógeno), para poder realizar esto, el aire que contiene solo 21% de oxígeno en volumen, deben ser completamente mezclados con el carbón e hidrógeno del combustible (residuo) para producir un producto estequiométrico de dióxido de carbono y agua; desgraciadamente, el aire contiene también 79% de nitrógeno, que es un compuesto inerte e interfiere en el proceso de combustión ⁽⁴⁾. Un completo sistema homogéneo (un reactor bien mezclado) requiere tiempo y turbulencia, la oxidación completa de carbón e hidrógeno suele ocurrir a una cierta temperatura. Así, las tres "T" de combustión afectan la reacción ⁽³⁾.

La disminución de uno de estos factores causa que los otros dos se incrementen para llevar a cabo el mismo grado de combustión completa. Por esta razón, pocas reacciones de combustión son completas a su temperatura mínima teórica ó con la cantidad teórica de aire para dar las cantidades estequiométricas de oxígeno para el carbón y el hidrógeno en el combustible. Como la turbulencia (mezclado) de un reactor (quemador/incinerador) mejora y el tiempo permitido para la que la reacción se efectúe incrementa, la cantidad de aire en exceso (oxígeno) necesario

para la reacción disminuye. Si la combustión se viera como un triángulo isósceles con el tiempo, temperatura y turbulencia en sus tres lados, una disminución en uno de los lados requeriría un incremento compensatorio en los otros dos. Esto es la combustión.

Las reacciones típicas de combustión en un proceso son ⁽⁴⁾:



La combustión de residuos peligrosos no es muy diferente de la combustión de un combustible convencional como se ha descrito previamente, excepto que los residuos pueden contener distintos compuestos orgánicos. Cada compuesto orgánico y cada residuo tienen un valor de combustión medible (expresado en Btu/lb) que puede ser determinado experimentalmente con una bomba calorimétrica ⁽³⁾.

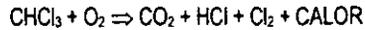
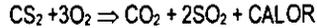
EXCESO DE AIRE. Cuando un residuo orgánico es quemado con una cantidad estequiométrica de aire (oxígeno), los productos de la combustión completa no suelen incluir rastro de oxígeno. Esto se conoce como Combustión Perfecta ⁽⁴⁾, la cual no es posible en incineradores y quemadores comerciales. La combustión perfecta es una línea estrecha entre el exceso de aire para la combustión por un lado y la deficiencia de aire (pirólisis) por el otro. Los incineradores suelen utilizar exceso de aire para llevar a cabo la combustión; sin embargo, esta combustión se puede llevar en dos etapas; la primera etapa operando piróliticamente la segunda con un exceso de aire ⁽⁴⁾. El exceso de aire es también usado en los incineradores para controlar la temperatura debido que al exceso de aire absorbe el calor proveniente de la reacción de combustión.

COMBUSTIBLES. Los residuos orgánicos frecuentemente tienen valores de combustión lo suficientemente altos para llevar a cabo la combustión. En muchos sistemas se necesita combustible auxiliar para la ignición del residuo. En muchas incineraciones de residuos peligrosos, el valor calorimétrico es muy bajo por lo que se necesita utilizar combustibles convencionales para llevar al residuo a una temperatura donde la oxidación de la fracción orgánica del residuo puede efectuarse rápidamente.

El combustible utilizado en un sistema de incineración para dar calor auxiliar puede utilizarse cualquier combustible comercial como gas natural (metano), propano (LPG) ó posiblemente un residuo combustible como una mezcla de solventes gastados ⁽⁴⁾.

Hay cientos de mezclas residuales de hidrocarburos que tienen la suficiente capacidad calorífica para ser considerados combustibles. Principalmente entre ellos son mezclas de solventes las cuales han sido utilizadas para procesos de limpieza. Frecuentemente estas mezclas tienen capacidades caloríficas aproximados a esos combustibles comerciales, por lo tanto pueden ser utilizados en los incineradores como combustible. Por ejemplo: considerar una mezcla residual de 2 solventes comerciales como el tolueno y la acetona. El tolueno tiene una capacidad calorífica de 18,440 Btu/lb y la acetona tiene una capacidad calorífica de 13,119 Btu/lb. En una mezcla 50/50 en peso los valores caloríficos combinados son de 15,686 Btu/lb lo cual hace un excelente combustible ⁽⁴⁾.

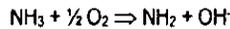
RESIDUOS QUE CONTIENEN AZUFRE, HALOGENOS, NITROGENO E INORGANICOS. La combustión de hidrocarburos produce CO_2 , vapor de agua y posiblemente algo de CO . La combustión de residuos que contienen azufre produce SO_2 y posiblemente SO_3 . Los residuos que contienen halógenos (por ejemplo: cloro, flúor y bromo), producen el ácido correspondiente durante la combustión (HCl , HF y HBr). Cada ácido es formado de acuerdo con las condiciones de equilibrio presentes en el momento de la reacción de combustión. Reacciones típicas son ⁽³⁾:



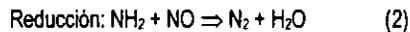
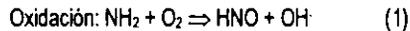
De la capacidad calorífica del disulfuro de carbono (6,236 Btu/lb) se puede ver que se puede quemar rápidamente sin la necesidad de combustible adicional, sin embargo, el cloroformo (CHCl_3) tiene un calor bajo (1350 Btu/lb) y puede requerir combustible auxiliar para completar la reacción, en situaciones reales de combustión se puede formar algo de cloro (Cl_2) ⁽⁴⁾.

Los compuestos de nitrógeno en el combustible presentan una complicación debido a que ellos forman varios óxidos de nitrógeno durante la combustión, especialmente cuando un exceso de oxígeno se encuentra presente. Los principales óxidos son NO y NO_2 . Estos dos compuestos son también formados en la combustión de combustibles que no tiene nitrógeno por un proceso llamado "fijación del nitrógeno" ⁽³⁾. El nitrógeno en el aire utilizado para la combustión se convierte a óxidos de nitrógeno en el proceso de combustión.

Al quemar amoníaco en el aire es un típico ejemplo de la combustión de compuestos de nitrógeno ⁽³⁾:

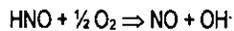


El NH_2 es posteriormente oxidado o reducido de la siguiente manera ⁽³⁾:



La relación oxidación/reducción es 4/1 cuando el oxígeno está presente en la mezcla por lo tanto los productos de la ecuación de oxidación son más probables.

En las reacciones de oxidación, el HNO reacciona con el oxígeno como sigue ⁽³⁾:



En prácticas normales el amoníaco es quemado con un exceso de gas natural para dar una atmósfera reductora para reducir la formación de NO .

METALES. Los residuos de compuestos inorgánicos alimentados al incinerador no pueden ser destruidos solo oxidados. La mayoría de los materiales inorgánicos son químicamente clasificados como metales y entran al proceso de combustión como uno de los componentes del residuo. Generalmente estos metales en el proceso de combustión se transforman a óxidos de los metales de origen ⁽⁴⁾.

Si el metal entra al proceso como una sal del metal que tiene un punto de vaporización de menor que la temperatura del incinerador, se puede vaporizar y no oxidarse y estar presente en flujo gaseoso. Por ejemplo, el cloruro de plomo tiene una temperatura de vaporización de 950°C . El plomo que entra al incinerador como cloruro puede presentarse como plomo en el flujo de gas a menos que sea condensado en un equipo de control de contaminantes que se

encuentren dentro del aire. El óxido de plomo, sin embargo, no es volátil y probablemente quedará en el fondo de las cenizas. Muchos compuestos metálicos quedarán en las cenizas formadas dentro del incinerador, pero la volatilidad de ciertos metales como el arsénico, antimonio, cadmio y mercurio puede crear problemas en el flujo de gas ⁽³⁾. Residuos que contienen metales pesados no son buenos candidatos para la incineración a menos que se tenga el equipo de control de contaminación apropiado para remover metales para alcanzar niveles aceptables en el gas que se descarga a la atmósfera.

En general, la incineración de líquidos es más fácil que la de sólidos y puede realizarse mediante diversos tipos de equipo, lo que no ocurre con los residuos sólidos.

En la sección de recuperación se preparan los residuos en función de su estado físico por ejemplo: si estos se encuentran en forma líquida puede que requieran de ser filtrados, así pues los sólidos requerirán de ser triturados.

Generalmente los líquidos son atomizados junto con el combustible que pudiera ser requerido al ser alimentados.

Los incineradores se encuentran clasificados en función del diseño de la cámara de combustión. Se describe a continuación brevemente los principales tipos de incineradores de residuos peligrosos ⁽⁵⁾.

INCINERACION POR INYECCION LIQUIDA. Como su nombre lo indica, se utilizan para residuos que pueden ser bombeados. Se inyectan a la cámara de combustión, previa atomización, en forma de pequeñas gotas de aproximadamente 40 nm de diámetro. Al mismo tiempo que el residuo, aunque de forma separada, se alimenta el combustible. Si las gotas son de tamaño mayores, la eficiencia de combustión se afecta.

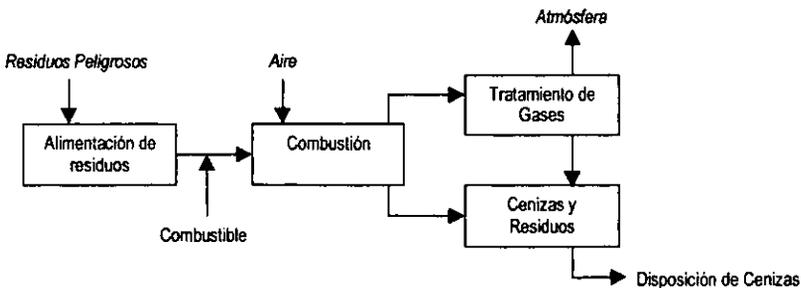
HORNOS ROTATORIOS. En ellos la cámara de combustión primaria es un cilindro rotatorio, conformado por materiales refractarios. Una unidad de post-tratamiento es empleada para completar la destrucción de los residuos. Puede tratar una gran diversidad de residuos en distintos estados físicos, líquidos, semisólidos ó sólidos, los cuales pueden ser quemados simultáneamente. Una desventaja de este tipo de incinerador es que pueden existir problemas con los sellos, causando emisiones que pueden contaminar.

Effluentes. Los constituyentes típicos del afluente gaseoso de la combustión son los siguientes:

- ❖ **Gases contaminantes.** Gases ácidos, generalmente óxidos de azufre (SO_2 , SO_3), que provienen de azufre en la materia orgánica e inorgánica. Los óxidos de nitrógeno (NO , NO_2) son generados por la reacción del N_2 presente en los residuos incinerados o en el aire de combustión y O_2 presente en la cámara de combustión. La generación de los NO_x se evita con el exceso de aire ó la disminución en las temperaturas de proceso.
- ❖ **Material particulado.** Son las cenizas que no pudieron ser recogidas una vez terminada la combustión. Pueden contener óxidos metálicos, silicatos y sales, dependiendo su composición de la alimentación.
- ❖ **Productos de la combustión incompleta.** Compuestos producidos por deficientes condiciones en la cámara de combustión (medio pobre en oxígeno, etc.) y por especies resistentes a la descomposición. Se encuentran en este apartado los compuestos aromáticos policíclicos, como el pireno y los compuestos formados por la deficiente combustión de las sustancias cloradas (BPC's), los dibenzofuranos policlorados (DFPC's) y p-dioxinas policloradas (PDPC's), los cuales son altamente tóxicos.

Ventajas. El volumen y peso de los residuos se reducen a una fracción de su tamaño original en una forma inmediata, por lo que se requiere un área pequeña de residuo ni tampoco largos tiempos de residencia, los residuos pueden ser tratados in situ, sin necesidad de que sean trasladados a otros lugares más lejanos; al utilizar las técnicas de recuperación de calor, los costos de operación pueden ser reducidos mediante la utilización de la energía ahorrada.

Desventajas. El uso de los incineradores, por razones económicas, se encuentra restringido al tratamiento de residuos con elevadas concentraciones de orgánicos (>25 %), ya que tiene que existir la suficiente capacidad calorífica para sostener la combustión, de no ser así se requiere de energéticos para su destrucción; los rangos de temperatura son elevados, a operación normal, este es de 900-1300°C y los excesos de aire también son elevados y van hasta un 100%; existen materiales no incinerados, por ejemplo: residuos con altos contenidos líquidos o sólidos no combustibles y residuos que contienen metales pesados, entre menor capacidad calorífica, la dificultad de la incineración será mayor, por lo que además del caso nombrado algunos materiales requieren utilizar energéticos adicionales para alcanzar los estándares de eficiencia requeridos; las emisiones a la atmósfera de los gases de combustión de algunas sustancias se encuentran acompañadas por material particulado, óxidos de nitrógeno (NOx) y dioxinas, sustancias que poseen una toxicidad elevada.



Fuente: *Hazardous Waste Management*. Michael D. Lagrega, Phillip L. Buckingham. Mc Graw Hill Book Company. Singapore. 1994.

7.3.2. TRATAMIENTOS QUÍMICOS.

Este tipo de proceso involucra el uso de reacciones químicas para transformar las corrientes residuales en sustancias menos peligrosas mediante procesos que alteran la naturaleza interna de los constituyentes peligrosos por medio de reacciones, así como tratamientos físicos para facilitar su separación ⁽⁶⁾. Este tipo de procesos puede fomentar la recuperación y el rehuso de las sustancias químicas, obteniéndose así subproductos útiles y efluentes residuales ambientalmente aceptables.

En la mayoría de los casos se estabilizan dichos residuos, pero en otros no es posible tratarlos en un 100%, siendo necesario un tratamiento posterior. Se consideran como procesos fisicoquímicos los siguientes ⁽⁶⁾:

PRECIPITACION QUÍMICA. La precipitación química es un proceso por el cual una sustancia soluble se convierte en insoluble ya sea por una reacción química ó por cambios en la composición del solvente para disminuir la solubilidad de las sustancias en él. Los sólidos precipitados pueden separarse por sedimentación y/o filtración. Se usa comúnmente la precipitación para reducir la dureza del agua por remoción de calcio y magnesio. En el

tratamiento de los residuos peligrosos el proceso tiene una amplia aplicación para la remoción de metales tóxicos de residuos acuosos.

La precipitación es aplicable al tratamiento de los residuos peligrosos acuosos que contengan constituyentes tóxicos que puedan convertirse en insolubles. Estos incluyen residuos que contienen los metales arsénico, bario, cadmio, cromo, cobre, plomo, mercurio, níquel, selenio, plata, talio y zinc.

En el proceso de precipitación química se adiciona un precipitante químico al metal contenido en el residuo acuoso, esta se lleva a cabo en un tanque de reacción con agitación. Los metales disueltos se convierten en insolubles por una reacción química entre los compuestos metálicos solubles y el precipitante. Los sólidos suspendidos resultantes se separan por sedimentación en un clarificador.

La precipitación, es un proceso ampliamente utilizado, su implementación no es muy costosa y es aplicable a corrientes residuales que contienen metales pesados. Se requiere de un tanque de reacción con agitación y de un reactivo de precipitación. Se debe utilizar un pre-tratamiento cuando en la corriente a tratar están presentes residuos de cianuro o cromo(VI). Asimismo, se debe considerar que los sólidos precipitados requieren de una separación por sedimentación y/o filtración. El costo está en función del tamaño del equipo a utilizar, de la concentración de la corriente a tratar y de los reactivos químicos empleados en el proceso.

NEUTRALIZACION. Muchas operaciones de manufactura y proceso producen afluentes que son ácidos ó alcalinos en su naturaleza. La neutralización de una corriente residual excesivamente ácida ó básica es necesaria para:

- ❖ Prevenir la corrosión de metales y/o daño a otros materiales de construcción.
- ❖ Proteger la vida acuática y el bienestar de los seres vivos.
- ❖ Como un tratamiento preliminar.
- ❖ Para proporcionar un pH neutral a aguas de reciclado, proceso ó de alimentación a calderas.

Este es el tipo de tratamiento químico más común, ya que la corrosividad es una característica de muchos residuos y frecuentemente es función del pH, ajustando la acidez ó alcalinidad de un material a un intervalo neutral puede eliminar frecuentemente el peligro específico asociado con el residuo. Este tratamiento no produce una destrucción efectiva del residuo, pero disminuye su peligrosidad y lo hace más apropiado para un tratamiento adicional y una consiguiente disposición segura en el ambiente.

Las aguas residuales ácidas pueden neutralizarse con cal apagada $[Ca(OH)_2]$, sosa (NaOH), carbonato sódico (Na_2CO_3). La cal apagada es la más empleada en la neutralización de ácidos, ya que es más barata que otras bases. Las aguas residuales alcalinas pueden neutralizarse con un ácido mineral fuerte como el H_2SO_4 o el HCl con CO_2 . La reacción con ácidos minerales es rápida. Para ambas se utilizan recipientes con agitación y sensores de pH que controlan la velocidad de alimentación.

La neutralización se aplica a corrientes residuales ácidas ó básicas y a compuestos orgánicos como fenoles y ácidos sulfónicos, este tipo de tratamiento se utiliza principalmente como una operación preliminar para otros procesos debido a que no produce una destrucción efectiva del residuo, pero lo hace más apropiado para otro tipo de tratamiento. El equipo que requiere es muy sencillo, se pueden emplear tanques de reacción con agitación y

lagunas, se debe contar con instrumentación apropiada para un buen control de pH, así como dispositivos de bombeo de muestras. Es necesario equipo auxiliar como clarificadores y sistemas de remoción de vapor.

OXIDACION Y REDUCCION QUIMICA. Cuando se quitan electrones de un ión, átomo ó molécula, la sustancia se oxida, cuando los electrones se adicionan a una sustancia, ésta se reduce. Las reacciones de oxidación-reducción (redox) tienen un papel importante en el tratamiento de residuos tóxicos inorgánicos tal como los residuos que contienen metales, sulfuros, cianuros, cromo y también en el tratamiento de algunos compuestos tales como fenoles, plaguicidas, etc.

Oxidación. La tecnología está bien establecida y representa un medio seguro de tratamiento que es fácilmente monitoreado y controlado. Aún cuando la oxidación química es mas apropiada para el tratamiento de líquidos también se puede usar para suspensiones y lodos. Aún cuando existen muchos compuestos químicos que son agentes oxidantes, sólo algunos de ellos se utilizan para el tratamiento de residuos. Estos oxidantes varían en el potencial de oxidación, conveniencia, costo y la formación de subproductos. Los agentes oxidantes más comunes son: Hipoclorito de sodio, Hipoclorito de calcio, Permanganato de potasio, Ozono.

Los residuos orgánicos que se han tratado por oxidación química son: fenoles, aminas, mercaptanos y clorofenoles, un ejemplo es la oxidación cianhídrica: Consiste en el empleo de soluciones acuosas de hipoclorito de sodio ó de cloro para oxidar cianuros presentes en concentraciones de 2 a 40% en sales residuales de tratamiento térmico; se convierten en cianatos y posteriormente en nitrógeno y bióxido de carbono.

Reducción. Los agentes reductores se usan para tratar residuos de cromo hexavalente, mercurio, compuestos organometálicos y los metales quelantes. El uso más frecuente es para el tratamiento del cromo hexavalente que se reduce a su estado trivalente menos tóxico, para ello se emplea metabisulfito de sodio. El cromo trivalente puede removerse de soluciones acuosas por precipitación del hidróxido relativamente insoluble. Algunos agentes reductores son dióxido de azufre y borohidruro de sodio. Es factible aplicar el proceso de oxidación-reducción a corrientes que contengan metales, cianuros, así como a residuos orgánicos a bajas concentraciones como fenoles, aminas etc. Este tipo de tratamiento se puede realizar en operaciones continuas ó semicontinuas. El equipo empleado es un reactor. Debido a que la reacción provoca un incremento en la temperatura se requiere de equipo de monitoreo.

7.3.3. TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS.

Estos tratamientos utilizan microorganismos, como son las bacterias, protozoarios y hongos, los cuales transforman los residuos tóxicos (compuestos orgánicos tóxicos) en compuestos inertes producto de su metabolismo, ya que para la población microbiana, las sustancias peligrosas son su fuente de energía y alimento. Los microorganismos involucrados utilizan la materia orgánica, junto con elementos nutritivos y oxígeno (en caso de ser requerido), para metabolizarla mediante procesos bioquímicos y fisicoquímicos, obteniendo así energía vital, además de formas moleculares estables presentes en la naturaleza. Por lo tanto, la capacidad bioquímica, genética y ecológica de los microorganismos juega un papel importante en la biodegradación de compuestos orgánicos tóxicos ⁽⁷⁾.

Los procesos biológicos forman parte de una serie de tecnologías que se emplean para la remoción ó estabilización de residuos tóxicos principalmente en aguas residuales y subterráneas, lixiviados de rellenos sanitarios y suelos contaminados. En los últimos años, éstos procesos han adquirido gran importancia debido a que ofrecen métodos para una remoción eficaz de contaminantes orgánicos a costos menores con respecto a otros procesos.

Los procesos biológicos se consideran como ecosistemas extremadamente complejos, con muchas interacciones microbianas que determinan la eliminación de las concentraciones de ciertos residuos tóxicos biodegradables en las corrientes, es decir, que funcionan como sustrato específico para una población microbiana, en la cual intervienen diferentes asociaciones simbióticas entre organismos, principalmente bacterias, algas y hongos microscópicos, además de protozoarios y micrometazoarios ⁽⁷⁾.

Es importante señalar que existen algunos factores que afectan ó modifican las condiciones fisicoquímicas presentes en los ecosistemas, con lo cual se interrumpe la actividad microbiana, junto con la tasa y alcance de biodegradación. Por esto, generalmente es necesario implementar ciertos métodos de bioenriquecimiento ⁽⁸⁾, tales como: adición de nutrientes, sustratos secundarios, modificadores de oxígeno y pH, para favorecer la actividad microbiana. Debido a esto, se requieren estudios con los que se evalúa la extensión y tipo de contaminación, la composición ó naturaleza del flujo residual, la hidrogeología del sitio y las interacciones dentro de la comunidad microbiana para degradar los contaminantes de interés.

Algunos microorganismos crecen mejor cuando son adheridos a una superficie, es decir una capa biológica, otros cuando no lo son (por ejemplo, cuando los microorganismos se encuentran en suspensión ya sea como organismos dispersos ó en grupos llamados floculos).

Muchos residuos orgánicos peligrosos pueden ser tratados biológicamente, siempre y cuando pueda establecerse la distribución apropiada de organismos. Una substancia que es dañina para un grupo de organismos puede ser una fuente de alimento para otro.

Los procesos biológicos pueden dividirse en función del tipo de metabolismo empleado por los microorganismos que en él intervienen, los cuales son aerobicos y anaerobicos. Estrictamente los aeróbicos solo pueden crecer en presencia de oxígeno; los anaeróbicos son destruidos por el oxígeno.

PROCESOS AEROBICOS.

El proceso de tratamiento aeróbico, se ha empleado para la degradación de la materia orgánica de aguas residuales con éxito, los microorganismos que intervienen para la estabilización de los residuos necesitan oxígeno para su crecimiento. El oxígeno debe estar disponible en la forma de oxígeno libre disuelto, éste es el reactivo esencial para los procesos aeróbicos, cuando los organismos utilizan los nutrientes orgánicos, consumen al mismo tiempo el oxígeno disuelto; si no se repone el O₂, el crecimiento microbiano se detiene, ya que los organismos mueren por falta de oxígeno, a éstos tipos de microorganismos se les llama aeróbicos obligados ⁽⁷⁾. La disponibilidad del oxígeno disuelto libre es, por lo tanto, el factor clave que limita la capacidad de autopurificación de una corriente de agua ó la eficiencia del proceso biológico aeróbico.

Los procesos aeróbicos son bioquímicamente eficientes y rápidos, generando productos secundarios que casi siempre son químicamente simples y altamente oxidados, como anhídrido carbónico y agua, por otra parte, se forma nueva materia microbiana como resultado de su reproducción.

Las limitaciones de los procesos biológicos aeróbicos utilizados para tratar líquidos, pueden resumirse para el diseño global de un sistema, considerando los siguientes factores ⁽⁷⁾:

Grado de biodegradabilidad. Mientras muchos residuos orgánicos peligrosos son bastante biodegradables, otros no lo son. Aún cuando la remoción biológica se haya efectuado exitosamente, los procesos biológicos aeróbicos tienen que ser utilizados junto con otras tecnologías físicas químicas de destrucción, para alcanzar los niveles de tratamiento que son requeridos. En cualquier circunstancia, los sistemas biológicos pueden reducir el costo reduciendo la carga de orgánicos.

Aplicación de tecnología convencional. Aguas residuales que contienen materiales peligrosos pueden ser tratados en sistemas que utilizan tecnologías convencionales. En muchos sistemas pueden establecerse: la mezcla adecuada de microorganismos, suministro de oxígeno, adición de nutrientes, control de pH y temperatura. Sin embargo, hay pocos sistemas biológicos aeróbicos operando a gran escala que han sido diseñados para remover residuos orgánicos peligrosos. Como resultado, los problemas que puedan suscitarse con muchos sistemas todavía no están del todo bien establecidos y entendidos.

Inorgánicos tóxicos y no tóxicos. Mientras que una población microbiana puede desarrollarse y ser moderadamente resistente a altos niveles de metales pesados, la depositación y acumulación de precipitados de esos metales en la biomasa puede severamente inhibir la actividad de la comunidad desarrollada. Por tal motivo, se diseña un sistema de pretratamiento para remover estos contaminantes que puede reducir la posibilidad de falla del sistema.

Orgánicos tóxicos y no tóxicos. La remoción selectiva de una toxina orgánica en particular es difícil de efectuarse. Si la toxina orgánica es biodegradable y si los organismos que poseen esa capacidad específica pueden ser enriquecidos y mantenerse la comunidad microbiana, el sistema puede ser diseñado, pero si la toxina es no biodegradable ó esta acompañada de sustancias que no lo son, solo se obtendrá remoción limitada por medios biológicos.

Variación de carga. La concentración de ciertos organismos puede fluctuar encima del límite tóxico durante algunos periodos de tiempo, causando un deterioro en las funciones del sistema biológico. La instalación de equipos de almacenaje puede reducir la posibilidad de daño, debido a que los procesos biológicos son sensibles a la variación de carga. Por tal motivo, se debe incorporar toda la información posible en cuanto a la variación de la misma para el diseño de los sistemas biológicos.

Requerimiento de nutrientes. Nitrógeno y fósforo son dos de los nutrientes más comunes que tienen que ser añadidos en un sistema biológico. Si alguno de los dos no está en las cantidades mínimas necesarias, el tratamiento biológico puede ser severamente retrasado.

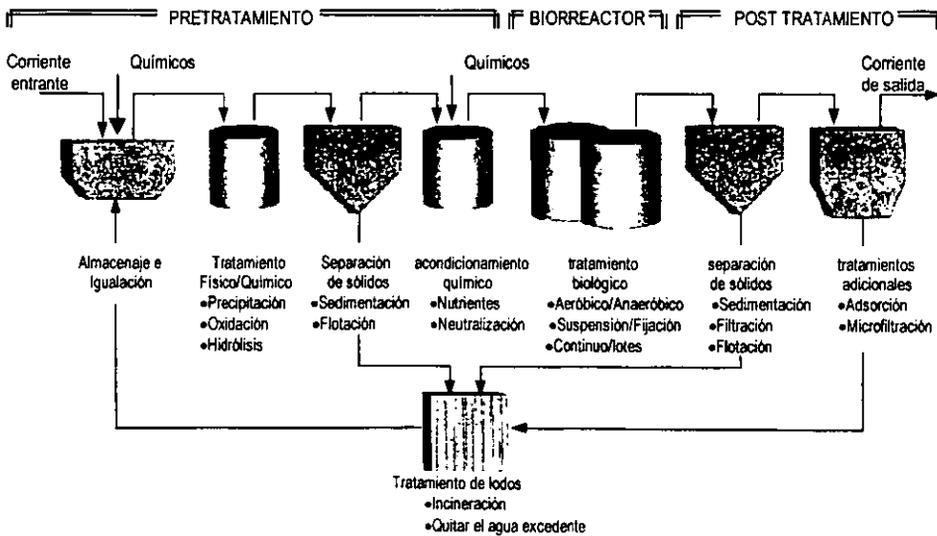
pH. Todos los organismos capaces de biodegradar sustancias peligrosas crecen mejor en el rango de 6 a 8.

Abastecimiento de oxígeno. Muchos residuos orgánicos son rápidamente degradados aeróbicamente, pero cuando es limitada la penetración del oxígeno, la rapidez y extensión de la destoxificación biológica es limitada.

Temperatura. La rapidez de remoción de organismos se incrementa con el incremento de la temperatura (hasta que la temperatura máxima se alcanza) y decrece cuando decrece la temperatura, por lo que esta variable debe de tomarse en cuenta en el diseño del equipo.

A continuación se darán los principios básicos de los procesos de tratamiento aeróbico, en donde se utilizan técnicas de ingeniería para mantener un alto nivel de disponibilidad del oxígeno disuelto de manera que se pueda mantener una alta población microbiana, para obtener una rápida descomposición aeróbica de los nutrientes.

TRATAMIENTO CONVENCIONAL. El residuo peligroso típico tratado por este método incluye agua subterránea contaminada y aguas residuales provenientes de los procesos industriales que contienen sustancias orgánicas tóxicas. El método consiste en pasar el residuo peligroso acuoso a través de un reactor que contiene biomasa en suspensión ó fijada en una base, estos organismos son de alta actividad y ya están aclimatados ⁽⁶⁾. El flujo puede ser continuo ó por lotes y el reactor puede ser operado bajo condiciones aeróbicas ó anaerobias. El oxígeno es añadido para sistemas aeróbicos. El residuo líquido recibe tratamiento antes y después del tratamiento biológico. La secuencia del sistema en general se describe a continuación.



Fuente: *Tratamiento Biológico de Aguas de Desecho.* Winkler Michael A., Editorial Limusa S.A. de C.V., 1a. Edición.

El pretratamiento puede consistir de muchos pasos dependiendo del tipo de residuo ⁽⁶⁾:

Nivelación. Amortiguar/modular las corrientes hidráulicas y la variación de la carga orgánica en sistemas con flujos continuos.

Tratamiento químico. Típicamente para precipitar metales tóxicos, si se encuentran presentes.

Separación física. Sedimentación de los precipitados metálicos, remoción de material flotante, etc.

Acondicionamiento. Típicamente para suministrar nutrientes y optimizar el pH.

Después del pretratamiento, los flujos de residuos líquidos entran al bioreactor donde los orgánicos disueltos son metabolizados por la biomasa con un crecimiento de la misma como consecuencia.

SISTEMAS DE CRECIMIENTO EN SUSPENSIÓN. LODOS ACTIVADOS. Como con otros procesos de tratamiento de oxidación biológica, dependen únicamente de la actividad metabólica de los microorganismos, los cuales utilizan los residuos orgánicos como material de síntesis celular, removiendo así la materia orgánica del agua residual.

El principio básico del proceso consiste en que las aguas residuales se pongan en contacto con una población microbiana mixta, en forma de suspensión floculenta en un sistema aereado y agitado; esta materia y los nutrientes disueltos se descomponen lentamente por metabolismo microbiano, proceso conocido como estabilización ⁽⁶⁾. En este proceso parte del material biodegradable, se oxida a sustancias simples como el anhídrido carbónico, proceso denominado mineralización ⁽⁶⁾. Una vez que se alcanza el grado de tratamiento que se desea, la masa microbiana conocida como lodos, se separa del agua tratada por asentamiento, en un sedimentador especialmente diseñado. La etapa de separación se conoce como clarificación ó sedimentación ⁽⁶⁾.

Los lodos activados representan una complicada mezcla de virus, bacterias, protozoarios y otros microorganismos, (los cuales son capaces de degradar diferentes compuestos orgánicos) formando un ecosistema en el cual todos interactúan entre sí estableciendo un equilibrio ecológico. Los lodos activados están integrados por varios componentes que se pueden clasificar como organismos viables (utilizan los nutrientes orgánicos para producir nuevas células), los organismos no viables (utilizan bioquímicamente los nutrientes pero no se reproducen), organismos muertos, materia orgánica inerte y materia orgánica biodegradable y la materia orgánica inerte ó no biodegradable (no pueden ser transformadas a sustancias más simples) ⁽⁶⁾.

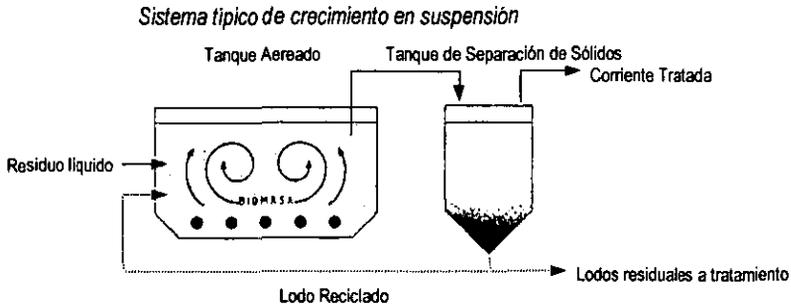
La población microbiana tiende a adaptarse por sí sola a los nutrientes disponibles, a menos que haga falta un balance nutritivo, como es la deficiencia de un factor esencial de crecimiento, ó la presencia de una sustancia inhibitoria ó tóxica ó una sustancia que pueda ser utilizada como nutriente por sólo un número limitado de microorganismos. La masa microbiana de los lodos se incrementa conforme los microorganismos degradan el material orgánico en el agua residual y crecen en un ambiente aeróbico en el tanque de aereación. El crecimiento bacteriano durante la etapa inicial es muy alto porque la concentración de sustrato es relativamente alta a comparación de la población microbiana. Después de una ó dos semanas de operación, la concentración de sólidos suspendidos y el grado de tratamiento que se desean, se alcanzan.

El crecimiento floculante de los lodos es importante, en primer lugar, para la adsorción y aglomeración de materia presente en las aguas residuales; en segundo lugar para la rápida, eficiente y económica separación de los lodos procedentes de las aguas residuales tratadas ⁽⁷⁾. La naturaleza floculenta de los lodos es de gran importancia en la remoción de contaminantes, así como para facilitar la separación de los microorganismos, cuando se haya alcanzado el grado deseado de descomposición. Los flocúlos ⁽⁷⁾ de los lodos son cúmulos de varios millones de células bacterianas, junto con algunos organismos de otras especies y materia inerte, orgánicas e inorgánicas. Sin embargo, los flocúlos no se deben considerar como entidades invariantes, un lodo de buena floculación en un

sistema agitado está en un estado de equilibrio dinámico entre la tendencia de los flocúlos a agregarse en flocúlos mayores y la desfloculación debido al efecto cortante turbulento, que rompe los flocúlos en unidades pequeñas.

Ventajas⁽⁷⁾. Es un proceso que se emplea en el tratamiento de aguas residuales industriales; puede tolerar cargas orgánicas altas, comparados con otros procesos de tratamiento biológico.

Desventajas⁽⁷⁾. Altos costos de diseño, construcción, operación y mantenimiento; el proceso es sensible a sólidos suspendidos y a metales; son sensibles a cambios de carga orgánica bruscos; necesitan bastante energía para la operación.



Fuente: *Tratamiento Biológico de Aguas de Desecho. Winkler Michael A., Editorial Limusa S.A. de C.V., 1a. Edición.*

La figura nos muestra un sistema típico de crecimiento suspendido en donde el bioreactor es mezclado continuamente, para facilitar el contacto entre el sustrato (los orgánicos presentes en el residuo líquido) y la biomasa en suspensión, además de obtener una buena aereación⁽⁷⁾.

La corriente de salida está libre de biomasa ya que son separadas la corriente de salida y la biomasa en un tanque separador, típicamente por sedimentación, pueden también efectuarse pasos subsecuentes (por ejemplo una filtración), dependiendo de la calidad requerida de la corriente de salida⁽⁷⁾.

Una gran porción de la biomasa (lodos) se regresa al bioreactor para mantener el tiempo adecuado de retención de sólidos (para su transformación) y la relación adecuada entre el sustrato y la aclimatación de los organismos. El reciclado incrementa el tiempo de retención de sólidos, mucho más que un tiempo obtenido en una retención simple. Cuando se da un excedente de lodos, deben de removerse para su posterior tratamiento y disposición final. La edad típica de un lodo en un sistema efectivo es alrededor de 20-30 días, tomando en cuenta que ningún lodo puede sobrepasar los límites de 10-50 días⁽⁷⁾.

SISTEMAS DE CRECIMIENTO EN PELICULAS. Estos sistemas cuentan con la habilidad de que los microorganismos se adhieren a una superficie inerte. El agua contaminada pasa a través del bioreactor que resguarda las superficies inertes con el crecimiento adherido de microorganismos.

BIODISCOS. El sistema presenta un medio plástico inerte en forma de discos ó secciones de discos de alta densidad que se alinean perpendicularmente a un eje rotatorio, este eje se coloca en el fondo de un tanque, sumergido aproximadamente el 40%, a través del cual pasa el residuo líquido a tratar, los discos circulares nos

proporcionan una gran área de contacto donde es soportada la población microbiana. Al rotar los discos, la biomasa es aereada y el tratamiento se efectúa ⁽⁶⁾.

El oxígeno se transfiere primero por contacto con la atmósfera y la película biológica expuesta. La transferencia de oxígeno secundario también ocurre en el agua, como resultado de la turbulencia en la superficie generada por la rotación del medio y por el retorno del volumen del líquido de las aguas residuales que se levantan a la atmósfera, como flujo libre sobre el medio.

La población microbiana utiliza las sustancias orgánicas de las aguas residuales como alimento, capturándolas en la película biológica, conforme pasa el agua residual la población microbiana crece. La turbulencia creada por el medio de rotación mantiene la biomasa degradante en suspensión. La acción del deslizamiento ayuda a prevenir la formación excesiva de la película biológica y también ayuda a mantener un crecimiento de la población microbiana uniforme en el medio. El crecimiento y la degradación se repiten continuamente. Los sólidos en suspensión se transportan con el agua residual a un sedimentador en donde se efectúa la separación del agua tratada y los lodos residuales que son llevados a tratamiento para su disposición final.

Las variables que dan lugar a la formación de la película fija, al contacto con las aguas residuales y oxígeno son las siguientes ⁽⁶⁾:

- ❖ Transporte del sustrato y oxígeno desde el agua residual a la superficie de la película.
- ❖ Transporte interno del sustrato y oxígeno a través de la biopelícula por proceso de difusión.
- ❖ Oxidación del sustrato por la biopelícula.
- ❖ Difusión de los productos hacia el agua residual.

La película biológica que se desarrolla en cada sistema de biodisco refleja el ambiente y las condiciones de carga en particular. La observación visual nos muestra el grosor y color en cada etapa (la primera etapa generalmente es café verdoso y la etapa de nitrificación tiene como característica un color bronce).

Se deben considerar tres variables en el sistema de biodiscos: tiempo de retención del agua residual en los tanques, velocidad de rotación promedio y el orden de las etapas.

Ventajas ⁽⁷⁾: El proceso es más flexible que el filtro rociador, ambos procesos tienen contacto intensivo entre la biomasa, el agua residual y el oxígeno, pero es más fácil controlar la aereación en los biodiscos; es fácil de operar, buena sedimentación de sólidos provenientes de los biodiscos (biomasa de exceso); comparado con los lodos activados, los biodiscos soportan variaciones mayores de flujo y de carga orgánica, así como tóxicos; también necesitan menos energía para la aereación, menos costos en mantenimiento y operación, así como menos espacio para su construcción.

Desventajas ⁽⁷⁾: Es vulnerable a cambios de clima, si no está cubierta; a altas cargas orgánicas, la aereación no es suficiente.

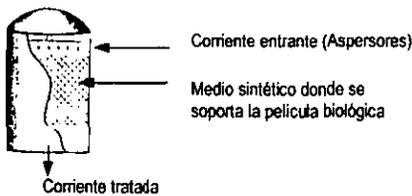
FILTROS ROCIADORES. Los filtros rociadores forman parte de los procesos biológicos de crecimiento adherido y su función principal es convertir bioquímicamente la materia orgánica a sustancias más simples. Son un sistema de medio fijo, donde el medio sólido de soporte (natural ó sintético) se dispone en forma de lecho empacado a través del cual gotea el agua residual; sobre el medio de soporte se desarrolla una película de microorganismos y el

oxígeno y los nutrientes presentes en el líquido a tratar se difunden dentro de la película microbiana para ser metabolizados⁽⁶⁾.

En el funcionamiento del proceso, el agua residual previamente sedimentada se distribuye mecánicamente a una tasa controlada, sobre la parte superior del lecho por medio de rociadores fijos ó conjuntos móviles de aspersores y goteo a través del empaque para caer en un tanque colector situado debajo del lecho; el efluente así como los sólidos biológicos y los productos finales inorgánicos que se desprenden se separan posteriormente en un clarificador final⁽⁶⁾.

La película biológica que se desarrolla en la superficie del medio sólido, se compone de una población muy variada de microorganismos como bacterias, protozoarios, algas, hongos y larvas de insectos. Debido a que la mayoría de residuos industriales presentan nutrientes diluidos, es importante proveer suficientes superficies de contacto para aumentar las actividades fisiológicas de la película biológica.

La distribución del agua residual debe ser uniforme y continua. Los aspersores fijos consisten en brazos giratorios (2-4), apoyados en una columna central dispuestos radialmente. La fuerza de reacción en la descarga del agua a través de los orificios provee la energía necesaria para girar el distribuidor, aunque en algunos casos se emplea motor eléctrico para generar el movimiento rotacional a una velocidad de 0.1-2.0 rpm, dependiendo de la carga superficial⁽⁷⁾.

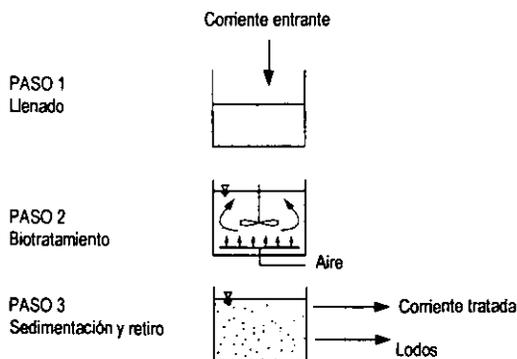


Fuente: *Tratamiento Biológico de Aguas de Desecho*. Winkler Michael A., Editorial Limusa S.A. de C.V., 1a. Edición.

Ventajas ⁽⁷⁾. Los costos de operación y construcción son relativamente bajos; no se necesita energía para la aereación; es una operación sencilla y conveniente para la remoción de materia orgánica suspendida y coloidal presente en las aguas residuales municipales; debido a que los tiempos de residencia hidráulica son cortos, el proceso no es altamente sensible a cambios bruscos en la carga orgánica; son menos susceptibles a la presencia de sustancias tóxicas en la corriente.

Desventajas ⁽⁷⁾. Requieren terrenos muy extensos y aunque es una técnica relativamente simple, el grado de conocimientos requeridos para su operación y mantenimiento frecuentemente no está disponible; son vulnerables a cambios bruscos de temperatura y requieren largos periodos de recuperación si son "interrumpidos", además de la emisión de malos olores.

REACTOR AEROBICO POR LOTES (BATCH). Este sistema combina igualación, biotratamiento y sedimentación en un solo tanque. Los tres pasos que son llevados secuencialmente se muestran en la siguiente figura ⁽⁷⁾:



Fuente: *Tratamiento Biológico de Aguas de Desecho*. Winkler Michael A., Editorial Limusa S.A. de C.V., 1a. Edición.

La biomasa se mantiene en el tanque ya que solo se descarga el efluente ya clarificado proveniente del paso 3 (sedimentación). La simplicidad de este tipo de sistemas hace que sean especialmente apropiados para procesos a pequeña escala.

LAGUNAS FACULTATIVAS. Las lagunas facultativas son una combinación de lagunas anaerobias y aerobias, su diseño permite el crecimiento de organismos aeróbicos, anaeróbicos y facultativos (se desarrollan con ó sin oxígeno); su papel principal es la remoción de DBO ⁽⁶⁾. Este es el tipo de lagunas más usado, ya que por su flexibilidad, requiere menos terreno que las aeróbicas y no producen olores molestos (anaerobias).

La estratificación térmica da como resultado que las reacciones anaerobias predominen en el estrato inferior de estas lagunas debido a que la penetración de la luz solar es muy limitada. La oxidación aeróbica junto con la fotosíntesis se presenta en el estrato superior de las lagunas donde predominan organismos fotoautótrofos (principalmente algas microscópicas).

En este proceso se establece una simbiosis entre bacterias y algas ⁽⁶⁾:

Los microorganismos heterótrofos requieren grandes cantidades de oxígeno disuelto para metabolizar la materia orgánica, donde los productos finales son: dióxido de carbono, agua, nitratos, sulfatos y fosfatos, los cuales son utilizados por las algas como materia prima en el proceso de fotosíntesis, aumentando la concentración de oxígeno disuelto en el agua, por lo tanto la eficiencia del proceso es mayor. La combinación de metabolismo aeróbico y anaerobio dentro del mismo cuerpo de agua permite que sea posible el ciclo completo de nutrientes.

Cuando la luz solar es intensa, son posibles concentraciones sobresaturadas de oxígeno por la alta tasa de fotosíntesis que se lleva a cabo en el estrato denso de algas (50 cm de profundidad desde la superficie), éstas emplean grandes cantidades de dióxido de carbono y como consecuencia el pH alcanza valores muy alcalinos (9.5).

El metabolismo anaerobio en la materia sedimentada origina la formación de gases como nitrógeno y sulfuro de hidrógeno los cuales acarrean pequeñas partículas de lodo hacia la superficie. Durante el día, el estrato superior de la laguna es aeróbico y se presenta una rápida oxidación química del sulfuro de hidrógeno, esto no sucede cuando la laguna es completamente anaerobia (durante la noche), debido a la presencia de microorganismos metanogénicos.

Ventajas ⁽⁷⁾. Necesidades de operación y mantenimiento mínimas; no requieren tratamiento de lodos; el efluente se puede disponer en riego agrícola.

Desventajas ⁽⁷⁾. Forman parte de los sistemas que requieren mayor superficie de terreno; es posible que se produzcan malos olores ocasionalmente; el terreno donde se ubique la planta debe ser plano y con características impermeables del material subyacente.

PROCESOS ANAEROBICOS.

La digestión anaerobia es una fermentación bacteriana natural, por medio de la cual, la materia orgánica en ausencia de oxígeno disuelto, se transforma en una mezcla de gases, básicamente metano y dióxido de carbono ⁽⁸⁾.

Los procesos anaeróbicos surgen para proporcionar un buen tratamiento de aguas residuales industriales y se hacen considerables esfuerzos para desarrollar el proceso específico para cada tipo de residuo industrial. Estos procesos son más lentos y requieren de mucho cuidado, pero tienen la ventaja de soportar altas concentraciones de materia orgánica y cierta concentración de tóxicos, además de que no están limitados por la concentración de oxígeno, como es el caso de los procesos aeróbicos.

DIGESTOR ANAEROBIO CONVENCIONAL. La digestión anaerobia se realiza en tres etapas ⁽⁷⁾:

- ❖ Los compuestos de alto peso molecular, como las proteínas y los polisacáridos, se descomponen en sustancias solubles de bajo peso molecular, como los aminoácidos y los azúcares.
- ❖ Los nutrientes orgánicos se degradan en ácidos grasos inferiores en la fase de fermentación ácida, la cual baja el pH del sistema.
- ❖ Los ácidos grasos se transforman en metano, anhídrido carbónico y una pequeña cantidad de hidrógeno.

El equilibrio entre las fases de producción de ácidos y de metano es importante. Los organismos productores de metano son muy sensibles a los bajos niveles de pH y si éste cae por debajo de su nivel de tolerancia de aproximadamente 6.2, entonces cesa la producción de metano. Los ácidos orgánicos producidos por las fases previas, se acumulan y dan por resultado lodos con un desagradable olor agrio. Los organismos metanogénicos (productores de metano) no sólo crecen muy lentamente sino que son susceptibles a la inhibición por un gran número de sustancias que se encuentran generalmente en aguas residuales. Por lo tanto, para mantener una población de organismos metanogénicos en el sistema y asegurar la producción de metano, el tiempo de residencia de la biomasa en el sistema debe ser suficientemente prolongado.

PROCESO DE CONTACTO ANAEROBIO. El proceso anaerobio de contacto es el equivalente del proceso de lodos activados de mezcla completa. Aquí también se reciclan los lodos. Esto permite un estrecho control sobre el tiempo de residencia de los lodos, de manera que los organismos metanogénicos se pueden retener en el sistema. Se pueden originar problemas por el deficiente asentamiento de los lodos debido a la presencia de burbujas de gas en ellos.

Es conveniente para la separación de sólidos un tanque sedimentador. La filtración por membrana del efluente también se puede utilizar como un dispositivo de control de biosólidos.

El proceso de contacto anaerobio se puede aplicar sobre un amplio intervalo de concentraciones de aguas residuales. De acuerdo a las concentraciones de aguas residuales, la mezcla completa en un reactor anaerobio es la

mejor alternativa para la digestión eficiente. Si las aguas residuales a tratar contienen concentraciones significativas de sólidos suspendidos poco biodegradables, entonces el sistema de recirculación de biomasa puede propiciar la acumulación de sólidos inertes en el reactor. Para periodos largos, la acumulación de material inerte puede causar la remoción de biomasa activa del proceso.

Ventajas ⁽⁷⁾. Es aplicable a residuos con altas concentraciones de sustrato orgánico soluble; el proceso puede proveer un sustrato uniforme, en cuanto a condiciones de temperatura y pH a través del reactor; los lodos aeróbicos pueden ser residuos para un reactor anaerobio.

Desventajas ⁽⁷⁾. El pre-tratamiento de los lodos puede ser necesario (cambio de temperatura, etc.) para producir un floculo sedimentable; los reactores relativamente chicos, resultan en igual reducción de la capacidad de amortiguamiento para choques de entrada.

REACTORES DE LECHO FLUIDIZADO. En los reactores de lecho fluidizado, todas las células se encuentran virtualmente inmobilizadas en la película biológica, la cual está adherida sobre el material de soporte sólido y se alcanzan altas concentraciones de microorganismos biológicamente activos, debido a la gran área superficial y con esto se consigue un alto período de residencia celular dentro del reactor ⁽⁸⁾. El material inerte puede ser arena, carbón activado o granito, generalmente se recomienda que exista una relación alta de superficie-área, lo cual se correlaciona con el funcionamiento total del proceso ⁽⁸⁾.

La expansión de lecho se controla por la alta velocidad hidráulica, lo suficiente para evitar el escape del medio sólido en el nivel de salida del reciclado, además es importante asegurar una distribución de flujo continuo dentro del reactor. Las partículas no tienen posición fija en el mismo, ya que se mueven lentamente por todas partes del reactor. No obstante, cada partícula tiende a permanecer localizada dentro de un volumen pequeño en el lecho.

La producción de biogas forma espuma que flota en la parte superior del reactor. Esto se controla ya sea hidráulica o mecánicamente para prevenir el escape de partículas junto con el efluente.

El reactor es relativamente estable a los compuestos tóxicos y a los choques de carga, además es capaz de soportar sobrecargas hidráulicas; debido a esto su eficiencia depende en alto grado de las características del lecho, la floculación de partículas y su aclimatación.

Ciertas investigaciones donde se emplean reactores anaeróbicos de lecho fluidizado con carbón granular activado, demuestran su efectividad para la remoción de sustancias tóxicas, además de su alta elasticidad para tratar fenoles y compuestos de nitrógeno policíclicos tóxicos, los cuales se adsorben en el carbón granular activado y a su vez se protege la película biológica. Estos reactores se utilizan en el tratamiento de aguas residuales de carbón gasificado y fondos de las torres de lavado de las aguas ácidas de las refinerías.

La biotecnología basada en el uso de microorganismos desarrollados selectivamente para degradar sustancias tóxicas específicas se ha empleado con éxito en industrias de refinación y extracción de petróleo, química, farmacéutica, textil y de pulpa de papel.

7.4. CONFINAMIENTO.

Los materiales resultantes del tratamiento de los residuos peligrosos antes descritos, así como los residuos que puedan ser eliminados sin tratamiento previo de destoxificación han sido dispuestos en confinamientos tales como cementerios industriales, lagunas superficiales, pozos profundos, minas abandonadas ó en el mar ⁽¹⁾. Sin embargo, se admite hoy en día que no existe ningún método de confinamiento totalmente seguro y en todos los casos se requiere evaluar previamente los posibles impactos ambientales y seleccionar con propiedad los sitios para disponer de los residuos a este respecto, debe tenerse gran cuidado al seleccionar las opciones y al determinar el tipo de residuos, lo cual debe estar sujeto a la regulación y control dispuestos para cada una de ellas con el fin de prevenir riesgos.

CONFINAMIENTOS CONTROLADOS. Se trata de confinamientos contruidos bajo tierra, en celdas ó zanjas recubiertas con cemento y materiales, para evitar que fluyan líquidos (lixiviados) al subsuelo y que penetre la lluvia. En estos confinamientos, los residuos peligrosos se disponen a granel ó en contenedores y se dejan escapar, a través de tubos, los gases que se formen; los lixiviados se recuperan mediante una serie de tuberías perforadas que se entierran en los puntos más bajos del confinamiento, bombeándolos para evitar que se fuguen hacia el entorno, se regulan legalmente con las normas correspondientes, donde se establecen requisitos y características que deben reunir los sitios donde se confinan los residuos peligrosos.

LAGUNAS SUPERFICIALES. Este tipo de confinamiento es el menos adecuado, puesto que los residuos peligrosos se disponen en depresiones abiertas con ó sin recubrimiento y presentan el riesgo, entre otros, de que se evaporen las sustancias volátiles y se produzca el fenómeno de lixiviación, por lo cual no se recomienda.

INYECCIÓN DE POZOS PROFUNDOS. Para este fin se han utilizado pozos abandonados, cuyo fondo consiste en formaciones geológicas apropiadas. También se llegan a perforar pozos nuevos y se emplean plantas de inyección. Este procedimiento se utiliza en especial para disponer soluciones de sustancias tóxicas y de aguas residuales.

MINAS ABANDONADAS. Algunas minas no activas se llegan a emplear para enterrar residuos peligrosos que no conviene disponer en confinamientos industriales ó someter a tratamiento de destoxificación. Las minas de sal ó domos salinos, presentan como ventajas que son impermeables a líquidos y gases, por su naturaleza higroscópica absorben grandes cantidades de agua y no favorecen la corrosión de los recipientes metálicos.

A su vez, en las minas de hulla no existe el riesgo de explosiones por gas metano, pero debe asegurarse el cierre permanente de las minas y que los residuos que allí se depositen sean sólidos y estén envasados en recipientes herméticos, para que no exista la posibilidad de reacción entre los residuos y su entorno geológico.

TIRADEROS EN EL MAR. Mediante este mecanismo, sólo pueden disponerse tipos particulares de residuos peligrosos, éstos están contenidos en listados que han sido incluidos en convenios internacionales para regular este procedimiento. En tales convenios se especifica que no pueden ser depositados en el mar derivados organohalogenados y organosilícicos, mercurio o sus derivados, cadmio, residuos carcinogénicos ó sólidos que puedan interferir con la pesca ó la navegación.

Referencias

- (1) Residuos Guía Técnica – Jurídica. Carmen Bautista. Ediciones Mundi-Prensa. España. 1998.
- (2) Los Residuos en México. Enrique Pérez Garcia (Compilador). Editores: Octavio Rivero Serrano, Guadalupe Ponciano Rodríguez, Simón González Martínez. UNAM, México. 1996.
- (3) Hazardous Waste Management. Michael D. Lagrega, Phillip L. Buckingham. Mc Graw Hill Book Company. Singapore. 1994.
- (4) Diplomado en Tecnología y Administración Ambiental, Tecnologías de Tratamiento y Disposición Final de Residuos Peligrosos, Reducción y Minimización, Físicoquímicos y Biológicos. Expositores: Dra. Georgina Fernandez Villagomez, Biólogo María Esther Arcos Serrano. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey - Campus Estado de México. 24 de Septiembre y 1º de Octubre 1994.
- (5) Standard Handbook of Hazardous Waste, Treatment and Disposal. Harry M. Freeman, Editor en Jefe. Mc. Graw Hill Book Company. U.S.A.. 1989.
- (6) NOM-055-ECOL-1993 Que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de Residuos Peligrosos, excepto los Radiactivos.
- (7) Tratamiento Biológico de Aguas de Desecho. Winkler Michael A.. Editorial Limusa S.A. de C.V.. 1a. Edición.
- (8) Tratamiento de Aguas Negras y Desechos Industriales. Barnes George E.. Editorial Hispano Americana. México. 1a. Edición.

TEMA 8

TRANSPORTE DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS

8.1. PLANEACION DE LOS MOVIMIENTOS DE LOS PRODUCTOS PELIGROSOS.

Las rutas de los vehículos deben planearse de antemano, sobre todo cuando se transportan cantidades importantes de materiales peligrosos. Siempre buscar itinerarios que ofrezcan un mínimo de peligro.

Algunos principios generales para cumplir este objetivo son ⁽¹⁾:

- ❖ Organizar los horarios de marcha, de manera que no se excedan los límites seguros de velocidad.
- ❖ Elegir carreteras que ofrezcan buenas condiciones para conducir, aunque alarguen la distancia.
- ❖ Cuando haya varias posibilidades, elegir el itinerario que evite todo problema en potencia.

Cuando haya que recurrir a terceros para el transporte de los materiales peligrosos, habrá que seleccionar a éstos tomando en cuenta las unidades con las que cuenta, si son apropiadas ó no y hacerles una revisión.

8.1.1. REVISION DE LAS UNIDADES DE TRANSPORTE.

Antes de cargar cualquier unidad de transporte: pipa, camión, contenedor de flete, etc., debe ser examinada con atención, rechazándola si las condiciones de transporte no son adecuadas.

Para hacer la inspección hay que considerar los siguientes puntos fundamentales ⁽¹⁾:

- ❖ La condición general de la estructura tiene que ser sólida, sin daños ó defectos tales como neumáticos ó luces defectuosas que pueden afectar la seguridad.
- ❖ Las cubiertas exteriores y pisos deben carecer de agujeros, grietas e idealmente deben ser impermeables.
- ❖ Las puertas tienen que estar funcionando sin problema y los dispositivos de cierre en condiciones satisfactorias.
- ❖ Hay que quitar las etiquetas viejas por ejemplo, las que indiquen peligro que se refiera a cargas anteriores, para no crear confusiones.
- ❖ Para pipas y contenedores verificar el estado de las válvulas de carga y descarga y en su caso las de seguridad, así como verificar el estado adecuado del cuerpo de la pipa ó contenedor.
- ❖ El espacio de carga tiene que estar limpio, seco y sin clavos, tornillos ó demás objetos agudos que puedan perforar los envases.

8.1.2. DOCUMENTACION.

Revisar que la documentación esté completa y en orden, como a continuación se muestra:

AUTORIZACIONES CORRESPONDIENTES. Para el transporte de materiales y residuos peligrosos, el transportista y expedidor de la carga deberán tener las autorizaciones correspondientes que en el ámbito de su competencia emitan la SCT y demás dependencias del Ejecutivo Federal, de conformidad con las disposiciones legales aplicables. Esto se fundamenta en los artículos 50, 51, 52 y 53 del Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos.

HOJA DE EMERGENCIA PARA EL TRANSPORTE. Un documento valioso en la transportación de productos peligrosos es la hoja de Emergencia para el Transporte, debido a que en ella se indican de manera sencilla y esquemática, los riesgos específicos del producto que se está transportando, los medios para protección y las acciones que el transportista puede seguir en caso de emergencia. Para ello se expide la Norma Oficial Mexicana NOM-005-SCT2/1994, donde establece un formato estándar y explica cada una de las partes que lo integran, los cuales se muestran en la Figura 8.1, cuya descripción es la siguiente:

Debe anotarse razón social y dirección de la compañía, fabricante, importador, distribuidor del producto transportado, en caso de tratarse de un residuo, nombre del generador.

1. Debe anotarse el número telefónico de la compañía a donde el conductor, las autoridades ó cualquier persona podrá llamar para dar aviso en caso de emergencia.
2. Debe anotarse nombre químico y comercial del producto ó residuo que se transporte, de acuerdo a las normas oficiales mexicanas NOM-002-SCT2 ó NOM-CRP-001/ECOL.
3. Debe anotarse el número de la clase ó división de riesgo de la sustancia o residuo peligroso que se indica en la NOM-002-SCT2.
4. Debe anotarse el número asignado por la Organización de las Naciones Unidas, que se indica en la NOM-002-SCT2.
5. Debe anotarse el nombre ó razón social de la compañía a propietario del transporte.
6. Debe anotarse el número telefónico y fax de la compañía transportadora, para casos de emergencia.
7. Debe indicarse si la sustancia ó residuo transportado es líquido, sólido o gaseoso.
8. Debe describirse de manera breve y específica las características siguientes del material (color, olor, densidad, viscosidad, pH, límites de flammabilidad y TLV) para su identificación.
9. Debe darse aviso inmediato el Sistema Nacional de Emergencia a los teléfonos correspondientes y a las autoridades locales específicas de materiales peligrosos más cercanas al lugar del accidente (Policía Federal de Caminos, Bomberos, Cruz Roja, CECOM, SETIQ, etc.).
10. Debe anotarse el equipo de Protección Personal específico para el material transportado y que debe llevar el conductor del vehículo que transporte materiales ó residuos peligrosos y los medios que lo permitan tomar las primeras acciones de protección tales como: lentes de seguridad, guantes de hule, guantes de cuero, delantal de hule, botas de hule, mascarilla contra polvo, mascarilla contra gases, pala, cepillo, arena, etc. ó algún otro tipo de equipo ó material para prevención de accidentes que se requiera, así como la información de las entidades que presenten auxilio en caso de emergencia.
11. Deben indicarse los posibles riesgos que se pueden presentar en un accidente durante la transportación, establecidos en los puntos del 14 al 22.
12. Se refiere a las acciones que deben tomarse de inmediato, tal como estacionar el vehiculo en un lugar lo más seguro posible, colocar señales de alerta para evitar accidentes a otros conductores, también se refiere a las acciones indicadas en los puntos 15, 17, 19, 21 y 23 para hacer frente a los riesgos indicados en los números 14, 16, 18, 20 y 22 de la citada "Hoja de Emergencia".

13. Se refiere a los daños ó lesiones que puede sufrir la persona que ingiere, toca ó inhala las sustancias ó residuos peligrosos, enfatizando aquellas acciones que no deben hacerse por razones de seguridad.
14. Debe anotarse las acciones que hay que tomar para proteger al personal del daño ó lesión causado por exposición, inhalación, contacto o ingestión de las sustancias, materiales ó residuos peligrosos, enfatizando aquello que no debe hacerse por razones de seguridad.
15. Se refiere a la alteración del medio ambiente causado por la liberación accidental de las sustancias, materiales ó residuos peligrosos.
16. Se anotarán las acciones que hay que tomar para minimizar los daños a la población y el medio ambiente o indicar el área de aislamiento de evacuación aledaña el accidente.
17. Se señalarán las medidas de atención primarias en caso de intoxicación y exposición, no contenidas en otras secciones de esta misma información, así mismo se señalarán en su caso, los antidotos específicos al respecto.
18. Se refiere a las indicaciones del médico sobre antidotos ó medidas especiales que deben aplicarse en caso de intoxicaciones del personal por exposición (inhalación, contacto o ingestión) con las sustancias, materiales ó residuos peligrosos. Así como datos sobre algunas posibles complicaciones ó advertencias al personal médico del hospital.
19. Se refiere a la liberación accidental de las sustancias, materiales ó residuos peligrosos en cualquier estado de la materia: sólido, líquido, gaseoso, indicando el área de aislamiento de evacuación.
20. Se anotarán las acciones que deben tomarse para minimizar los efectos de dichos derrames, enfatizando aquello que no debe hacerse por razones de seguridad.
21. Se refiere al riesgo o reacción que puede ocurrir cuando la sustancia ó material se incendie ó esté expuesto al fuego, enfatizando aquello que no debe hacerse por razones de seguridad, indicando el área de aislamiento de evacuación.
22. Se anotarán las acciones que deben tomarse para prevenir que la sustancia, material ó residuo peligroso, entre en contacto con fuego ó fuentes de calor, así como los materiales exteriores que puedan utilizarse para combate de incendio, enfatizando lo que no debe hacerse por razones de seguridad.
23. Al final del formato debe llevar el nombre y firma de la persona responsable de la información, puesto dentro de la empresa y teléfonos.

Se requiere que la información de emergencia para el transporte terrestre de sustancias, materiales y residuos peligrosos, sea requisitada en su totalidad para hacer uso de ella en caso necesario. Su adecuado llenado es responsabilidad de la compañía propietaria del material transportado.

Los conductores de vehículos transportadores de materiales peligrosos deben ser provistos con estas instrucciones por escrito ya que dan la información necesaria en caso de emergencia e indican el seguimiento en caso de accidente.

Figura 8.1

Información de emergencia para el transporte terrestre de sustancias, materiales y residuos peligrosos

1. RAZON SOCIAL Y DIRECCION DE LA COMPAÑIA •FABRICANTE •IMPORTADOR •USUARIO •DISTRIBUIDOR •GENERADOR		3. NOMBRE DEL PRODUCTO O RESIDUO COMERCIAL: QUIMICO:		6. COMPAÑIA TRANSPORTADORA 7. TELEFONOS DE EMERGENCIA Y FAX	
2. TELEFONOS DE EMERGENCIA Y FAX DEL EXPEDIDOR		4. CLASIFICACION			
		5. No. DEL MATERIAL DE ONU			
8. ESTADO FISICO		9. PROPIEDADES FISICOQUIMICAS		10. AVISAR AL SISTEMA NACIONAL DE EMERGENCIA Y A LAS AUTORIDADES ESPECIFICAS DE MATERIALES PELIGROSOS: POLICIA FEDERAL DE CAMINOS, BOMBEROS, CRUZ ROJA, ETC.	
11. EQUIPO Y MEDIOS DE PROTECCION PERSONAL					
EN CASO DE ACCIDENTE		•PARE EL MOTOR •PONGA SEÑALES EN ZONA DE PELIGRO ALEJE TODA PERSONA INNECESARIA DE LA ZONA DE PELIGRO			
12. RIESGOS •SI OCURRE ESTO			13. ACCIONES •HAGA ESTO		
14  INTOXICACION/EXPOSICION		15			
16. CONTAMINACION		17			
18. INFORMACION MEDICA		19			
20  INTOXICACION/EXPOSICION		21			
22  INTOXICACION/EXPOSICION		23			
24. NOMBRE		FIRMA		PUESTO TELEFONO	
25. ESTA HOJA DEBERA ESTAR EN UN LUGAR ACCESIBLE PARA SER USADA EN CASO DE EMERGENCIA Y DEBERA SER REQUISITADA EN SU TOTALIDAD.					

Fuente: NOM-005-SCT2/1994 Información de emergencia para el transporte terrestre de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

Disponibilidad de la Hoja de Emergencia para el Transporte. Esta hoja de emergencia debe mantenerse en la cabina del operador conjuntamente con los documentos de embarque en un compartimento especial en la puerta del conductor del transporte, siendo la responsabilidad del despachador proporcionar este documento.

Es importante que únicamente se mantenga en este lugar los documentos del producto que se está transportando y remover los documentos de los embarques anteriores, a fin de evitar equivocaciones en el momento de identificar un material y se tome la guía de acción equivocada.

Las empresas fabricantes, importadores, distribuidores, usuarios ó transportistas de estos materiales son los encargados de elaborar y proporcionar la información anterior al conductor del vehículo ajustándose a los datos indicados en el modelo de la hoja de emergencia. El tamaño y número de hojas se puede modificar.

INFORMACION DE SEGURIDAD. Generar un sistema que permita tener la información actualizada y lista para ser consultada en cualquier momento, incluyendo las guías de acción de emergencia para cada compuesto con el que se trabaje.

Hoja de Datos de Seguridad (Material Safety Data Sheets). Al igual que las hojas de seguridad para el transporte los fabricantes e importadores deben obtener ó desarrollar Hojas de Datos de Seguridad para cada material peligroso que ellos produzcan ó importen, así como tener Hojas de Datos de Seguridad para cada compuesto que ellos usen. Esta Hoja indica la identidad del producto, datos generales de las características físicas, químicas, riesgos que tienen para su manejo, almacenamiento y la ruta primaria de ingreso al cuerpo humano ⁽¹⁾.

Contenido de las Hojas de Datos de seguridad del Material. Las hojas de datos que se generen deben cumplir con los puntos siguientes ⁽¹⁾:

- ❖ La identidad usada en la etiqueta excepto para secretos de fabricación.
- ❖ Si el compuesto químico es solo una sustancia, su nombre químico ó común.
- ❖ Si el compuesto químico es una mezcla que haya sido valorada como tal para determinar sus riesgos, el nombre químico y común de sus ingredientes que contribuyen a esos riesgos y nombre común de la mezcla.
- ❖ Características físicas y químicas de los compuestos peligrosos, tales como presión de vapor, punto de inflamación, etc.
- ❖ Características físicas peligrosas de los compuestos que incluyen su potencialidad para inflamarse, explotar y su reactividad.
- ❖ La ruta primaria de ingreso.
- ❖ Precauciones aplicables para el manejo y uso seguro enunciando las medidas protectoras durante la reparación y mantenimiento del equipo y procedimiento para limpieza de empaque y el equipo.
- ❖ Medidas de control, controles de ingeniería, prácticas de trabajo ó equipo de protección personal.
- ❖ Procedimiento de emergencia y primeros auxilios.
- ❖ La fecha de preparación de la hoja de datos de seguridad ó el último cambio.

Nombre, dirección y teléfono del fabricante, importador, patrón o ó responsable.

Un formato tipo para una hoja MSDS se da a continuación (los datos requeridos pueden variar en función de las características de los compuestos):

Disponibilidad de la MSDS. Debe estar localizada en las áreas de almacén y producción, siendo responsabilidad del jefe o supervisor de área darla a conocer al personal que maneja estos materiales.

Figura 8.2
IDENTIFICACION

NOMBRE QUIMICO:				
NOMBRE COMERCIAL:				
FORMULA:				
SINONIMO 1:				
SINONIMO 2:				
SINONIMO 3:				
No. UN:			No. CAS:	
CLASIFICACION	SALUD	FUEGO	REACTIVIDAD	OTRA
N.F.P.A.				
CLASE DE RIESGO PRINCIPAL:				
CLASE DE RIESGO SECUNDARIO:				
PROCEDIMIENTO DE ACCION:				

DATOS DE LA COMPAÑIA

NOMBRE DEL FABRICANTE:		
DIRECCION:		
TELEFONO DE EMERGENCIA:		
LA COMPAÑIA ES:		
	PRODUCTORA	IMPORTADORA
	CONSUMIDORA	DISTRIBUIDORA

COMPONENTES

NOMBRE QUIMICO	%	TLV
----------------	---	-----

DATOS FISICOS

PUNTO EB. (1 ATM):	PRESION DE VAPOR:
TEMP. FUSION:	DENSIDAD DEL VAPOR:
TEMP. INFLAMABILIDAD:	% VOLATILIDAD:
ESTADO FISICO:	GRAVEDAD ESPECIFICA:
OLOR:	SOLUBILIDAD EN AGUA:
COLOR:	REACTIVIDAD EN AGUA:

PELIGROS DE FUEGO Y EXPLOSION

PUNTO DE IGNICION	LIMITE DE INFLAMABILIDAD:
	INF: SUP:
MEDIO DE EXTINCION:	
<input type="checkbox"/> NIEBLA DE AGUA <input type="checkbox"/> ESPUMA <input type="checkbox"/> HALON <input type="checkbox"/> CO ₂ <input type="checkbox"/> POLVO QUIMICO SECO <input type="checkbox"/> OTRO	
EQUIPO ESPECIAL DE PROTECCIÓN PARA COMBATE DE INCENDIO:	
PROCEDIMIENTO ESPECIAL DE COMBATE DE INCENDIO:	
PELIGROS DE FUEGO Y EXPLOSION NO USUALES:	
RESULTADOS DE LA COMBUSTION:	

PELIGROS PARA LA SALUD

INGESTION ORAL:
CONTACTO CON LOS OJOS:
CONTACTO CON LA PIEL:
ABSORCION POR LA PIEL:
INHALACION:
SINTOMAS:
PRIMEROS AUXILIOS:

REACTIVIDAD	
ESTABLE ()	CONDICIONES A EVITAR:
INESTABLE ()	
INCOMPATIBILIDAD (MATERIALES A EVITAR):	
DESCOMPOSICION EN PRODUCTOS PELIGROSOS:	
POLIMERIZACION	CONDICIONES A EVITAR:
PELIGROSA ()	
NO PELIGROSA ()	
PUEDA OCURRIR ()	CONDICIONES A EVITAR:
NO PUEDE OCURRIR ()	
PROCEDIMIENTO PARA FUGAS O DERRAMES	
PASOS A SEGUIR:	
PROTECCION PERSONAL	
PROTECCION RESPIRATORIA:	
VENTILACION:	
GUANTES (TIPO):	PROTECCION DE OJOS:
OTRO EQUIPO:	
PRECAUCIONES ESPECIALES	
PRECAUCIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO:	
OTRAS PRECAUCIONES:	

REMISION. Dentro de los documentos necesarios para la transportación de materiales peligrosos esta la nota de remisión en la cual debe anotarse el número de piezas, tipo de empaque, la descripción de la mezcla y el peso en Kg de los materiales transportados. A continuación se da un ejemplo de nota de remisión (el tamaño y diseño puede variar) ⁽¹⁾.

*Figura 8.3
Modelo de una remisión*

Notificar a: _____
NOMBRE Y DIRECCION EMPRESA AGENTE ADUANLA DESTINO

No. de piezas	Peso en Kilogramos	Tipo de embarque	Descripción de mercancía
10	20,000 Kg	Cilindros Presurizados	Cloro UN 1017

Esta información debe estar disponible en ⁽¹⁾:

- ❖ La cabina del vehículo automotor.
- ❖ En poder del conductor del tren ó miembro designado de la tripulación.
- ❖ En poder del encargado de la nave ó miembro designado de la tripulación.
- ❖ En poder del conductor.
- ❖ En poder del despachador de la bodega ó terminal, oficina del ferrocarril, oficina del responsable del puerto u oficina de carga de aeropuerto.
- ❖ La información que contenga esta remisión puede ser usada en caso de accidente tanto para identificar el material o materiales en cuestión como para calcular los riesgos potenciales de la carga.

Todos estos documentos pueden ser de gran utilidad para dar una respuesta eficiente en caso de accidentes peligrosos, es por eso que es muy importante que se tengan disponibles para cada sustancia peligrosa que se transporte.

8.2. ENVASE Y EMBALAJE.

Con la finalidad de que los materiales peligrosos se puedan manipular ó transportar adecuadamente sin riesgos para el operario es necesario contar con el envase y embalaje apropiado dependiendo del tipo de sustancia.

Un envase es cualquier recipiente ó envoltura en el cual esta contenido el producto para su distribución ó venta ⁽⁷⁾.

Embalaje es el material que envuelve, contiene y protege debidamente los productos preenvasados para facilitar y resistir las operaciones de almacenamiento y transporte ⁽⁷⁾.

En el caso de residuos peligrosos los empaques son algo menos que un recipiente de forma y capacidad definida, deben considerarse algunos factores como la cantidad de material, los requerimientos del depósito, los costos, el aprovechamiento de diferentes recipientes y el espacio de almacenamiento.

La elección del tipo de contenedor depende básicamente de las características de los residuos, las cantidades generadas, el tipo de transporte a utilizarse, las necesidades de tratamiento y la forma de disposición. Existen muchos tipos de recipientes entre los cuales se encuentran ⁽⁷⁾:

TAMBOR. Es un envase y embalaje cilíndrico con acabados planos ó convexos, hechos de metal, cartón, plástico, madera chapada ó de otro material apropiado. Esta definición incluye también los envases y embalajes que tengan otras formas, por ejemplo los envases y embalajes redondos de cuello cónico ó los envases y embalajes en forma de cubo.

BARRIL. Envase y embalaje de sección transversal redondo, teniendo paredes convexas consistiendo de duelas y tapas sujetas con aros.

PORRON. Es un envase y embalaje hecho de metal o plástico de corte transversal rectangular ó poligonal.

CAJA. Son envases y embalajes con caras completamente rectangulares ó poligonales, hechas de metal, madera, triplay, madera reconstruida, cartón, plástico u otro material apropiado. Son permitidos pequeños orificios para su fácil manejo ó para abrirse ó para cumplir los requerimientos de su clasificación, siempre y cuando no se comprometa la integridad del envase durante el transporte.

SACO. Son envases y embalajes flexibles hechos de papel, película plástica, tela, material entre tejido, o de otros materiales adecuados.

RECIPIENTE. Receptáculo destinado a contener sustancias u objetos, incluyendo cualquier dispositivo de cerradura.

También existen envases y embalajes compuestos que consisten en un envase y embalaje exterior y un recipiente interior, contruidos de tal forma que juntos forman un envase y embalaje integral. Una vez ensamblado éste permanece como una unidad integral, la cual es llenada, almacenada, transportada y vaciada como tal.

Se pueden utilizar envases reacondicionados para envasar residuos peligrosos los cuales deben limpiarse hasta poner al descubierto el material original de construcción, de manera que se hayan eliminado los restos de cualquier sustancia que haya contenido en su interior, la corrosión interna y externa y los revestimientos y etiquetas exteriores y se deben restaurar para obtener su forma y contorno originales; por último se inspeccionan después de la limpieza, ya que no deben presentar picaduras por corrosión, una notable disminución del espesor del material, fatiga del metal, roscas ó cierres deteriorados u otros defectos de importancia ⁽⁷⁾.

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

Una vez seleccionado el modelo de envase y embalaje se debe someter a las pruebas de caída, hermeticidad, presión interna (hidrostática), apilamiento que se describen en la Norma Oficial Mexicana NOM-024-SCT2/1994, especificaciones para la construcción y reconstrucción, así como métodos de prueba de los envases y embalajes de las substancias, materiales y residuos peligrosos.

8.2.1 ESPECIFICACIONES PARA EL MERCADO DE LOS ENVASES Y EMBALAJES.

La NOM-007-SCT2-1993, Mercado de envases y embalajes destinados al transporte de substancias y residuos peligrosos, establece las características y especificaciones que se deben cumplir para el mercado de envases y embalajes destinados al transporte de substancias y residuos peligrosos.

Las disposiciones contenidas en este punto son aplicables a los envases y embalajes nuevos y reutilizables empleados para el transporte de materiales ó residuos peligrosos, a excepción de:

1. Envases y embalajes que contengan substancias de la clase 7 (radiactivos) ó sus residuos, los cuales se sujetarán a las normas que expida la Secretaría de Energía (SE), por conducto de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias.
2. Envases y embalajes que se usen para el transporte de gases comprimidos, licuados ó disueltos a presión (clase 2), los cuales se regirán por la norma respectiva.
3. Envases y embalajes cuya masa neta exceda de 400 Kg ó cuya capacidad exceda de 450 litros, los cuales se deberán apegar a las normas correspondientes.

Esto implica la observancia de los artículos 18 a 32 del Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos.

Todo envase y embalaje destinado a ser utilizado para el transporte de substancias ó residuos peligrosos, deberá llevar marcas visibles, indelebles, legibles y su tamaño estará en proporción al envase y embalaje. Las marcas deberán indicar:

1. El símbolo de la ONU empleado para los envases y embalajes. Este símbolo no deberá utilizarse mas que para certificar que un envase y embalaje cumple con las especificaciones que establece la NOM-024-SCT2/1994 y con lo que establece el Reglamento de Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos.
2. La clave de designación del tipo de envase y embalaje consistirá en: Una cifra arábica, que indica el tipo de envase y embalaje (tambor, etc.), seguidas de una o varias mayúsculas que indiquen el tipo de material (acero, madera, plástico, etc.).

Cuando sea necesario se añadirá una cifra arábica que indique la categoría de envase y embalaje dentro del tipo a que este pertenece.

En caso de los envases y embalajes compuestos, en el segundo lugar de la clave deben figurar dos letras mayúsculas, la primera indica el material del recipiente interior y la segunda, el del envase y embalaje exterior.

En el caso de envases y embalajes combinados, solo se debe utilizar el número de la clase correspondiente al envase y embalaje exterior.

Para la designación de los números y letras nombrados en los párrafos anteriores, se hará conforme a lo indicado en la norma.

A) Una clave compuesta de dos partes:

Una letra que indicará el grupo ó los grupos de envase y embalaje que han superado las pruebas:

- X, Para los grupos de envase y embalaje I, II y III,
- Y, Para los grupos de envase y embalaje II y III,
- Z, Para los grupos de envase y embalaje III solamente.

En el caso de los envases y embalajes que no cuentan con un envase y embalaje interior destinados al transporte de líquidos, la densidad relativa, redondeada al primer decimal (esta indicación puede omitirse si la densidad relativa no excede de 1.2). En el caso de los envases y embalajes destinados al transporte de sustancias sólidas ó de envases y embalajes interiores, la masa bruta deberá señalarse en Kg.

- B) La letra "S", que indicará que el envase y embalaje está destinado al transporte de sustancias sólidas ó de envases y embalajes interiores y que ha superado una prueba de presión hidrostática, es decir, la presión de prueba en k Pa redondeada a decenas.
- C) También deberá incluir los dos últimos dígitos del año de fabricación del envase y embalaje. Los tipos con clave de asignación "1H" y "3H", también deberán llevar el mes de fabricación, esta indicación deberá figurar en un lugar diferente del resto de las marcas.
- D) El signo distintivo del país. En el caso de envases y embalaje fabricados en México, deberán colocarse las siglas "MEX".
- E) El envase y embalaje también deberá tener el nombre u otra marca que identifique al fabricante ó Laboratorio que certificó que los contenedores y envases satisfacen las especificaciones según la norma NOM-024-SCT2/1994.

En el caso de envases y embalajes reacondicionados deberán incluirse marcas adicionales de acuerdo con lo indicado a continuación:

- F) El signo distintivo del país en el cual se hizo el reacondicionamiento.
- G) El nombre y el símbolo autorizado del reacondicionador.
- H) El año de reacondicionamiento, la letra "R" que indica el reacondicionamiento y la letra "L", en caso que los envases y embalajes hayan superado la prueba de hermeticidad a que se refiere la norma NOM-024-SCT2/1994.

Estas marcas deberán colocarse junto a las anteriores y puede sustituir a la marca establecida en los puntos F y G.

A continuación se muestra un ejemplo de marcas de envases y embalajes nuevos y reconstruidos (los datos se sacaron de las indicaciones de los incisos anteriores y de la NOM-007-SCT2/1994).

Figura 8.4

NUEVO 4GY/145/S/83 MEX/VL 824		REACONDICIONADO 1A1/Y 1.4/150/83/ MEX/VL 824 RL	
CARACTERISTICA	NUMERO O LETRA	CARACTERISTICA	NUMERO O LETRA
Caja	4	Tambor	1
Cartón	G	Acero	A
Grupo de envase y Embalaje II y III	Y	Tapa no movable	1
Peso bruto del material	145	Grupo de envase y embalaje II, III	Y
Material sólido	S	Densidad relativa	1.4
Año de fabricación	83	Presión de prueba hidrostática	150
Pais de fabricación	Mex	Año de fabricación	83
Marca del fabricante	VL 824	Marca del fabricante	VL 824
		Reacondicionado	R
		Prueba de hermeticidad	L

Fuente: NOM-007-SCT2/1994 Marcado de envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos.

8.3. CARACTERISTICAS DE LAS ETIQUETAS DE ENVASES Y EMBALAJES DESTINADOS AL TRANSPORTE DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS.

La NOM-003-SCT2-1993, establece las dimensiones, símbolos y colores de las etiquetas que deben tener todos los envases y embalajes, las cuales identifican los riesgos que los materiales y residuos peligrosos presentan durante su transportación. Los residuos se transportarán ó manejarán de conformidad con las prescripciones relativas a la clase en que se les debe incluir según el riesgo que representen, por eso, los símbolos utilizados para la identificación de los riesgos en el transporte de sustancias y residuos peligrosos que se establecen en esta norma, están en función de la clasificación especificada en los artículos 7 a 16, del capítulo I, del título 1º del Reglamento para Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos, que se ha visto con anterioridad en el tema 3 de la presente tesis.

8.3.1 PRINCIPIOS GENERALES.

Primeramente debemos indicar que una etiqueta es cualquier señal ó símbolo escrito, impreso fijo, que mediante un código de interpretación indica el contenido, manejo, riesgo y peligrosidad de materiales y residuos peligrosos, para ello utiliza símbolos que son imágenes simples que muestran en forma gráfica y de fácil interpretación el significado del tipo de riesgo del material peligroso. Cualquier sustancia ó residuo peligroso, debe contar con una etiqueta ó etiquetas (primarias y secundarias, según sea el caso) de seguridad durante su manejo, transporte y almacenamiento, con el objeto de identificar rápidamente mediante una apreciación visual los peligros asociados con el material dentro del envase y embalaje. Las etiquetas deben ser adheribles ó estar impresas en envases y embalajes cuya masa neta ó capacidad no sea mayor de 400 Kg ó 450 l. Las etiquetas tienen las siguientes finalidades:

- ❖ Hacer que los envases que contienen las sustancias peligrosas sean reconocidos a distancia por el aspecto general de sus etiquetas (símbolo, color y forma).

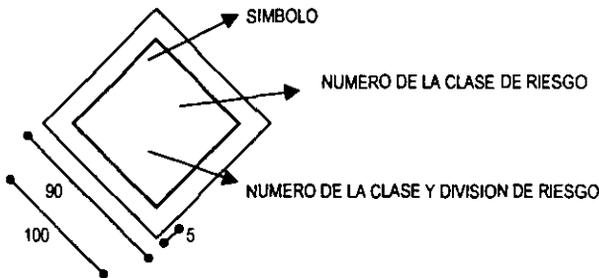
- ❖ Identificar la naturaleza del riesgo potencial mediante el uso de símbolos.
- ❖ Y por último, una primera orientación útil para la manipulación y la estiba mediante las indicaciones de las etiquetas.

Los 5 símbolos principales de las etiquetas son: la bomba (peligro de explosión), la flama (peligro de incendio), la calavera y las tibias cruzadas (peligro de envenenamiento), el trébol esquematizado (peligro de radiactividad) y líquidos goteando de 2 tubos de ensayo sobre una mano y una plancha de metal (peligro de corrosión). Además se tienen los símbolos complementarios que son: Flama sobre un círculo (oxidantes ó peróxidos orgánicos), cilindro de gas (gases comprimidos no inflamables y no tóxicos), tres medias lunas sobre un círculo (sustancias infecciosas) y 7 franjas verticales (sustancias peligrosas varias).

8.3.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS ETIQUETAS.

Todas las etiquetas deben tener la forma de un cuadrado de dimensiones mínimas de 100 mm por 100 mm, con dos vértices opuestos en posición vertical en forma de diamante ó rombo, con una línea del mismo color del símbolo a 5 mm de borde exterior y paralela a este, como se muestra a continuación.

Figura 8.5



Fuente: NOM-003-SCT2/1994 Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos.

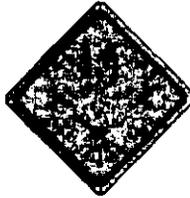
Las etiquetas están divididas en dos mitades (con excepción de las divisiones 1.4, 1.5, y 1.6). La mitad superior se reserva para el símbolo y la inferior para el número de la clase o de la división y si procede para la letra del grupo de compatibilidad.

Las etiquetas de las divisiones 1.4, 1.5 y 1.6 llevan en su mitad inferior el número de la división y en su mitad inferior la letra del grupo de compatibilidad. Para la división 1.4, grupo de compatibilidad "S", no se prescribe etiqueta alguna. En el caso de las etiquetas para la Clase 5, el número de la división de la sustancia debe mostrarse en el ángulo inferior de su etiqueta. Para todas las demás etiquetas de riesgo primario, se indicará el número de la clase de la sustancia en el ángulo inferior de la etiqueta. Los modelos de las etiquetas de riesgo primario correspondientes a cada una de las clases se ilustran a continuación ⁽³⁾.

Figura 8.6



DIVISION 1.1 1.2 1.3
 SIMBOLO (BOMBA EXPLOTANDO): NEGRO, FONDO: ANARANJADO
 CIFRA "1" EN EL ANGULO INFERIOR
 PODRA LLEVAR LA LEYENDA "EXPLOSIVO"



DIVISION 1.4 1.5 y 1.6
 FONDO ANARANJADO Y CIFRAS EN NEGRO
 CIFRA "1" EN EL ANGULO INFERIOR
 PODRA LLEVAR LA LEYENDA "EXPLOSIVO"

★ ★ INDICACION DE LA DIVISION
 ★ INDICACION DEL GRUPO DE COMPATIBILIDAD



DIVISION 2.1
 GASES INFLAMABLES
 SIMBOLO (FLAMA): NEGRO O BLANCO
 FONDO: ROJO. CIFRA "2" EN EL ANGULO INFERIOR
 PODRA LLEVAR LA LEYENDA "GAS INFLAMABLE"



DIVISION 2.2
 GASES NO INFLAMABLES, NO TOXICOS
 SIMBOLO (BOMBONA): NEGRO O BLANCO
 FONDO: VERDE. CIFRA "2" EN EL ANGULO INFERIOR
 PODRA LLEVAR LA LEYENDA "GAS NO INFLAMABLE"



DIVISION 2.3
 GASES TOXICOS
 SIMBOLO (CALAVERA Y TIBIAS CRUZADAS): NEGRO
 FONDO: BLANCO. CIFRA "2" EN EL ANGULO INFERIOR
 PODRA LLEVAR LA LEYENDA "GAS TOXICO"



CLASE 3
 SIMBOLO (FLAMA): NEGRO O BLANCO
 FONDO: ROJO. CIFRA "3" EN EL ANGULO INFERIOR
 PODRA LLEVAR LA LEYENDA "LIQUIDO INFLAMABLE"



DIVISION 4.1
SOLIDOS INFLAMABLES
SIMBOLO (FLAMA): NEGRO FONDO: BLANCO CON SIETE
FRANJAS ROJAS VERTICALES. CIFRA "4" EN EL ANGULO INFERIOR
PODRA LLEVAR LA LEYENDA "SOLIDO INFLAMABLE"



DIVISION 4.3
SUBSTANCIAS QUE EN CONTACTO CON EL AGUA,
DESPRENDEN GASES INFLAMABLES
SIMBOLO (FLAMA): NEGRO O BLANCO, FONDO: AZUL
CIFRA "4" EN EL ANGULO INFERIOR. PODRA LLEVAR
LA LEYENDA "PELIGROSO EN CONTACTO CON EL AGUA"



DIVISION 5.2
PEROXIDOS ORGANICOS
SIMBOLO (FLAMA SOBRE UN CIRCULO): NEGRO
FONDO: AMARILLO. CIFRA "5.2" EN EL ANGULO INFERIOR
PODRA LLEVAR LA LEYENDA "PEROXIDO ORGANICO"



DIVISION 6.2
SUBSTANCIAS INFECCIOSAS
LA MITAD INFERIOR DE LA ETIQUETA PODRA LLEVAR
LAS LEYENDAS: "SUBSTANCIA INFECCIOSA" Y "EN CASO
DE DAÑO, DERRAME O FUGA, AVISE INMEDIATAMENTE A
LAS AUTORIDADES SANITARIAS". SIMBOLO (TRES MEDIAS
LUNAS SOBRE UN CIRCULO) Y LEYENDAS: NEGRO.
FONDO: BLANCO. CIFRA "6" EN EL ANGULO INFERIOR



DIVISION 4.2
SUBSTANCIAS QUE PRESENTAN RIESGO
DE COMBUSTION ESPONTANEA
SIMBOLO (FLAMA): NEGRO.
FONDO: BLANCO EN LA MITAD SUPERIOR,
ROJO EN LA MITAD INFERIOR
CIFRA "4" EN EL ANGULO INFERIOR
PODRA LLEVAR LA LEYENDA "COMBUSTION ESPONTANEA"



DIVISION 5.1
SUBSTANCIAS OXIDANTES
SIMBOLO (FLAMA SOBRE UN CIRCULO): NEGRO
FONDO: AMARILLO. CIFRA "5.1" EN EL ANGULO INFERIOR
PODRA LLEVAR LA LEYENDA "OXIDANTE"



DIVISION 6.1
SUBSTANCIAS TOXICAS
SIMBOLO (CALAVERA Y TIBIA CRUZADAS): NEGRO
FONDO: BLANCO. CIFRA "6" EN EL ANGULO INFERIOR
PODRA LLEVAR LA LEYENDA "VENENO"



CLASE 7
(No 7A)
CATEGORIA I - BLANCA
SIMBOLO (TREBOL ESQUEMATIZADO): NEGRO.
FONDO: BLANCO. TEXTO (OBLIGATORIO): EN NEGRO EN
LA MITAD INFERIOR DE LA ETIQUETA
"RADIATIVO"
"CONTENIDO..."
"ACTIVIDAD..."
LA PALABRA "RADIATIVO" DEBE IR SEGUIDA DE UNA RAYA VERTICAL ROJA
CIFRA "7" EN EL ANGULO INFERIOR



(No. 7B)
CATEGORIA II

CLASE 7



(No. 7C)
CATEGORIA III

AMARILLA

SIMBOLO (TREBOL ESQUEMATIZADO): NEGRO. FONDO: MITAD SUPERIOR AMARILLA CON BORDE BLANCO, MITAD INFERIOR BLANCA
TEXTO (OBLIGATORIO): EN NEGRO EN LA MITAD INFERIOR DE LA ETIQUETA

"RADIOACTIVO"
"CONTENIDO..."
"ACTIVIDAD..."

EN UN RECUADRO DE LINEAS NEGRAS: "INDICE DE TRANSPORTE"

LA PALABRA "RADIOACTIVO" DEBE IR SEGUIDA
DE DOS RAYAS VERTICALES ROJAS
CIFRA "7" EN EL ANGULO INFERIOR
CIFRA "7" EN EL ANGULO INFERIOR

LA PALABRA "RADIOACTIVO" DEBE IR SEGUIDA
DE TRES RAYAS VERTICALES ROJAS



CLASE 8

SIMBOLO (LIQUIDO GOTEANDO DE DOS TUBOS DE ENSAYO
SOBRE UNA MANO Y UN METAL): NEGRO.
FONDO: BLANCO EN LA MITAD SUPERIOR Y NEGRO CON
BORDE BLANCO EN LA MITAD INFERIOR
CIFRA "8" EN EL ANGULO INFERIOR
PODRA LLEVAR LA LEYENDA "CORROSIVO"



CLASE 9

SIMBOLO (7 FRANJAS VERTICALES
EN LA MITAD SUPERIOR): NEGRO.
FONDO: BLANCO.
CIFRA "9" SUBRAYADA EN EL ANGULO INFERIOR
PODRA LLEVAR LA LEYENDA "VARIOS"

Los espacios en blanco del texto que figuran en la mitad inferior de las etiquetas de las sustancias de la Clase 7 deben llenarse con los datos indicados (contenido y actividad) antes de ser transportados. Los recipientes vacíos de la Clase 7 que se transporten, deben ser identificados con una etiqueta que lleve el nombre de "Vacío".

En las etiquetas que no correspondan a las sustancias de la Clase 7, el espacio situado debajo del símbolo no debe llevar, aparte del número de la clase ó de la división, más texto que las indicaciones relativas a la naturaleza del riesgo y a las precauciones que habrá de tomarse para la manipulación.

Todas las etiquetas deben ser de alta resistencia de tal manera que no sufran decoloración o deformación en su uso normal, para evitar que se deteriore la información contenida en las mismas. Además de que deben colocarse sobre una superficie de color que contraste con el de ellas. Las etiquetas deberán de colocarse en las 2 caras laterales visibles del envase embalaje ó contenedor.

Por lo que se refiere a los cilindros de gas ó botellas que contengan gases de la Clase 2, considerando su forma, así como su posición y sus elementos de sujeción durante el transporte, las etiquetas sin dejar de responder a los modelos que se describen en esta Norma, podrán ser de tamaño reducido en la proporción que convenga y se fijarán en la parte no cilíndrica (en la hombrera) de dichas botellas.

8.3.3. ETIQUETAS DE RIESGO SECUNDARIO.

Cuando una sustancia ó material presente más de un riesgo importante (ejemplo: riesgo de incendio y riesgo de intoxicación), el envase y embalaje deben llevar, además de la etiqueta correspondiente al riesgo primario, etiquetas secundarias que indiquen los riesgos secundarios importantes.

Cuando se trate de sustancias (excepto para la clase dos que se trata con mayor detenimiento en la NOM-003-SCT2/1994) que figuran por su nombre en la Norma Oficial Mexicana NOM-002-SCT2 debe adherirse una etiqueta indicativa del riesgo a que se alude en la columna de "clase ó división", y una etiqueta de riesgo secundario (las cuales se muestran en la NOM-003-SCT2/1994), con la que se indique el riesgo al que pertenece, con un número de clase ó división se hace referencia en la columna de riesgos secundarios.

Siempre que el envase y embalaje lleve etiquetas indicativas de riesgo secundario, sólo el que identifique el riesgo primario de las sustancias, debe llevar en su vértice inferior el número de la clase ó división, según proceda, mientras que los que identifiquen los riesgos secundarios no deben llevar ningún número ó clase de división.

8.3.4. SEÑALAMIENTO PARA EL MANEJO Y ALMACENAMIENTO.

Las anteriores especificaciones se refieren fundamentalmente a las etiquetas indicativas de los riesgos, sin embargo, los envases y embalajes pueden llevar, si procede, adicionalmente etiquetas con otras marcas ó símbolos que indiquen las precauciones que se deben tomar al manipular ó almacenar un envase ó embalaje (por ejemplo: un símbolo de un paraguas para indicar que el envase ó embalaje debe mantenerse seco), etiqueta de manipulación para orientación del envase y embalaje, estas etiquetas, así como sus símbolos y leyendas, deben apegarse a lo dispuesto a la Norma Oficial Mexicana NOM-EE-59 vigente ⁽³⁾.

8.3.5. ETIQUETAS PARA ENVASES Y EMBALAJES MIXTOS Y CONSOLIDADOS.

Envases y embalajes mixtos.- Cuando se envasan y embalan materiales y residuos peligrosos compatibles, pero pertenecientes a diferentes clases de peligro dentro del mismo embalaje ó dentro del mismo contenedor externo ó sobreembalaje; el envase, contenedor externo ó sobreembalaje debe portar las diferentes etiquetas primarias y secundarias que correspondan para cada clase de material peligroso allí contenido ⁽³⁾.

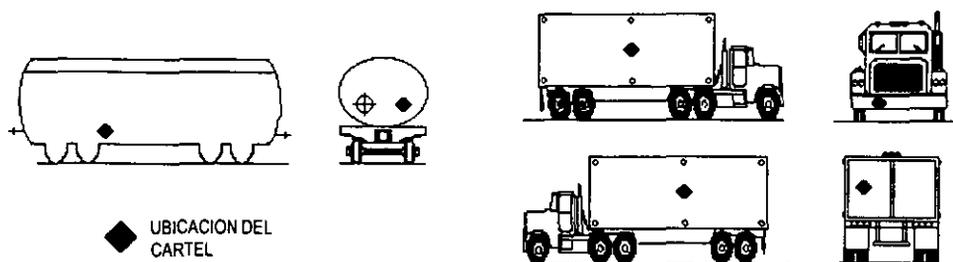
8.4. SISTEMAS DE IDENTIFICACION DE UNIDADES DESTINADAS AL TRANSPORTE TERRESTRE DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS.

La NOM-004-SCT2-1994, establece las dimensiones de los carteles que deban tener los camiones, las unidades de arrastre, contenedores cisternas y recipientes intermedios para granel, contenedores y demás unidades de autotransporte y ferrocarril que identifiquen las sustancias y residuos peligrosos que se transportan, los cuales indicarán el riesgo que representan durante su traslado como lo especifican los artículos 37, 38, 39 y 40 del Reglamento para el Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos.

8.4.1. PRINCIPIOS GENERALES.

Las unidades de arrastre, autotransporte y ferroviarias, empleadas en el transporte de sustancias y residuos peligrosos deben usar carteles de identificación como señalamientos de seguridad, estos carteles (rótulo impreso ó grabado para identificar el contenido y riesgo del producto transportado), también deberán identificar el riesgo principal asociado a la sustancia, así como el número de las Naciones Unidas que lo identifican y deben colocarse en la parte media superior de las vistas laterales y posterior para las unidades de autotransporte, en el caso de tractor ó camión, se debe colocar en la parte delantera de la unidad motriz y para combinaciones vehiculares de doble semirremolque, los carteles se colocarán en ambos remolques. En las unidades de arrastre ferroviario, los carteles deberán colocarse en ambos costados y en los extremos en los portacarteles con que están equipados y que son reglamentarios de acuerdo al diseño de la unidad, como se muestra en las siguientes figuras:

Figura 8.7



Fuente: <http://www.cenapred.unam.mx>

Para todas las clases, excepto la clase 7, los carteles son etiquetas amplificadas de acuerdo con la NOM-003-SCT2-1993. El cartel correspondiente a la clase 7 se reproduce en la norma NOM-004-SCT2-1994.

Las unidades que transporten sustancias ó residuos peligrosos en cisternas que no hallan sido limpiadas, deben llevar carteles claramente visibles en al menos 2 lados opuestos de la unidad y en la carga ó en la descarga. Cuando la unidad de transporte tenga una cisterna con varios compartimentos y transporte más de una sustancia o residuo peligroso, debe llevar los carteles correspondientes en cada lado del compartimento de que se trate.

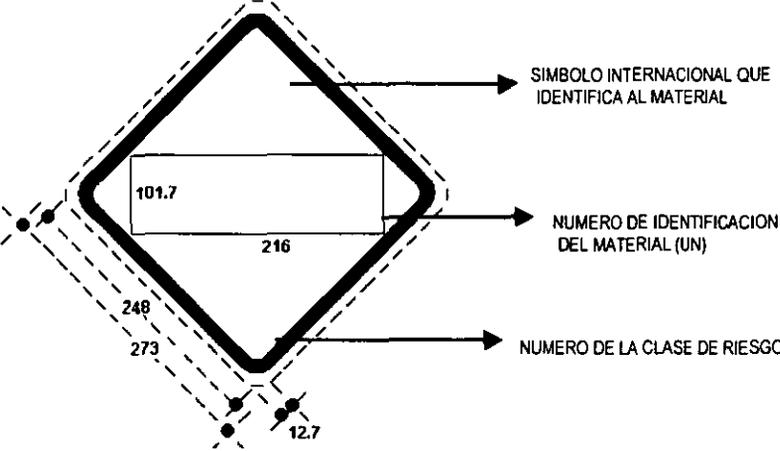
8.4.2. ESPECIFICACIONES DE LOS CARTELES.

Los carteles deben estar elaborados de acuerdo a las siguientes características ⁽⁴⁾:

- ❖ Ser de material de alta y resistencia a la intemperie para evitar que se deteriore la información contenida en los mismos.
- ❖ Ser de tipo móvil, sobrepuesto o de hojas múltiples de acuerdo al uso.
- ❖ Las unidades que se asignen al transporte con la misma sustancia peligrosa cuyas características fisicoquímicas no originen que sus residuos reaccionen peligrosamente al volver a cargar la unidad, podrán prescindir de este tipo de leyenda.

Deben tener forma de rombo con dimensiones mínimas de 273 mm X 273 mm, por lado, debiendo llevar una línea del mismo color del símbolo trazada a 12.7 mm del borde exterior y paralela a éste como se muestra en la figura siguiente. Las únicas excepciones serán el cartel de temperaturas el cartel de fumigación y la placa rectangular para el número de identificación de las Naciones Unidas de color naranja.

Figura 8.8



Fuente: NOM-004-SCT2/1994 Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.

Corresponde a la etiqueta de la clase de sustancia peligrosa de que se trate en lo que se refiere al color y el símbolo.

Llevar el número de la clase ó de la división (así como, en el caso de las sustancias de la clase 1, la letra del grupo de compatibilidad) de las sustancias peligrosas de que se trate.

En la parte superior se colocará el símbolo internacional de la sustancia que se transporte de acuerdo a la clasificación de riesgo, en el vértice inferior el número correspondiente a su clase ó división de riesgo; en su parte media, en un rectángulo se colocará el número de identificación de la sustancia, asignado por la Organización de las Naciones Unidas. Este número se puede consultar en la Norma NOM-002-SCT2 y en caso de no existir el número específico del producto, deberá ser confrontado con los números genéricos del listado de la Norma en cita de la clase de riesgo de la sustancia que se transporte (Véase figura No. 8.8).

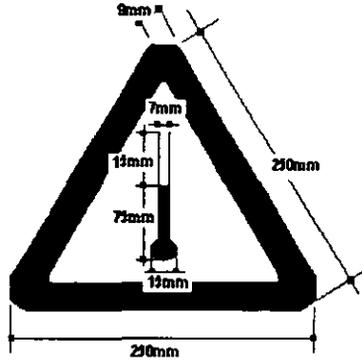
Cada dígito del número de identificación del material (número de Naciones Unidas), deben tener las siguientes dimensiones mínimas 101.1 mm de alto x 54 mm de ancho.

Las unidades de transporte que hayan sido limpiadas y descontaminadas que se acredite la limpieza y control de remanentes, no requieren de portar carteles de identificación.

En caso de que la unidad transporte una sustancia en estado líquido a una temperatura igual ó superior a 100°C, ó una sustancia sólida a una temperatura igual ó superior a 240°C, debe llevar a cada lado y en cada extremo de la

unidad, adicional al cartel de riesgo correspondiente, un cartel de temperatura, este cartel será de forma triangular con dimensiones a los lados de 250 mm por lo menos y de color rojo, como se indica en la siguiente figura:

Figura 8.9



Fuente: NOM-004-SCT2/1994 Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.

En caso de que la unidad de transporte se fumigue debe portar el cartel de advertencia de fumigación mientras dure el efecto del fumigado, tal como se muestre en la siguiente figura. Este cartel de forma rectangular debe tener lados de 250 mm por 300 mm por lo menos y ser de color blanco y negro.

figura 8.10



Fuente: NOM-004-SCT2/1994 Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.

Deben indicarse en los carteles los riesgos secundados especificados en la Norma Oficial Mexicana NOM-002-SCT2. No obstante, las unidades que transporten materiales de más de una clase, no deben llevar un cartel de riesgo secundario, si el riesgo correspondiente a ese cartel ya está indicado por un cartel de riesgo principal.

8.5. CONDICIONES DE SEGURIDAD (INSPECCION DE LAS UNIDADES).

La NOM-006-SCT2-1994 especifica los aspectos básicos para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al autotransporte de materiales ó residuos peligrosos por parte del conductor de acuerdo a lo especificado en los artículos 41 a 45 del Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos.

8.5.1. DISPOSICIONES GENERALES.

Para la revisión de las unidades de autotransporte antes y durante el traslado de materiales y residuos peligrosos por parte del conductor, deberán evaluarse varios aspectos técnicos especificados en la hoja de inspección diaria.

Entre los principales aspectos que se deben revisar en las unidades están: Interior, frente exterior, lado izquierdo, lado derecho, parte posterior, protección trasera, debajo de la unidad, el área de combustión interna, equipo de emergencia, caja o remolque y el autotank.

8.5.2. HOJA DE INSPECCION DIARIA.

Todos los datos indicados en los puntos anteriores deberán ir en una bitácora denominada "Hoja de Inspección Diaria" que deberá ser proporcionada por el transportista a sus conductores, cada vez que inicie un traslado de materiales o residuos peligrosos, en la que incluirán los siguientes datos adicionales:

figura 8.11

Razón social de la empresa	Material o residuo transportado
Nombre del conductor	Kilómetros a trasladar
Tipo de licencia	Fecha
Placas del vehículo	Hora
Número de viaje	

Por otro lado la NOM-008-SCT2-1993 establece las disposiciones que debe observar el personal encargado de efectuar las inspecciones de unidades de arrastre ferroviario, para comprobar que sus condiciones físicas de operación son las requeridas para dar seguridad al transporte de materiales y residuos peligrosos.

8.5.3. DISPOSICIONES.

Todas las unidades a utilizar para la transportación de materiales peligrosos, deberán sujetarse a inspección de personal especializado del departamento de unidades de arrastre de la empresa ferroviaria, debiendo cumplir para su aceptación con los requisitos físicos y mecánicos establecidos por los manuales de talleres de las reglas de intercambio de la Asociación Americana de Ferrocarriles (AAR) ⁽¹⁷⁾.

El personal de inspección deberá cerciorarse que los sistemas y mecanismos de las unidades, funcionen adecuadamente y que su estructura brinde la seguridad requerida para el transporte. La inspección deberá realizarse sobre las siguientes partes y componentes ⁽¹⁷⁾:

Bastidor, equipo de frenos, trucks (estructura baja y resistente, con cuatro ó seis ruedas diseñadas para soportar el peso de una unidad ferroviaria), cuerpo de furgones (carro de ferrocarril constituido por una caja que se emplea para transportar carga que requiere protección contra la intemperie ó inclemencia del tiempo, equipado con puertas laterales) y carros tanque.

Los usuarios y empresa ferroviaria deberán verifica además que los accesorios del tonel de los carros tanque cumplan con los requisitos de seguridad para lo cual deberán seguir el siguiente procedimiento ⁽¹⁷⁾:

USUARIOS.

- ❖ Antes de empezar la inspección previa a la carga, deberán cerciorarse que las características de construcción del carro sean acordes al material que se va a transportar.
- ❖ Que todos los carros tanque asignados al transporte de materiales peligrosos cuenten con válvulas de seguridad.
- ❖ Verificar que cuando el carro esté vacío la altura entre los rieles y la válvula de descarga inferior no deberá ser menor a 10 pulgadas.
- ❖ Deberán supervisar que no haya escurrimiento en este dispositivo, en cuyos casos se suspenderá la carga del material.
- ❖ Verificar que la válvula de salida tenga el tapón con su cadena y que esta opere correctamente.
- ❖ Que cuente con tapones ó cachuchas en la entrada y salida de los serpentines de calefacción.

Que las cubiertas de domo cuenten con cadenas y bisagras.

USUARIOS Y EMPRESA.

- ❖ Verificarán que las válvulas de seguridad de los carros tanque presurizados no tengan vencida la fecha de prueba, no debiendo cargar la unidad si este es el caso.
- ❖ Que la presión de operación de la válvula de seguridad esté anotada a cada lado del carro en los extremos de este, verificando que esta corresponda al 75% de la presión de prueba del tanque.
- ❖ Revisar minuciosamente el exterior del carro, verificando que no existan agrietamientos, fugas y escurrimientos de manera especial donde se unen los traveseros (pieza de acero que une el larguero central con los largueros laterales conformando la estructura del bastidor de una unidad de arrastre ferroviario) al tanque. Si esto ocurre no se deberá cargar el carro.
- ❖ Verificarán que las ruedas no tengan grietas, aplanaduras o desconchaduras.
- ❖ Que en los carros tanque no presurizados, los empaques del agujero de llenado no presente cortaduras o grietas, cambiándolas en caso de resultar con defecto con objeto de evitar fugas o derrames.
- ❖ Que cuando la unidad este cargada, la altura de la válvula de descarga inferior no sea menor a 7 pulgadas.
- ❖ Verificarán que cada una de las válvulas de carga, descarga, vapor y medición se encuentren bien cerradas y con sus tapones correspondientes a fin de evitar fugas en tránsito.
- ❖ Verificar que los carteles correspondan al producto que se va a transportar y que vayan colocados en los dos extremos y costados del carro, verificando que coincidan con la información que se asentará en los documentos de embarque.

Referencias.

- (1) Documento Técnico Informativo Sobre el Manejo de Residuos Peligrosos, Serie 4 Transporte de Residuos Peligrosos. Luis Soria Puente. CENAPRED, Coordinación de Investigación, Area de Riesgos Químicos. C.U. México. Junio 1994.

- (2) Guía de Respuestas Iniciales en Caso de Emergencias Ocasionadas por Materiales Peligrosos. Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ). Sistema de Emergencias en Transporte para la Industria Química (SETIQ). México, 1991.
- (3) NOM-003-SCT2/1994 Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos.
- (4) NOM-004-SCT2/1994 Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.
- (5) NOM-005-SCT2/1994 Información de emergencia para el transporte terrestre de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
- (6) NOM-006-SCT2/1994 Aspectos básicos para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al autotransporte de materiales y residuos peligrosos.
- (7) NOM-007-SCT2/1994 Marcado de envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos.
- (8) NOM-019-SCT2/1994 Disposiciones generales para la limpieza y control de remanentes de sustancias y residuos peligrosos en las unidades que transportan materiales y residuos peligrosos.
- (9) NOM-024-SCT2/1994 Especificaciones para la construcción y reconstrucción, así como los métodos de prueba de los envases y embalajes de las sustancias, materiales u residuos peligrosos
- (10) NOM-025-SCT2/1994 Disposiciones especiales para las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1 explosivos.
- (11) NOM-027-SCT2/1994 Disposiciones generales para el envase, embalaje y transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la división 5.2 peróxidos orgánicos.
- (12) NOM-028-SCT2/1994 Disposiciones especiales para los materiales y residuos peligrosos de la clase 3 líquidos inflamables transportados.
- (13) NOM-029-SCT2/1994 Especificaciones para la construcción y reconstrucción de recipientes intermedios para graneles (RIG).
- (14) NOM-043-SCT2/1995 Documentos de embarque de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
- (15) NOM-051-SCT2/1995 Especificaciones especiales y adicionales para los envases y embalajes de las sustancias peligrosos de la división 6.2 agentes infecciosos.
- (16) NOM-052-ECOL-1993 Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
- (17) NOM-EM-008-SCT2-1995 Disposiciones para efectuar la inspección de equipo de arrastre ferroviario asignado al transporte de materiales y residuos peligrosos.
- (18) <http://www.cenapred.unam.mx>

TEMA 9

RESPUESTA EN CASO DE ACCIDENTE DURANTE EL TRANSPORTE TERRESTRE DE MATERIALES PELIGROSOS

9.1. CREACION DE LOS PLANES DE EMERGENCIA.

Los desastres naturales y emergencias tales como descargas de sustancias químicas, con frecuencia ocasionan daños a la salud y seguridad públicas, juntamente con la calidad ambiental. Los accidentes con materiales peligrosos, crean emergencias ambientales que requieren la implementación inmediata de medidas para abatir la contaminación. Estos sucesos inesperados están acompañados generalmente, por una confusión inicial en cuanto a su localización, extensión y severidad ⁽²⁾.

Cuando ocurre este tipo de emergencias, se necesita obtener información para evaluar la magnitud y severidad de la situación, para que puedan ser tomadas acciones inmediatas y apropiadas con el fin de proteger con efectividad al público y al ambiente.

Es así como numerosas agencias federales, estatales, locales, grupos industriales y particulares, se ven envueltos en actividades de respuesta a emergencias. Una respuesta eficiente a una contingencia, depende de un plan de acción para emergencias, el cual proporciona un mecanismo que involucra acciones para prevenir descargas de materiales peligrosos y para proteger al ambiente cuando estas situaciones ocurran ⁽³⁾.

Antes de que un Plan de Respuesta contra incidentes en el transporte de materiales ó residuos peligrosos sea puesto en acción por una planta industrial (a través de un "Grupo de Emergencia" propio), se deben definir los problemas, corregir las deficiencias e identificar los materiales que pueden derramarse así como los equipos de contención adecuados.

Es esencial que el Grupo de Emergencia tenga un plan de contingencia para incidentes con materiales peligrosos. Se presenta a continuación un posible procedimiento de planeación de la respuesta a tales incidentes.

9.1.1. INSPECCION DEL MATERIAL PELIGROSO.

La inspección debe determinar las rutas estándares por los cuales son transportados los materiales dentro y a través de una determinada área como puede ser caminos viales, autopistas, vías férreas y líneas de tubería ⁽⁴⁾.

La respuesta del Grupo de Emergencia debe estar hecha de tal manera que presenten los materiales peligrosos que podrían estar involucrados en caso de que una emergencia ocurriera en un lugar específico.

La inspección debe evaluar el peligro potencial que puede ser liberado por los materiales peligrosos asociados con las plantas químicas y sus unidades de almacenamiento, además de vías férreas y autopistas ⁽⁴⁾. Si la inspección es suficientemente detallada, el personal asignado debe tener un estimado razonablemente preciso, de los tipos de derrames que podrían ocurrir, la probable magnitud del derrame y los límites probables de un derrame máximo.

9.1.2. PREPARACIÓN DEL PLAN DE CONTINGENCIA.

En un incidente con materiales peligrosos es esencial que los miembros del Grupo de Emergencia sean capaces de anticipar tanto los daños reales inmediatos como el potencial del desastre. Se deben incluir parámetros críticos en el Plan, como mínimo, procedimientos de evacuación, tácticas para extinción de fuego y estrategias para protección de canales ó ríos ⁽⁴⁾.

El Plan debe incluir material como fotografías aéreas, mapas topográficos y de carreteras así como planos de drenaje, con la finalidad de asegurar que se tenga un fácil acceso en caso de un accidente con materiales peligrosos⁽⁴⁾. Debe proporcionar información, debe ser flexible y debe enlistar personal, equipo y proveedores necesarios para implementar dicho Plan y también proporcionar un mecanismo para activarlo ⁽⁴⁾.

El Plan debe proporcionar personal de seguridad y medidas de seguridad que incluyan equipo de protección tal como botas antiácidas, aparatos de respiración; la aplicación de exámenes antes y después del accidente y rotación del personal durante climas extremos. Se deben subrayar además pasos para la protección al público. Se deben proporcionar también medios de alerta a las personas en peligro por el incidente. El Plan debe incluir arreglos para vigilancia aérea si es necesario y debe contemplar las peores condiciones posibles. Debe ser diseñado para que opere aún si las líneas telefónicas han sido quemadas, ocurran problemas de radio, o las personas clave del programa no se encuentran disponibles; debe incluir una lista de agencias federales, estatales y locales y otras que deban ser notificadas en caso de un incidente con materiales peligrosos. Debe incluir fuentes de ayuda y asistencia que sean capaces de proporcionar información para tomar las medidas necesarias durante el incidente.

Se debe preparar una lista de números telefónicos para emergencias que incluya departamentos estatales, departamento de salud, centros de investigación, defensa civil y números locales como policía, bomberos, hospitales, ayuda mutua, servicios de ambulancias, químicos locales o ingenieros químicos.

El Plan debe incluir guías que ayuden al Grupo de Emergencia a establecer prioridades en la toma de decisiones, se debe recordar que la vida humana es la primera prioridad. Las decisiones concernientes a rescate y evacuación deben ser hechas tan rápido como sea posible. Si es necesaria una evacuación se debe considerar ⁽⁴⁾:

- ❖ Área geográfica a evacuar.
- ❖ Tiempo disponible para la evacuación.
- ❖ Donde relocalizar a los evacuados.
- ❖ Personal disponible para asistir la evacuación.

Entonces el Grupo de Emergencia decide que pasos son necesarios para controlar la evacuación. Si el material se está quemando, el Grupo de Emergencia debe decidir si se extingue ó no el fuego. En algunos casos puede ser mejor permitir que el fuego continúe la combustión, particularmente si el incidente es en una área despoblada y si hay peligro de explosión o si el material por si mismo es más peligroso que sus subproductos de combustión, ó si se incluye un gas inflamable más pesado que el aire y la fuente no puede ser cortada. El Plan debe estar provisto de una carta de comandos. Esta carta proporciona un punto focal para el Grupo de Emergencia a cargo de recibir información e instrucciones para el personal y las unidades de ayuda mutua. La carta de comandos coordina las

acciones del personal de seguridad pública local, equipos de respuesta industrial y agencias representativas federales y estatales para manejar el incidente con propiedad y seguridad.

La respuesta obtenida del Plan de Emergencia debe cubrir las necesidades en el lugar del incidente en cuanto a ⁽⁴⁾:

- ❖ Control de la fuga ó derrame.
- ❖ Minimización del daño a la comunidad y ecosistema.
- ❖ Recuperación del producto, neutralización del no recuperado y descontaminación del área.

Para lo anterior es clave la organización ó división del trabajo que se establezca a fin de alcanzar en forma eficaz los objetivos marcados. Para ello se deben tomar en cuenta los siguientes factores ⁽⁴⁾:

- a) Se requiere un sistema de captura de la información cuando exista un incidente que involucre materiales peligrosos de la industria en cuestión.
- b) Es necesario un sistema interno de comunicaciones que permita que se les informe a los niveles directivos con capacidad de tomar decisiones.
- c) Se debe contar con una forma de organización de emergencia, que permita integrar al personal que interviene en la emergencia con los directivos que toman decisiones en una unidad, que de manera corporativa, definan las políticas y especifiquen lo que requiera el incidente y que salgan de los procedimientos establecidos. A este grupo se le denomina "Comité Directivo".
- d) Es necesario un solo responsable ó Comandante Corporativo para la aplicación de los procedimientos establecidos y de las iniciativas del Comité Directivo.
- e) Se debe contar con los recursos humanos y materiales adecuados convenientemente distribuidos en el territorio nacional que cubra la industria en cuestión, a fin de trasladarlos al lugar del incidente en un tiempo razonable. A cada conjunto de recursos humanos y materiales que se ubican en algún lugar geográfico se le denominará "Grupo de Ataque" que operará las 24h del día de los 365 días del año.

9.1.3. EVALUACION DEL PLAN.

Una vez que el Plan ha sido compilado, debe ser evaluado. Después de la evaluación y que se hayan hecho los cambios necesarios, la Jefatura del Grupo de Emergencia debe distribuir copias a todos los miembros del grupo para su crítica constructiva. Este punto puede ser ventajoso si se conduce a simulacros de salón.

Para la evaluación se puede seguir el procedimiento de la tabla 9.1.

Tabla 9.1

TABLA A OBSERVAR PARA LA EVALUACION DE UN PLAN DE CONTINGENCIA.	
1)	General.
a)	¿Está descrito el problema?
b)	¿Está enfatizada la prevención?
c)	¿Especifica el plan las acciones en el evento o incidente?
d)	¿Hay demasiados detalles innecesarios?
2)	Equipo.
a)	¿Incluye el Plan, una lista de recursos tales como equipo móvil por tierra, carros tanque y equipo especializado?
b)	¿Incluye, el Plan ayuda mutua cuando es necesaria?
c)	¿Incluye, el Plan guías de químicos contra el fuego y dispersantes?
d)	¿Proporciona el Plan, carta de comandos para un equipo con comunicación adecuada?
3)	Notificación.
1)	¿Están subrayados los deberes del despachador?
2)	¿Especifica la información pública?
3)	¿Falta el Plan si ciertos oficiales están ausentes?
4)	Procedimientos.
a)	¿Se ha enfatizado la prevención de explosiones y fuego?
b)	¿Proporciona el Plan acciones alternativas citándolas si es necesario, en situaciones tales como condiciones de clima adversos?
c)	¿Proporciona el Plan protección personal que incluye equipo de respiración, ropa protectora, equipo especializado resistente a químicos, etc.?
d)	¿Hay planes para controlar el flujo de derrames?
e)	¿Proporciona el Plan documentación adecuada tales como reportes escritos detallados, fotografía y videotapes?
f)	¿Hay guías para el depósito final?
g)	¿Proporciona el Plan un sistema de protección para víctimas potenciales, sus propiedades, fuentes de agua pública, vida salvaje, etc.?
h)	¿Proporciona el Plan acciones de seguridad para el área de derrame?
i)	¿Señala el Plan procedimientos de comunicación y especifica las frecuencias de radio a usar en las operaciones, ayuda mutua, logística, etc.?

9.2. ENTRENAMIENTO

Son esenciales miembros del Grupo de Emergencia bien entrenados y experimentados para la implementación sucesiva del plan, deben ser entrenados para evaluar efectivamente la situación en el sitio del incidente y para tomar las mejores decisiones posibles para proteger al público, prevenir fuego y explosiones, minimizar daños al ambiente y proteger propiedades. El entrenamiento debe ser conducido en intervalos, con la finalidad de ajustarse a los cambios en el personal del Grupo de Emergencia e incluir los avances tecnológicos, equipo nuevo y estrategia.

El personal debe ser capaz de entender las bases para manejar los materiales peligrosos. Deben aprender las características de los materiales peligrosos más comunes y su forma de reaccionar al fuego, golpes, agua, aire y tener un entrenamiento básico de como reaccionan los gases a la temperatura y presión dada. El personal debe aprender a usar fuentes de información, debe aprender la construcción básica de aparatos de seguridad, carros tanques, etc. Los miembros del Grupo de Emergencia deben reconocer las placas de la SCT y estar alertas en caso de defectos en los sistemas de placas.

Los miembros del Grupo de Emergencia debe organizar platicas en salón y a gran escala. Cuando sea posible, la instrucción debe incluir representativos de otras agencias u organizaciones que puedan participar en el control y limpieza cuando se presenta un incidente con materiales peligrosos.

Se deben organizar entrenamientos a gran escala una o dos veces al año para determinar el tiempo requerido en movilizar personal, recursos y equipo, obtener otros equipos especializados, llegar al área y tomar medidas de control y estimar el tiempo requerido en evacuar al público en caso de peligro. Los miembros del Grupo de

Emergencia deben también recibir entrenamiento para combatir fuego a gran escala. Para ello, la información dada previamente se puede usar con propósitos de entrenamiento y esto se resume en la tabla 9.2.

Tabla 9.2

CUANDO UNA SITUACIÓN PAREZCA SER UN INCIDENTE PELIGROSO:	
1.	Si hay humo detenerse.
2.	Asumir que todas las cargas y derrames son inflamables, corrosivos, tóxicos, explosivos y radiactivos.
3.	Usos de los sentidos:
Vista	Humos, flamas o líquidos que escapan.
Olor	Humos o derrames que no puedan ser visibles.
Sonido	Explosión o reacción química.
Temperatura	Muy caliente o muy frío.
Tacto	No tocar.
4.	En estos casos considerar la posición de la carga y tomar nota de las características particulares.
5.	Uso de ropa protectora.
6.	Proteger la escena (enviar por servicios de emergencia).
7.	Identificar la carga (si se puede hacer con seguridad).
8.	Determinar el clima (obtener datos meteorológicos precisos) lluvia, nieve o neblina.
9.	Viento (climatológico).
10.	Viento (por tráfico).
11.	Temperatura.

Fuente: *Criterios Para Revisión de Planes de Emergencia Para Materiales Peligrosos. Equipo de Respuesta Nacional. CENAPRED. Mayo 1988.*

9.3. RECURSOS PARA LA RESPUESTA.

Se propone a continuación una lista mínima pero no limitativa de lo que un Grupo requiere para trabajar con seguridad y facilidad ⁽³⁾.

El Centro de Control debe contar con HDDS para todos los productos ya sea en archivo o como base de datos en computadora; cada nuevo producto que se maneje deberá adicionarse a esta base de datos.

Se debe contar con la ubicación de los Grupos de ataque filiales, a fin de elegir en un tiempo de respuesta más corto, al Grupo que acudirá al incidente. Dicho Grupo recibirá el comunicado del Centro de Control via radio junto con la información obtenida; la hora del informe debe coincidir con la hora de salida del Grupo de ataque al lugar del incidente.

El Centro de Control debe contar con un radioreceptor sintonizado con el Servicio Meteorológico Nacional de la SARH y contacto con radio con el CENAPRED(Centro Nacional de Prevención de Desastres). El Centro de Control se debe poner en contacto con el Gerente de Seguridad Industrial Corporativo y los integrantes del Comité Directivo del Plan de Emergencia, para una reunión en el Centro de Control donde se pueda observar toda la información de los productos involucrados en el incidente y los mapas topográficos, geológicos y edafológicos de la zona del incidente, (editados por el INEGI en la escala 1:250 000 y cuando se requiera mayor información en la escala 1:50 000).

UBICACION DE LAS BASES. Cada Grupo de Respuesta contará con una base con ubicación geográfica tal que le permita atender una zona en un tiempo de respuesta adecuado (no mayor de 8 horas), dentro de lo cual es necesario tomar en cuenta la localización de las instalaciones de la industria en cuestión, ya que sus bases deben estar dentro de las instalaciones.

VEHICULO. Se recomienda un chasis para 6.5 toneladas de capacidad de carga, con doble rodada en el eje trasero, motor a diesel, de 6 cilindros y con doble tanque de combustible.

La carrocería debe ser de tipo caja con 2 puertas corredizas por los lados y 2 puertas abatibles en la parte posterior y el área interior dividida de manera que aproximadamente se tenga espacio para los 4 asientos, mesa de trabajo, espacio para la biblioteca básica y sistema de telecomunicaciones. El resto del área se dedica al almacenamiento de equipo y herramienta para el control del incidente, material para neutralización y demás implementos necesarios, que se reparten en estanterías y gabinetes en ambos lados del pasillo central.

Con la distribución anterior se puede alcanzar cualquier parte del vehículo desde el interior. El techo del vehículo debe ser reforzado para que cuente con parrilla de carga, lleve acoplada una antena parabólica y una barra con luces rojas y sirena. El sistema eléctrico debe contar con alternador de la mayor capacidad posible y doble juego de baterías con selector para su uso.

Para una respuesta rápida a derrames es deseable contar con una unidad similar, en diseño y concepto a los camiones de bomberos o podría ser un trailer bien equipado listo para un rápido enganche en algún vehículo disponible de la Planta. Debe contener implementos de protección para por lo menos dos operadores, como unidades de respiración capaces de ser recargadas "in situ", instrumentos de medición (explosímetro, colorímetro, peachímetro), etc. Se debe mantener la unidad protegida a una distancia segura de la emergencia.

Suministros tales como varias bolsas de aceite absorbente, costales, alquitrán y herramientas tales como palas, juegos de llaves, juegos de pinzas, hachas, alicatas, zapapicos, martillos, cubetas y escobas se deben incluir también. El vehículo debe estar equipado con material variado como tapones de neopreno, tornillos para sellar, tuercas y rondanas tramos de tubo (3,000 psi), conexiones hembra y macho, válvulas, abrazaderas, sacos de cal, de bicarbonato de sodio, carbón activado, extintores de polvo químico seco tipo ABC, extintores de CO₂, latas de concentrado AFFF/ATC. Además se debe disponer de un botiquín y equipo de supervivencia.

Para la biblioteca básica se debe contar con información tal como: juegos de mapas de INEGI (topográficos, geológicos y edafológicos), mapas carreteros, guía de acciones de emergencia, libros de primeros auxilios (Cruz Roja), directorio de frecuencias de radio y códigos de uso, directorio del propio Comité Directivo y autoridades de su sector, bitácora para accidentes y bitácora para el vehículo en los que hará sus anotaciones el Comandante del Incidente.

TELECOMUNICACIONES. Se recomiendan 3 niveles de comunicación por radio o telecomunicaciones:

Nivel 1. Comunicación entre el Grupo de Respuesta y Centro de Control (este es el más importante y confiable) y cuenta con dos alternativas:

- a) Emplear un canal de satélite y contar con transreceptores con antenas parabólicas y sus accesorios en el Centro de Control y en cada una de las bases de respuesta además de un transreceptor móvil con antena parabólica portátil en cada vehículo y equipo de localización vía satélite (esta es la alternativa de mayor costo)
- b) Emplear sistema de banda lateral, que solo requiere transreceptores en el Centro de Control y las bases del Grupo de Respuesta con antenas normales en los vehículos (esta alternativa es la de menor costo y confiable).

Nivel 2. Comunicación entre el personal del Grupo de Respuesta en el lugar del incidente, se sugiere el uso de walky talkies de tipo sintetizados para que el Grupo elija la frecuencia adecuada para trabajar en el lugar del incidente.

Nivel 3. Recepción de información de las autoridades; es conveniente que cada vehículo de respuesta cuente con un scanner para monitorear la información proveniente de las autoridades.

RELACIONES PUBLICAS. Para la opinión pública es peligroso la desinformación ó información equivocada que es consecuencia de la falta de conocimientos por parte de las autoridades y medios noticiosos, además de los temores en la población. Por lo anterior es necesaria una correcta información para que el público conozca el peligro real a que está expuesto y la forma en que debe actuar para la cual la industria en cuestión debe evaluar y elaborar partes oficiales sobre el incidente y sus avances en control. Esta es una de las funciones del Director General como presidente del Comité Directivo que a través de su Primer Vocal debe mantener la comunicación continua y permanente con los medios noticiosos que lo deseen.

Por su parte el Comandante del Incidente debe realizar la misma función en el lugar del incidente para lo cual se mantendrá enlazado al Comité Directivo. Adicionalmente el Comandante adoptará con permiso de las autoridades, un lugar para que se puedan ubicar los medios noticiosos sin peligro, para atenderlos periódicamente e informarlos de manera adecuada.

Cuando los altos costos y el optimismo infrecuente en el uso de equipo con propósitos especiales para control de derrames son considerados, las ventajas de unión ó establecimiento de asociaciones de ayuda mutua se hacen evidentes. Una asociación podría estar establecida por un grupo de industrias similares en un área. En algunos casos la operación conjunta de unidades públicas y privadas es posible si cada participante en el pacto puede contribuir con algo compatible con las contribuciones de otros, ninguno necesita tener inversión masiva en equipo y personal para proporcionar el equipo de respuesta.

9.4. ORGANIZACION DE LA RESPUESTA.

El plan de emergencia debe subrayar ciertos procedimientos estándar de operación e incluir guías para el personal de guardia en el Centro de Control del Grupo de Emergencia en caso de recibir una notificación de un incidente con materiales peligrosos y para los miembros del Grupo de Emergencia a cargo del incidente.

El personal de guardia en el Centro de Control debe saber de que naturaleza es y donde se localiza el incidente, que materiales peligrosos están incluidos (si se sabe), si hay ó no fuga de productos, la magnitud de los daños y si hay ó no daño inmediato en un área poblada. El personal de guardia puede proporcionar información recibida del SETIQ (Sistema de Emergencias en Transporte para la Industria Química) a la oficina del Grupo de Emergencia correspondiente al incidente. Durante la comunicación se debe deletrear el nombre del material peligroso para evitar confusión debido a que muchos materiales tienen nombres con sonido similar.

Una vez que se llega al lugar del incidente el Grupo de Emergencia debe evaluar la situación y tan rápido, como sea posible determinar ó confirmar los materiales peligrosos involucrados. La información, muchas veces, debe ser obtenida hablando con el conductor, vigilante u otros que están relacionados con el almacenaje o transportación del material. No se debe adivinar cual material está incluido, se debe ejercer extrema precaución al identificar el material.

9.4.1. RECEPCION DE LAS LLAMADAS.

Con el fin de capturar la información referente a un incidente con materiales peligrosos, que involucren a la industria en cuestión lo más pronto posible dado que los primeros minutos y horas son clave para minimizar los daños a la comunidad y a la ecología local, es necesario ⁽⁴⁾:

- a) Difundir el número telefónico indicando que es línea de emergencia, tanto en las etiquetas de los productos, como en las facturas, hojas de datos de seguridad (HDDS), información técnica y cualquier otro tipo de información de importancia para el Centro de Control. Este número debe aparecer en los documentos de embarque y en los vehículos de transporte debiendo dárselos a conocer a los operadores de los mismos.
- b) Difundir este número entre los transportistas, el comité técnico de seguridad de FNM, la Dirección de Autotransporte Federal de la SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes), a las comandancias de la PFP (Policía Federal de Caminos), a la Cruz Roja Mexicana, al Cuerpo de Bomberos y Cruz Rojas locales y al CENAPRED.

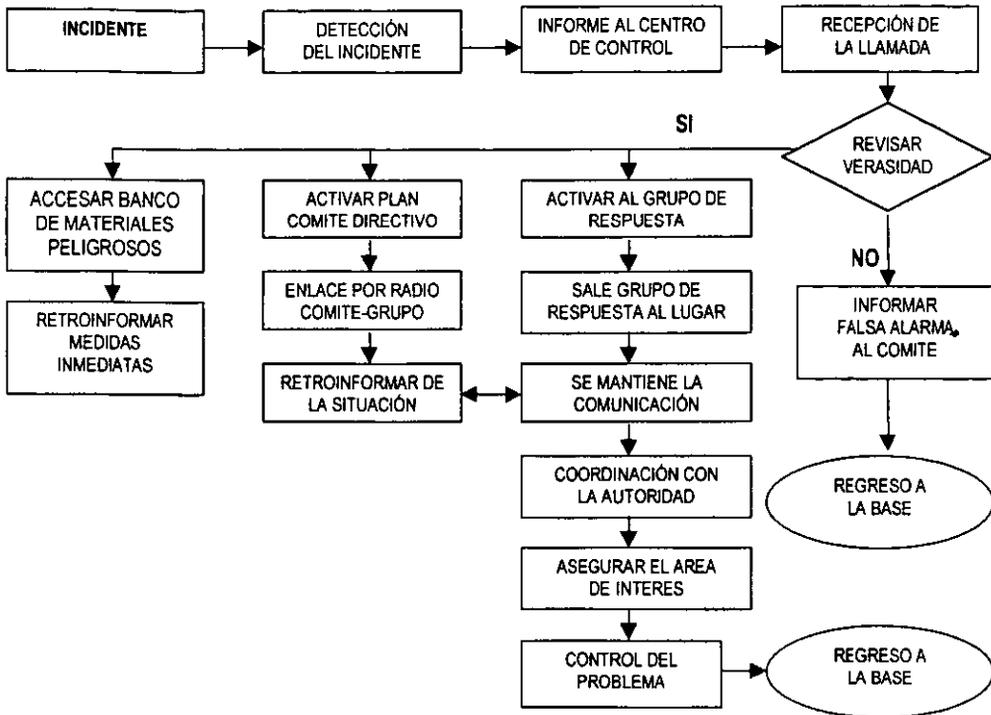
Al recibir la llamada que informa de la existencia de un incidente con materiales peligrosos de la industria en cuestión en su Centro de Control, se activará el Plan de Emergencia y la persona de guardia debe recabar los siguientes datos del informante, los cuales se comunicarán vía radio al Grupo de Ataque además de comenzar a realizar los procedimientos de acción (todo esto debe ser grabado) ⁽³⁾:

- ❖ Nombre del informante.
- ❖ Lugar desde donde informa.
- ❖ Hora de recepción de la llamada.
- ❖ Hora aproximada en que ocurrió el incidente.
- ❖ Tipo de transporte accidentado.
- ❖ Tipo de contenedor(es) dañado(s).
- ❖ Material involucrado en el incidente.
- ❖ Descripción breve de la situación en la escena del incidente.
- ❖ Tipo de localidad.
- ❖ Topografía de la localidad en donde ocurre el incidente.
- ❖ Averiguar si hubo lesionados en el incidente.
- ❖ Averiguar la extensión de la fuga ó derrame.
- ❖ Cualquier información adicional que pueda proporcionar el informante.

Esta información se debe reunir en un formato de Aviso de Incidente de manera adicional.

El personal de guardia en el Centro de Control, deberá contar con una base de datos de los productos que está movilizando en ese momento. Esta información puede manejarse en una red de cómputo entre las plantas filiales.

Diagrama de flujo de incidentes



Fuente: Criterios Para Revisión de Planes de Emergencia Para Materiales Peligrosos. Equipo de Respuesta Nacional. CENAPRED. Mayo 1988.

9.4.2. GRUPOS DE RESPUESTA INVOLUCRADOS EN LA LLAMADA FINAL.

En primera instancia, solo asistirá el Grupo en cuyo sector haya ocurrido el incidente. Sin embargo al escuchar la llamada al Grupo de Respuesta correspondiente (via radio) los demás Grupos deberán ⁽³⁾:

- Estar alertas a la "primera alarma", ya que todos se enterarán de la llamada pues se usará para intercomunicarse un canal abierto de radio con frecuencia asignada.
- Entrarán en "estado de alerta" por si es necesaria su participación y permanecerán en esta situación hasta que el Grupo que atendió la primera alarma regrese a su base.
- El Comandante del primer Grupo al llegar al lugar del incidente, de acuerdo a la magnitud de este, podrá pedir al Comandante del Incidente una "segunda alarma", que consistirá de la asistencia de Grupo de Respuesta más cercano a ellos.
- Cuando se dé más de una alarma, el Comandante del Incidente del primer Grupo, también será el Comandante de los otros Grupos que vayan llegando.

9.4.3. RESPUESTA DEL GRUPO DE ATAQUE.

El Grupo de Ataque debe confirmar vía radio la siguiente información ⁽³⁾:

- ❖ Confirmación de la recepción de la llamada del Centro de Control, con la hora de recepción.
- ❖ Confirmación de la información recibida.
- ❖ Ruta elegida para llegar al lugar del incidente.
- ❖ Hora de salida.
- ❖ Tiempo estimado de arribo.

La comunicación vía radio entre el Centro de Control y el Grupo de Respuesta debe mantenerse durante el recorrido, de la Base al lugar del incidente, para reportar periódicamente sus avances y/o problemas que encuentren en la ruta (esta información la debe recibir de forma inmediata el gerente de seguridad corporativo).

El Comité Directivo debe efectuar una reunión bimestral, cuando menos, para revisar los programas y planes de acción.

De igual forma se debe reunir al término de una emergencia, para evaluar la actuación del Grupo de Respuesta y las modificaciones necesarias para incrementar su eficiencia.

9.5 GRUPOS DE RESPUESTA Y COMITÉ DIRECTIVO.

9.5.1. GRUPOS DE RESPUESTA (ORGANIZACIÓN EN CONDICIONES NORMALES).

Cada grupo de Respuesta debe tener las siguientes características ⁽³⁾:

- ❖ Debe cubrir las 24 horas de los 365 días del año.
- ❖ Cada Grupo está integrado por 4 personas en cada turno.
- ❖ Todos los integrantes del Grupo deben ser especialistas en el control de emergencias con materiales peligrosos, el de mayor experiencia será el encargado de turno. A su vez el encargado reportará a una persona con mayor nivel de responsabilidad, a quién se le denomina jefe de Grupo de Respuesta.
- ❖ Cada Grupo de Respuesta debe contar con una unidad móvil (vehículo) con todos los recursos para atender los incidentes con los productos peligrosos de la industria en cuestión.
- ❖ En condiciones normales, las labores de cada turno para el Grupo de Respuesta son: mantener el vehículo y equipos en perfectas condiciones de operación, tener una capacitación continua del personal y reportarse al Centro de Control vía radio.

9.5.2. GRUPO DE RESPUESTA (FUNCIONES DURANTE LA EMERGENCIA).

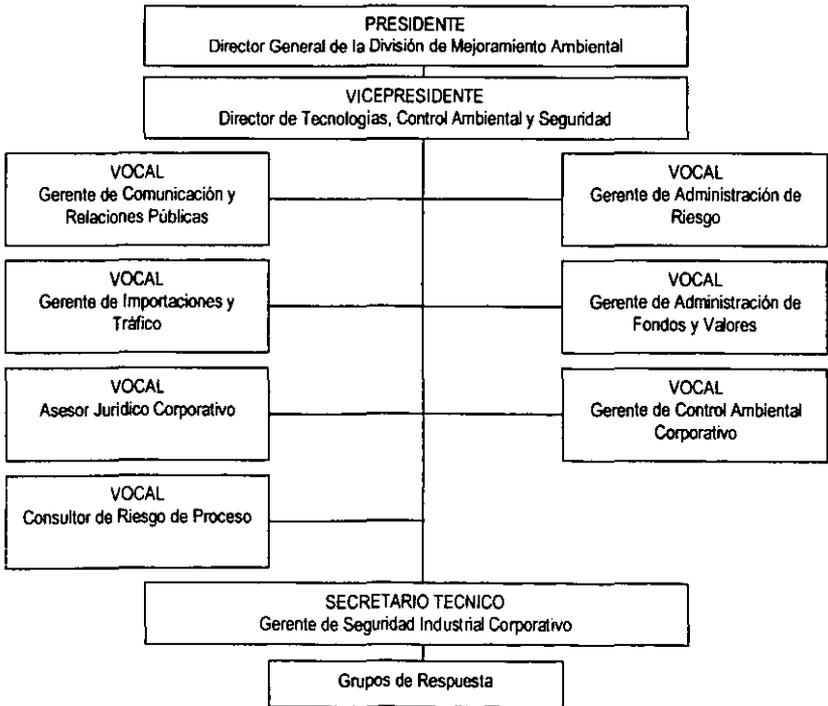
Cuando reciba el Grupo de Respuesta la noticia de la existencia de un incidente con materiales peligrosos de la industria en cuestión por parte de su Centro de Control, deberá cumplir con lo siguiente ⁽³⁾:

- a) Se debe seguir el procedimiento indicado en el punto 9.4.
- b) El Grupo de Respuesta que asistirá al incidente, estará integrado por el jefe de Grupo, el encargado de turno y dos ayudantes. En caso de que no se localice el jefe de Grupo, el encargado de turno asumirá sus funciones.

- c) En el lugar del incidente, el jefe de Grupo se designará como Comandante del Incidente.
- d) La primera acción del Comandante es la aplicación de los procedimientos indicados en el punto 9.6.
- e) Una vez que el Comandante haya asegurado el área y la haya subdividido, iniciará la aplicación del Procedimiento de Acción correspondiente, para ello el dirigirá las maniobras, llevará el control del tiempo de trabajo, estará atento a los cambios en el clima e indicará las maniobras necesarias para el transvase o recuperación del producto.
- f) El Encargado de Turno servirá de Oficial de Seguridad, teniendo a su cargo el ayudar a vestirse el traje encapsulado a los ayudantes y neutralizándolos a su salida (antes de que se desvestan).
- g) Los ayudantes tienen la capacidad para controlar la fuga o derrame, establecer diques de contención y transvasar el producto o recuperarlo.
- h) Cuando se concluyan las labores se procederá a descontaminar el área ó neutralizar el producto y recoger todo lo contaminado para llevarlo a la base del Grupo de Respuesta.

9.5.3. COMITE DIRECTIVO PARA EL PLAN DE EMERGENCIA (ORGANIZACION EN CONDICIONES NORMALES).

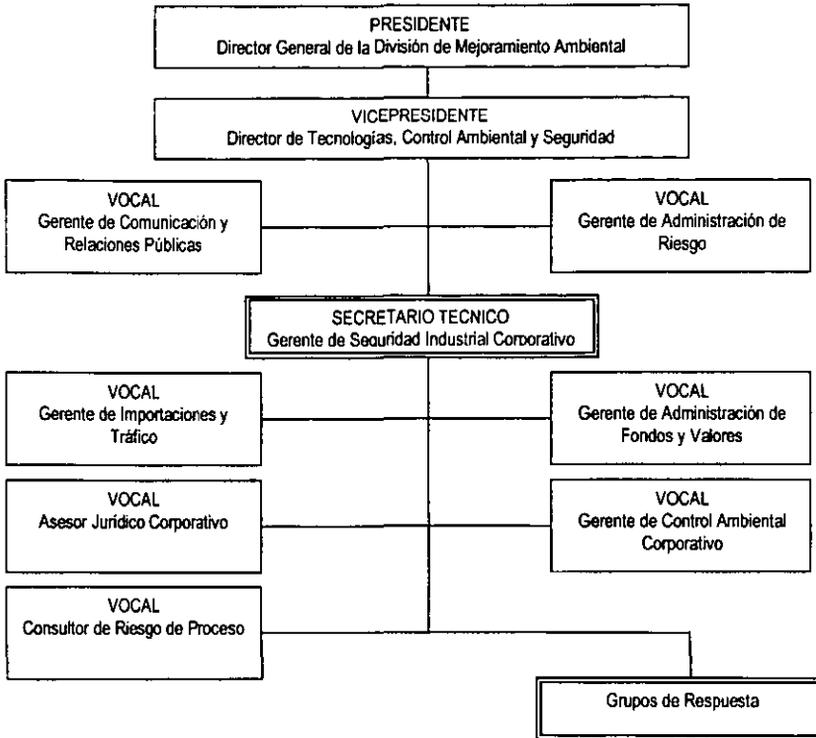
El Comité Directivo se formará de acuerdo al siguiente organigrama:



Fuente: Guía 1996 Sobre Respuestas Iniciales en Caso de Emergencias Causadas por Mercancías Peligrosas. The Canadian Transport Emergency Center (CANUTEC). Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Programa de Salud Ambiental, Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud. Metepec, México. 1988

9.5.4. COMITE DIRECTIVO PARA EL PLAN DE EMERGENCIA (ORGANIZACION EN CONDICIONES ANORMALES).

El Comité Directivo se formará de acuerdo al siguiente organigrama:



Fuente: Guía 1996 Sobre Respuestas Iniciales en Caso de Emergencias Causadas por Mercancías Peligosas. The Canadian Transport Emergency Center (CANUTEC). Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Programa de Salud Ambiental, Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud. Metepec, México. 1988

9.6. FUNCIONES DEL PLAN DE EMERGENCIA.

Las funciones de un "Plan de Emergencia" implementado por una industria en el momento de llegar al lugar de la emergencia son ⁽⁴⁾:

9.6.1. CONTACTO CON LA AUTORIDAD A CARGO DEL INCIDENTE.

La primera función que debe seguir el Grupo de Emergencia perteneciente a una industria al llegar a la escena del incidente, es buscar al encargado de la emergencia e informar de su presencia y quienes son, para enlazarse en la estrategia de combate.

Las autoridades que se buscarán serán las siguientes:

1. Jefe de bomberos de la localidad ó capitán a cargo del servicio.
2. Oficial del Ejército ó Marina al mando de la zona.

3. Oficial de la Policía Federal de Caminos a cargo del área, cuando se trate de autotransportes.
4. La autoridad de mayor jerarquía en el lugar del incidente por parte de Ferrocarriles Nacionales de México (FNM) es el jefe de personal de seguridad de FNM, cuando se encuentre en el lugar y se trate de carros tanque ó furgones.
5. Jefe de la Policía de la localidad.
6. Director Municipal de Protección Civil.
7. Presidente municipal.

Lo anterior es para que haya un solo encargado del incidente. En caso de que el Grupo de Emergencia de la Industria en Cuestión sea el primero en llegar a la escena, será este quién se haga cargo de la emergencia.

Si por lo contrario alguna de las autoridades ha tomado el mando del incidente, el grupo le explicará que sus funciones son:

- ❖ Proporcionar información de las propiedades del producto.
- ❖ Contener el derrame ó fuga del producto.
- ❖ Informa de las medidas para el control de incendios y/o explosiones y corroborar que se apliquen.
- ❖ Informar sobre las medidas de primeros auxilios a aplicar.
- ❖ Comprobar que se apliquen las medidas de evacuación, de acuerdo con las condiciones del incidente.
- ❖ Corroborar que se apliquen las medidas para controlar la contaminación ambiental.
- ❖ Transvasar y recuperar el producto.
- ❖ Descontaminar el área.

9.6.2. ASEGURAMIENTO DEL AREA AFECTADA.

Esta función comprende:

- a) Comprobar las propiedades del producto involucrado en el incidente.
 - b) Constatar el estado que guardan los contenedores y vehículos.
 - c) Evaluar el tipo de localidad involucrada en el incidente.
 - d) Analizar las condiciones climatológicas.
 - e) Determinar los patrones de viento y modificaciones que puedan ocurrir.
 - f) Evaluar los drenajes naturales del terreno y los recursos acuíferos con posibilidad de ser afectados.
 - g) Determinar el área a evacuar y si ya se hizo, corroborar que se hayan guardado las distancias de seguridad.
 - h) Comprobar que el área está libre de personal y público en general, asegurando ese perímetro para el trabajo de grupo.
- ❖ Revisar la organización de los distintos grupos y autoridades que participen. Solicitar su ayuda y sugerir que se coordinen esfuerzos y estrategias.
 - ❖ Evacuar el área.
 - ❖ Establecer un estacionamiento de vehículos a una distancia prudente del lugar del accidente en el sentido donde sopla el viento.

Sin embargo el grupo no tiene mando directo sobre los grupos de emergencia ajenos a ellos ni autoridades, por lo que debe actuar en forma diplomática para obtener todo su apoyo y la integración cuando no exista del puesto de mando. Además tener el cuidado de incluir todas las frecuencias de telecomunicaciones empleadas en dicho lugar, en esta fase de operación es importante mantener una buena comunicación.

9.6.3. COMPROBAR QUE EL PERSONAL DE EMERGENCIA HA TOMADO LAS MEDIDAS DE CONTROL.

Para esto se deben tomar las siguientes acciones:

- a) Analizar si se han establecido diques para contener el derrame.
- b) Comprobar que el material de los diques sea el apropiado.
- c) Comprobar que se han establecido las cortinas de agua para diluir la nube de gas o proteger los contenedores en caso de incendio, cuando el riesgo a la salud y el material peligroso lo permite y respetar las distancias de las zonas de trabajo que se definen posteriormente.
- d) Las zonas de trabajo se dividen como sigue ⁽²⁾:
 - ❖ Zona de riesgo.
 - ❖ Zona restringida.
 - ❖ Zona de acceso restringido.
 - ❖ Zona de soporte.

9.6.4. REALIZAR LAS MANIOBRAS DE TRANSVASE Y NEUTRALIZACION.

Estas actividades son totalmente propias del Grupo de Emergencia de la Industria en Cuestión, por lo que las realizarán con el apoyo de las autoridades encargadas del incidente, debiendo cubrir los siguientes puntos:

- a) Seleccionar el equipo de protección personal adecuado.
- b) Evaluar el daño al contenedor o contenedores.
- c) Analizar las posibles alternativas para sellar la fuga o contener el derrame y/o maniobras a realizar con el o los contenedores.
- d) Selección de la mejor alternativa y ponerla en práctica, con la colaboración del personal de emergencia y autoridades.
- e) Mantener retroalimentación de todos los grupos participantes sobre el avance del control del incidente.
- f) Transvasar el producto ó sellar fugas.
- g) Recoger el producto derramado.
- h) Neutralizar el producto que no se pueda recoger.
- i) Recoger los equipos usados y contaminados, para llevarlos a la planta correspondiente.

9.6.5. REMOCION, MITIGACION Y DEPOSITO.

Si es necesario tratar un derrame "In situ" sería de gran ayuda que se haya realizado un trabajo previo, dicho trabajo debe contemplar los siguientes aspectos: material, método de tratamiento y notas.

Para todos los tratamientos "In situ" la primera tarea es remover cuanto sea posible del químico. Esto es debido a que reduce la cantidad del tratamiento "in situ" requerido y podría permitir la recuperación de algún valor del desecho.

El depósito del material recuperado, tanto como los materiales de limpieza contaminados, presentan un serio problema, en ocasiones dicho depósito tiende a ser un problema mayor que el problema original.

9.6.6. DESCONTAMINACION.

El procedimiento seguro para una descontaminación en la escena de un incidente, no es siempre fácil, en un derrame de químicos complejo, se debe cuestionar a un químico experto que proporcione consideraciones muy cuidadosas de los subproductos de algún descontaminante que sea usado. Obviamente es muy importante el conocimiento total del sistema de drenaje local próximo a un incidente.

El equipo de descontaminación, herramientas, personal, ropa y vehículos usados en la escena de un incidente es extremadamente importante. Puede ser necesario colocar una área para descontaminación, a través de la cual el personal que trabajó en el incidente debe pasar para que la contaminación no sea derramada dentro de las ambulancias u otros vehículos que dejen el sitio. También es fácil para los trabajadores el rehuso de herramientas que han sido colocadas temporalmente en el piso y se han contaminado. Los resultados pueden ser desagradables. El aseo personal antes de tomar alimentos o bebidas es muy importante.

Para todas las acciones de emergencia que involucren a la Industria en Cuestión y para una respuesta efectiva se debe considerar, la disponibilidad de equipo pesado tales como bulldozers, trascavos, cargadores, camiones de depósito, autotranques, camiones de vacío, grúas, etc., provenientes de contratistas locales.

Algo que se debe tomar en consideración es el costo probable y la capacidad de los operadores disponibilidad en corto tiempo. Juntó con estas consideraciones se deben enlistar varios proveedores que proporcionen en una emergencia, materiales tales como sacos de arena, carbón activado, sosa, arena, blanqueador, solventes tales como acetona y alcohol.

9.7. PROCEDIMIENTOS DE ACCION.

De manera practica se han dividido en dos grandes grupos, los de aplicación general, como es aseguramiento del área y la descontaminación, tanto de herramienta y equipo, y los de aplicación específica de acuerdo al producto al que se trate, que han sido agrupados en propiedades afines, con objeto de tener el menor número de procedimientos de acción específicos ⁽²⁾.

9.7.1. ASEGURAMIENTO O CONTROL DEL AREA DEL INCIDENTE.

Tiene por objetivo minimizar la posibilidad de contaminación del personal de respuesta y de quienes ayuden, proteger al público de los riesgos del incidente y prevenir el vandalismo.

A fin de lograr lo anterior se enlistan los siguientes requerimientos:

CONTAR O PREPARAR UN MAPA DEL INCIDENTE. Se requiere elaborar un esquema del lugar del incidente en el que se marcarán accidentes, edificaciones, vientos dominantes, drenajes, contenedores, represas, tanques, lo que será de gran ayuda para planear actividades como lo son el asignar al personal, identificar rutas y zonas. Este mapa se debe complementar y actualizar con los aspectos diarios de seguridad y salud del personal de campo.

PREPARAR EL LUGAR PARA ACTIVIDADES SUBSECUENTES. Los puntos principales para esta acción son: construcción de accesos para vehículos pesados, arreglo de patrones de flujo de tráfico de manera que aseguren operaciones eficientes, eliminación de riesgos físicos del área de trabajo.

ESTABLECER LAS ZONAS DE TRABAJO. Se deben delimitar áreas en los lugares donde se realicen las distintas operaciones y así mismo, el flujo de personal entre zonas deberá ser controlado. El establecimiento de zonas ayudará a asegurar que el personal se encuentre protegido correctamente para las actividades que estén realizando y para facilitar el control.

Una forma sencilla de realizar esta división es la de crear 4 zonas de seguridad:

Zona de riesgo. Área donde se encuentra la sustancia peligrosa y donde obviamente el personal que entre se contaminará, mas 20m a la redonda.

Zona restringida. 300m alrededor de la zona de riesgo, y se puede incrementar en la dirección a donde sopla el viento a juicio del Comandante, el personal tiene alta posibilidad de contaminarse.

Zona de acceso restringido. 300m alrededor de la zona restringida, es aquí donde se llevan a cabo las labores de descontaminación y se supervisan las maniobras de control.

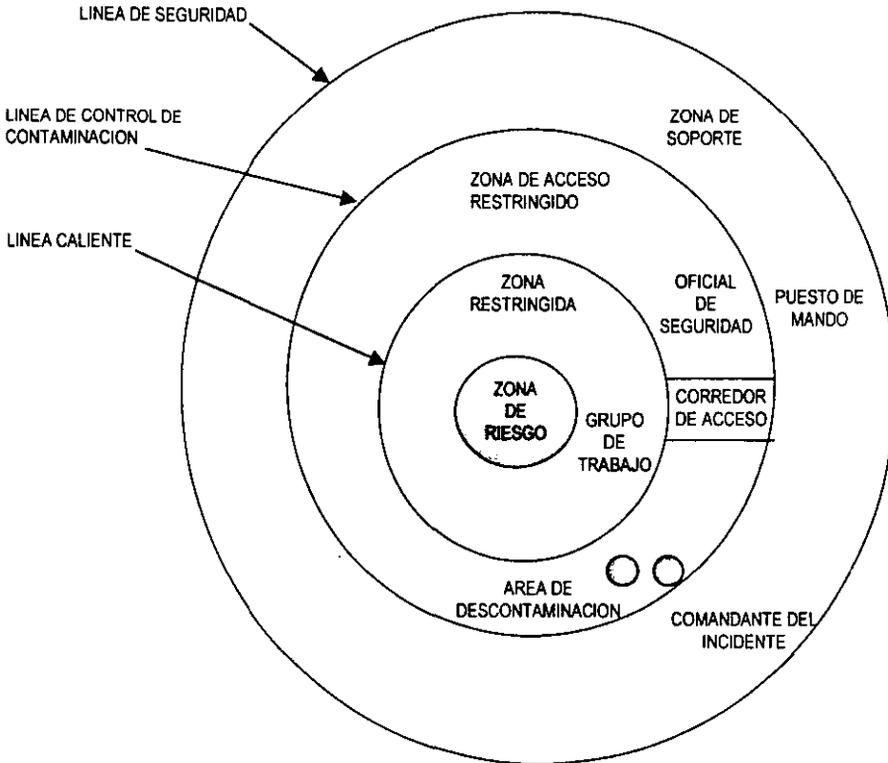
Al límite entre la zona restringida y zona de acceso restringido se le denomina "línea caliente".

Zona de soporte. Aquí se establecen las funciones administrativas y de apoyo para mantener y coordinar las actividades de las otras zonas, esto incluye el puesto de mando, esta zona se forma siguiendo un límite a 400m alrededor de la zona de acceso restringido, a este límite se le llama "línea de control de contaminación" y al límite exterior de la zona de soporte se le denomina "línea de seguridad". Aquí solo puede entrar personal autorizado y se podrá usar ropa normal.

Corredor de acceso. Se establece este corredor que atraviesa la zona de acceso restringido, comunicando la zona de soporte con la zona restringida, En un lado de este corredor se colocarán las tinajas de neutralización y será controlado por el Oficial de Seguridad de respuesta que vigilará que el personal que entra vaya bien equipado y el que sale sea descontaminado, se debe establecer en el lado a favor del viento. El Comandante del incidente se debe mantener en la zona de soporte para:

- ❖ Controlar la seguridad física del lugar.
- ❖ Establecer los sistemas de comunicación.
- ❖ Desarrollar las prácticas de trabajo.

Zonas de Control.



Fuente: Guía de Respuestas Iniciales en Caso de Emergencias Ocasionadas por Materiales Peligrosos. Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ). Sistema de Emergencias en Transporte para la Industria Química

Control del área afectada por el producto peligroso. Después de haber delimitado la zona de riesgo se debe evitar que se extienda y para ello se requiere contener el derrame ó el agua empleada para controlar la fuga, la maniobra implica que sustancias líquidas que se están derramando al suelo, no se extiendan y sigan los drenajes naturales del terreno, para ello se requiere contener los líquidos mediante diques, teniendo en cuenta los siguientes puntos:

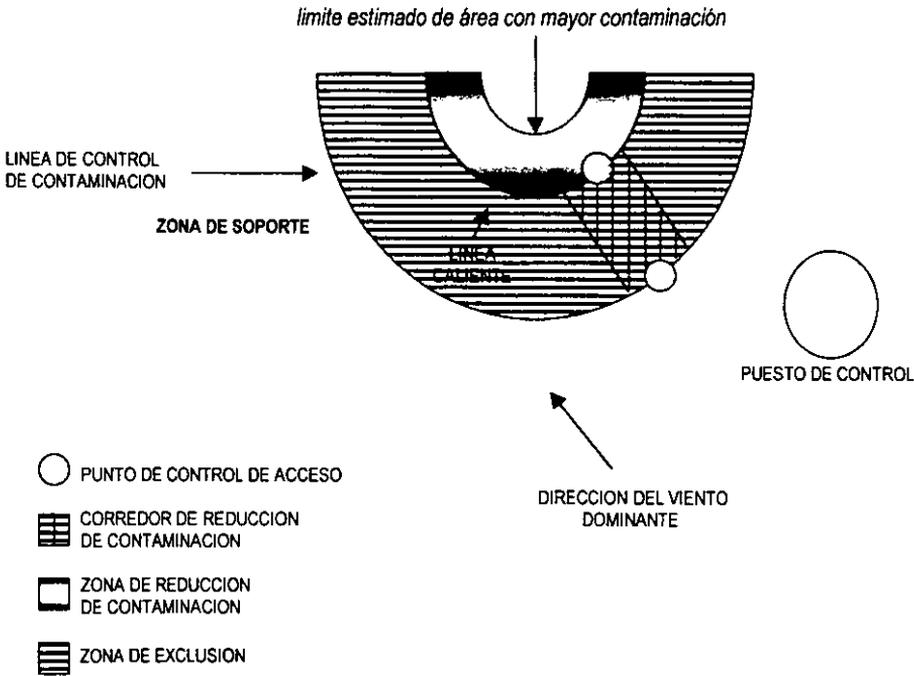
- ❖ Propiedades químicas del producto peligroso ó su solución acuosa.
- ❖ Propiedades fisicoquímicas del suelo del lugar del incidente.
- ❖ Propiedades fisicoquímicas del material empleado para los diques (tierra, arena u otro material inerte).
- ❖ Compatibilidad química del material de los diques con el producto peligroso.
- ❖ Recuperación del producto peligroso.

Existen básicamente tres procedimientos:

- ❖ Recuperación del líquido con bomba de achique.
- ❖ Neutralización del líquido y recuperación con bomba de achique.
- ❖ Adición de material absorbente inerte como arena seca, etc. al líquido y recogerlo cuando lo haya absorbido.

En todo caso el material recuperado debe ser llevado a alguna planta de la industria en cuestión para su disposición final.

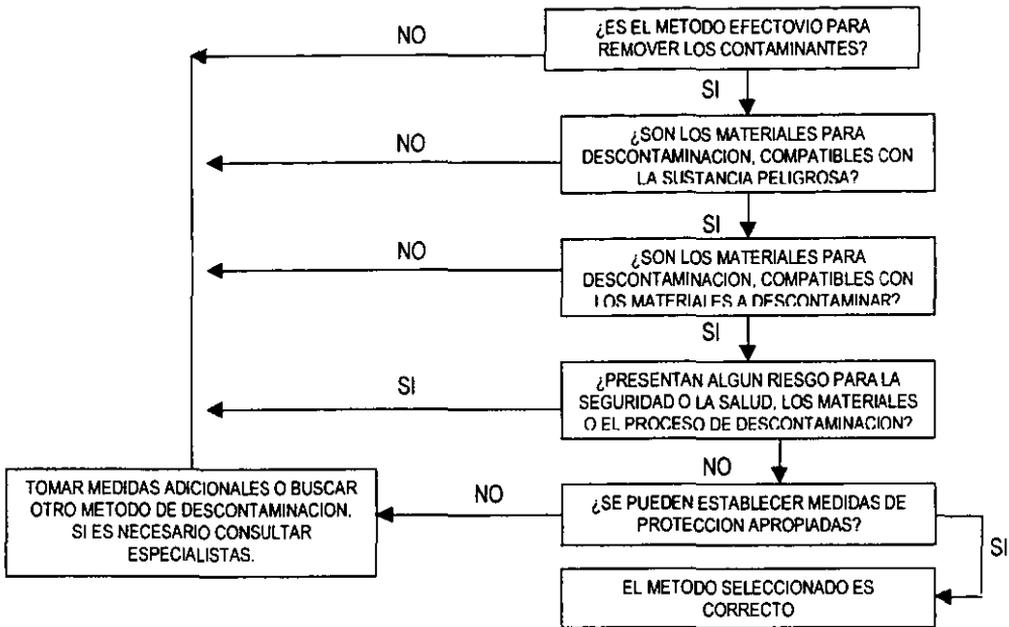
Ubicación del corredor de acceso con relación al viento



Fuente: Guía de Respuestas Iniciales en Caso de Emergencias Ocasionadas por Materiales Peligrosos. Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ). Sistema de Emergencias en Transporte para la Industria Química

9.7.2. DESCONTAMINACION DEL AREA DEL INCIDENTE.

El último de los objetivos que debe cubrir el Grupo de Respuesta, es recuperar el producto, neutralizar el no recuperado y descontaminar el área. Para esto es aplicable el diagrama siguiente (4):



Fuente: Criterios Para Revisión de Planes de Emergencia Para Materiales Peligrosos. Equipo de Respuesta Nacional. CENAPRED. Mayo 1988.

MÉTODOS DE DESCONTAMINACION. Tanto el personal, ropa, equipo, herramientas y muestras que dejen la zona restringida deben ser descontaminadas para eliminarles toda sustancia química ó microorganismos patógenos que se hayan adherido a ellos. Existen los siguientes métodos:

Remoción física. Esta se lleva a cabo con desplazamiento del contaminante, enjuague con agua, evaporación, cepillado, etc.,. Los métodos físicos pueden incluir alta presión y/o calor, pero solo debe usarse bajo condiciones muy controladas y cuando sea estrictamente necesario ya que pueden causar quemaduras y extender la contaminación.

Remoción química. Se emplea generalmente después de la remoción física y básicamente consiste en un proceso de lavado - enjuague con soluciones neutralizantes, limpiadoras o desinfectantes.

A continuación se presenta una guía general de solubilidad de contaminantes en cuatro tipos de solventes:

SOLVENTE	CONTAMINANTES SOLUBLES
Agua	Hidrocarburos de cadena corta. Compuestos inorgánicos, algunos ácidos orgánicos y otros compuestos polares.
Acidos diluidos (vinagre y ácido muriático)	Compuestos básicos (alcalinos o cáusticos), aminas, hidrazinas.
Bases diluidas (cal, bicarbonato de sodio, detergentes y jabones)	Compuestos ácidos, fenoles, tioles y algunos compuestos nitro y sulfónicos.
Solventes orgánicos	Compuestos no polares

Fuente: Criterios Para Revisión de Planes de Emergencia Para Materiales Peligrosos. Equipo de Respuesta Nacional. CENAPRED. Mayo 1988.

DESCONTAMINACION DE HERRAMIENTA Y EQUIPO. Esta acción protege a los trabajadores de sustancias peligrosas que se puedan permear en la ropa de protección y equipo de protección respiratoria o impregnarse en las

herramientas, vehículos u otros equipos empleados en el lugar del incidente, para ello se debe considerar el siguiente plan de descontaminación: Determinar el número y ubicación de las estaciones de descontaminación, determinar el equipo de descontaminación necesario, determinar el método apropiado de descontaminación, establecer los métodos y procedimientos para minimizar el contacto de los trabajadores con contaminantes en el momento de quitarse la ropa y el equipo de protección personal, establecer métodos para desechar la ropa y equipo que no estén totalmente descontaminado.

DESCONTAMINACION FINAL DEL SUELO QUE FUE CUBIERTO POR EL DERRAME. Se debe tomar muestras del suelo para realizar las determinaciones correspondientes tomando en cuenta los siguientes aspectos: Propiedades físicas y químicas del producto peligroso, propiedades físicas, químicas y geológicas del suelo, propiedades físicas y químicas de los materiales descontaminantes, propiedades físicas y químicas del producto resultante de la contaminación, grado de afectación de los factores bióticos y abióticos del suelo, como consecuencia, todo suelo ó agua afectados tiene tres posibles tratamientos:

- a) Remoción de todo el suelo y agua afectados para su tratamiento y disposición final como relleno sanitario.
- b) Remoción de todo el suelo y agua afectados para envasarlos y llevarlos a un entierro confinado.
- c) Dar tratamiento al suelo en el lugar del incidente con biotecnología (uso de bacterias con código genético modificado) para destruir el producto peligroso y posteriormente devolver al suelo las bacterias que contenía en condiciones normales.

Referencias

- (1) Informe Trianual 1995-1997. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. Editado por SEMARNAP/PROFEPA. México. 1998.
- (2) Guía de Respuestas Iniciales en Caso de Emergencias Ocasionadas por Materiales Peligrosos. Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ). Sistema de Emergencias en Transporte para la Industria Química (SETIQ). México, 1991.
- (3) Guía 1996 Sobre Respuestas Iniciales en Caso de Emergencias Causadas por Mercancías Peligrosas. The Canadian Transport Emergency Center (CANUTEC). Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Programa de Salud Ambiental, Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud. Metepec, México. 1988
- (4) Criterios Para Revisión de Planes de Emergencia Para Materiales Peligrosos. Equipo de Respuesta Nacional. CENAPRED. Mayo 1988.
- (5) Evaluación de Riesgos Para la Salud Pública Asociados con Accidentes Causados por Agentes Químicos. Vittorio Silano. La publicación fue financiada con la donación de la Agencia para el Desarrollo Internacional de Estados Unidos a través del Programa para Preparación para Emergencias Y Alivio de Desastres de la Organización Panamericana de la Salud. 1985.

CAPITULO IV. DIDACTICA DE LA INFORMACION

TEMA1

RECURSOS DIDACTICOS

El fin último que se persigue en todo plantel educativo es formar personas que sean capaces de buscar el saber, de recrearlo, reproducirlo y retransmitirlo, para ello se debe considerar al alumno como el motor de su propio aprendizaje y de su propia educación, para ello se utilizan técnicas (instrumentos que facilita el logro de un fin) que deben de dar al aprendizaje un carácter dinámico, tanto en las actividades individuales como en las de equipo, que reflejen la personalidad de cada alumno y lo ayude a desarrollarse ⁽⁴⁾.

Para fines prácticos consideramos dos tipos de técnicas:

- ❖ Trabajo individual.
- ❖ Dinámicas de grupo.

1.1. TECNICAS DE TRABAJO INDIVIDUAL.

Son el conjunto de sugerencias que le son presentadas al alumno, para realizar actividades que lo llevarán a la adquisición de conocimientos y desarrollo de múltiples capacidades personales ⁽⁵⁾. Se clasifican en actividades de información e investigación, ejercitación, autocontrol, recuperación y profundización ⁽⁶⁾.

ACTIVIDADES DE INFORMACION Y/O INVESTIGACION. Orientan al alumno para la eficiente realización de su trabajo, el maestro las programa de acuerdo a su propia iniciativa y las sugerencias de algún libro de texto. El objetivo es dirigir las experiencias que el alumno debe realizar para alcanzar el objetivo programado, para ello, se le sugiere al alumno consultar libros, revistas, enciclopedias, al mismo maestro y a investigar en instituciones, bibliotecas y empresas, además de promover el pensamiento reflexivo, la observación, investigación, experimentación y demostración, todo esto capacita para la aplicación, análisis y síntesis de lo conocido y comprendido.

Recomendaciones: no presentarle al alumno las cosas hechas, invitarle a que las realice por sí mismo; que lleven al alumno a un "aprender a aprender"; cada educando será responsable de su propio trabajo.

ACTIVIDADES DE EJERCICIOS. Son las actividades que permiten reforzar lo que el alumno ha adquirido en las actividades de información e investigación, su característica fundamental es la conquista de una habilidad ó destreza que el alumno necesita para alcanzar el objetivo programado.

Recomendaciones: Deben llevar a una aplicación, análisis y síntesis de lo conocido y comprendido que permitan hacer una recapitulación.

ACTIVIDADES DE AUTOCONTROL. Conducen a una evaluación continua y progresiva. Exigen planear, revisar y programar de acuerdo con las necesidades del grupo. El autocontrol debe dar a conocer al alumno el logro del objetivo específico programado.

Recomendaciones: Es conveniente que al terminar el ejercicio, esquema ó trabajo, el mismo alumno estime la calidad de lo realizado por medio de un autocontrol. (El maestro, libro de texto ó material didáctico, pueden proporcionar la escala estimativa).

ACTIVIDADES DE RECUPERACION. Son para los alumnos que por algún motivo pueden menos ó hacen menos; El autocontrol y/o el maestro señalarán la actividad de recuperación correspondiente.

Recomendaciones: la mejor ayuda es aquella que se da en el momento oportuno y a la persona adecuada. Se buscará siempre que el alumno llegue a conquistar una autonomía en el trabajo y ser capaz de vencer las dificultades que se le presenten, el maestro vale no por lo que hace sino por lo que hace hacer, no hay que hacer nada que el educando pueda hacer por si mismo.

ACTIVIDADES DE PROFUNDIZACION. Son para aquellos alumnos que teniendo posibilidades terminan antes y de un modo satisfactorio su trabajo.

Recomendaciones: Estimular al educando a profundizar en sus trabajos, rindiendo el máximo de su capacidad, favorecer el desarrollo de aptitudes personales, que el alumno demuestre y orientar al alumno para que informe de sus aportaciones valiosas acerca de las actividades desarrolladas.

1.2. DINAMICAS DE GRUPO.

Son procedimientos, que permiten reunir en equipos flexibles a los educandos para informar, dialogar, analizar, discutir, juzgar, sintetizar y evaluar, un tema ó aspecto determinado que el maestro presenta. Permiten afirmar y ampliar los conocimientos adquiridos en el trabajo individual y promover una constante renovación y revisión crítica de conocimientos, medios, recursos y actividades además de estimular la iniciativa y creatividad, favoreciendo un ambiente de libertad, para que el educando aprenda a elegir, decidir y comprometerse ⁽²⁾.

Fomentan las relaciones humanas aprendiendo a hablar y a escuchar y ayudando a tomar un acuerdo estimulando el diálogo, conociendo otros criterios e integrando a un grupo en forma consciente, efectiva y crítica.

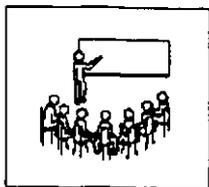
Investigar en forma personal y en equipo favoreciendo el análisis y la síntesis, asegurando la máxima identificación individual con el problema que se trata.

1.2.1. CLASIFICACION.

Técnicas de comunicación:	{ De motivación (ejemplos): lluvia de ideas, cuchicheo De información (ejemplos): panel, corrillos, phillips 6-6
Técnicas de profundización:	{ De explicación (ejemplos): proceso incidente, estado mayor De discusión y/o conclusión (ejemplos): debate, simposio, mesa redonda De análisis y síntesis (ejemplos): entrevista, foro, caso De evaluación (ejemplos): asamblea, acuario

Fuente: *Bases Didácticas Educación Dinámica. María Rita Ferrini. Editorial Progreso, S.A. DE C.V.. México. 1998.*

Nota: una misma técnica puede utilizarse con diferentes finalidades: motivación, información, evaluación. A continuación se desglosaran todas las técnicas resumidas en la clasificación (1):



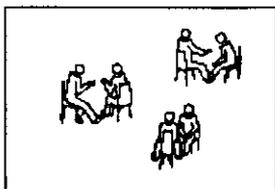
TECNICA DE LA LLUVIA DE IDEAS. Es una forma de trabajo que permite la libre presentación de ideas, sin restricciones ni limitaciones, con el objetivo de producir ideas originales ó soluciones nuevas.

Objetivo. Desarrollar la imaginación creadora, fomentar el juicio crítico sobre algunos problemas ó situaciones, promover la búsqueda de soluciones distintas, facilitar la participación de todos los alumnos con autonomía y originalidad y establecer una atmósfera de ideas y de comunicación que permita la consideración del tema, desde diferentes puntos de vista.

Requisitos. El grupo debe conocer el tema con anticipación y saber cuánto tiempo tiene para este trabajo.

Mecánica. El maestro hará la introducción necesaria, insistiendo en: la forma de trabajar, el tiempo y la importancia del tema. Se nombrará un secretario que vaya anotando las ideas ó críticas, en esto el pizarrón facilitará el trabajo. Cada alumno va expresando libre y espontáneamente las ideas que se le van ocurriendo en relación con el tema, para ello, el maestro ó un coordinador llevarán un orden no permitiendo hablar a varias personas a la vez, ni de un asunto ajeno al tema. Terminado el tiempo para la "creación de ideas", se pasa a la siguiente fase, que será: la crítica, síntesis y conclusión de lo que se expuso por todos los alumnos en el periodo anterior; las anotaciones hechas por el secretario, permitirán conservar las ideas expuestas. Se culmina con las conclusiones y un resumen.

Recomendaciones. La intervención de cada alumno será breve.



CUCHICHEO. Dividir a un grupo en parejas, para tratar un tema ó cuestión en voz baja.

Objetivo. Permite la participación individual y simultánea de todos los integrantes de un grupo en un tema determinado.

Requisitos. Trabajar por parejas y casi en silencio para no interrumpir.

Mecánica. El maestro presenta la pregunta o tema a tratar, aclara el objetivo que se persigue y el tiempo de que se dispone e invita a cada alumno a trabajar con un compañero. Terminado el tiempo, se invita a uno de los integrantes de la pareja a informar por escrito u oralmente al maestro, del resultado de su trabajo.

Variantes. De todos los subgrupos se extraerá la conclusión general; se puede aplicar como motivación y/o evaluación.



TECNICA DEL PANEL. Estudio de un tema por parte de un grupo de alumnos, desde diferentes puntos de vista.

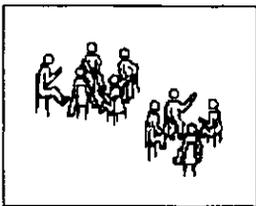
Objetivos. Analiza un tema con el vocabulario propio además de fomenta la investigación y desarrolla diversas capacidades y habilidades del alumno: análisis, síntesis, expresión oral y juicio crítico.

Requisitos. Fijar el objetivo con anticipación. Elegir quiénes van a participar (el grupo junto con el maestro deben decidir), se calcula de 4 a 6. Orientar a los alumnos respecto a dónde y quién puede ayudarles a documentarse

(obras, libros, periódicos, revistas, personas, instituciones). Se debe advertir el tiempo que va a hablar cada uno (de 3 a 8 minutos).

Mecánica. Explicar a los alumnos el objetivo que se pretende alcanzar, cómo se va a desarrollar el trabajo e invitarlos a escuchar; el primer panelista iniciará y durante el tiempo determinado, expondrá la parte del tema ó su punto de vista, terminado el tiempo continuará el segundo y así sucesivamente, al finalizar la exposición global de los panelistas (de 20 a 30 minutos) el grupo hará preguntas, para aclarar conceptos, rectificar dudas y precisar contenidos. El maestro ó un alumno, controlarán este periodo; al terminar, el maestro aplica escalas estimativas correspondientes.

Variantes. El tema puede ser desarrollado por el equipo de panelistas, cada uno trata una parte, ó bien, el mismo tema desde diferentes puntos de vista.

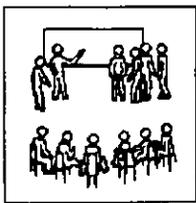


TECNICA DE LOS CORRILLOS. Pequeños grupos (desde dos alumnos hasta grupos de ocho) discuten durante un tiempo determinado un tema ó parte de un tema, hasta llegar a conclusiones. Del informe de todos los grupos se obtienen conclusiones generales.

Objetivos. Enseña a estudiar, favorece el diálogo y compañerismo, fomenta el trabajo en grupos y responsabiliza al alumno de su propio aprendizaje.

Requisitos. Redactar preguntas sobre el tema, que se va a tratar.

Mecánica. El maestro explica a los alumnos en qué consiste esta forma de trabajo, hace la presentación del tema y fija el tiempo de "corrillos" (20 minutos aproximadamente). El maestro o un alumno sugieren las preguntas, alrededor de las cuales dialogarán y analizarán hasta llegar a conclusiones, en el transcurso del ejercicio el maestro pasea por entre los grupos, orientando y supervisando, a la hora señalada todos regresan a sus lugares, y entregan al maestro sus conclusiones, se realiza una evaluación de las mismas y el maestro informa al grupo de los resultados obtenidos (15 a 20 minutos).



TECNICA DEL PHILLIPS 6-6. Trabajo en pequeños grupos de 6 alumnos que permite la participación de todos en un tema determinado.

Objetivos. Permite conocer lo que opina un grupo de 6 ó más personas sobre un tema determinado, en 6 minutos, además de obligar a sintetizar y ser concretos. Desarrolla la capacidad de hablar y expresar sus ideas, aumenta la responsabilidad y conocer otros criterios. Asegura la máxima identificación individual con el problema que se trata y ayuda a obtener rápidamente un acuerdo.

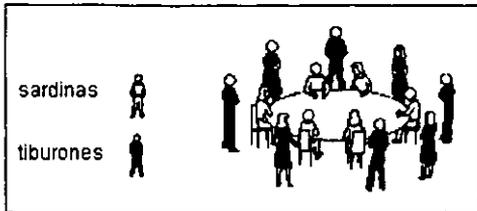
Requisitos. El maestro ó los alumnos, deben elegir una pregunta concreta y clara que sea el centro de trabajo y aclarar el objetivo que se propone con ella.

Mecánica. Explicar a los alumnos en qué va a consistir el trabajo (insistiendo en el tiempo); escribir en el pizarrón, ó en sus cuadernos, la pregunta que se ha preparado (se tienen que insistir en el objetivo, que se pretende alcanzar) y organizar a los alumnos en grupos de 6 donde cada grupo nombrará a su coordinador y secretario, a todo el grupo se le permite un minuto para que cada uno piense la respuesta que también será de un minuto; el coordinador de

cada grupo hará la pregunta a cada uno de sus compañeros y así contestará sucesivamente (en este intercambio se emplearan seis minutos); el secretario va tomando nota de las respuestas, procurando hacer una síntesis fiel de cada intervención, posteriormente se entregan al maestro las respuestas y regresan a sus respectivos lugares.

Evaluación. El maestro da a conocer los resultados en esa misma sesión ó en otra posterior.

Actuación del maestro. Organizar, asesorar, animar, pasear por los grupos para observar y analizar el trabajo que se está desarrollando y ayudar a resolver dudas y problemas.



ACUARIO. Reunión de un grupo que discute sus puntos de vista acerca de un tema, se integra con 6 a 10 personas ("PECES"), ante la observación de otro grupo de 8 a 14 personas ("TIBURONES").

Objetivos. Desarrollar la capacidad de expresar puntos de vista, favorecer el diálogo y la discusión informal,

participar en las discusiones, aprender a escuchar y a hablar y fomentar la intervención democrática.

Requisitos. El maestro elabora las preguntas para "los peces", motivadoras de la discusión y las guías de observación para los "tiburones"; designa a las personas que van a expresar sus puntos de vista y a discutirlos ("peces") y elige a las personas que van a observar cómo se realiza la discusión ("tiburones").

Mecánica. Motivar a los alumnos, indicando el valor y el objetivo de este tipo de trabajo, indicar el lugar y acomodo de los dos grupos y elegir un cronometrista; al terminar el tiempo de observación y discusión, primeramente se exponen las conclusiones obtenidas por los "peces", enseguida, se da lectura a las notas tomadas por "los tiburones", siguiendo la guía de observación.

Evaluación. Se hace la evaluación sobre la forma en que se realizó el trabajo utilizando escalas estimativas.

Actuación del maestro. Organizar, asesorar, animar, observar.

Sugerencias. Puede servir para: motivar a los participantes en un curso, realizar una evaluación de diagnóstico y elaborar una síntesis al terminar una unidad, un cursillo o un seminario.



ESTADO MAYOR. Un pequeño grupo asesora a uno de los participantes, el cual tiene como responsabilidad tomar una decisión final, después de haber escuchado las opiniones de los demás.

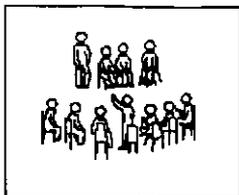
Objetivos. Entrenar para la toma de decisiones, ayudar a reunir material para asesorar un tema, una propuesta, un proyecto y despertar la necesidad de buscar asesorías.

Requisitos. El grupo se divide en subgrupos de 6 a 8 alumnos (cada subgrupo funcionará como un servicio de estado mayor), se plantea a cada subgrupo un problema concreto y bien definido y se fija el tiempo.

Mecánica. Cada subgrupo se reúne y elige un comandante el cual hace una apreciación de la situación, fija pautas y posibles orientaciones, señala el tiempo para el estudio. Cada uno de los integrantes del subgrupo del estado mayor, delibera y estudia el asunto, sin la intervención del "comandante", comparan soluciones y con la aportación de todos, se redactan las proposiciones y/o conclusiones; las conclusiones son presentadas a su comandante respectivo, el cual toma su resolución. Cada uno de los integrantes colabora en la redacción final de la orden. Se reúnen todos los

subgrupos y cada comandante da a conocer las resoluciones adoptadas, entre todos se trata de llegar a la solución más adecuada.

Evaluación. Se hace una evaluación sobre la forma de trabajo llevada a cabo, utilizando escalas estimativas.



TECNICA DEL DEBATE. Es la técnica que permite la intervención de todos los alumnos sobre determinados puntos de vista ó tesis presentados por los compañeros.

Objetivos. Permitir la crítica sana, solucionar dudas, fomentar en el alumno un juicio crítico, participar en las discusiones, aprender a escuchar y a hablar y fomentar la intervención democrática.

Requisitos. Designar a cuatro alumnos que presentarán sus puntos de vista y los mismos serán discutidos; señalar la bibliografía adecuada, para los ponentes, oponentes y para todo el salón, determinar el tema de estudio, explicar al salón en qué consiste esta forma de trabajo y reunirse en dos grandes grupos. El maestro señalará el tema y la bibliografía para todo el salón.

Mecánica. Los dos sectores de opinión eligen dos representantes ante el grupo en general, un sector será el de la tesis y el otro sector será el que refute dicha tesis. Se hace la reunión de los dos sectores por separado para estudiar el tema y decidir quiénes los van a representar; el sector del salón que le toca exponer la tesis, presenta a dos compañeros que serán los indicados para hablar ante el salón, exponiendo su tesis, cada uno lo hará por separado (6 minutos a cada uno), terminada esta primera fase, el otro equipo presenta a sus dos compañeros que refutarán el tema presentado, lo harán por separado (4 minutos cada uno); todo este tiempo un secretario en el pizarrón va anotando los puntos de vista que proponen o las conclusiones a que se llegue (las tesis de un lado, del otro, las oposiciones), enseguida, todo el grupo tiene la oportunidad de intervenir durante 20 minutos, para argumentar sobre la tesis o las oposiciones. El maestro controlará este debate, el secretario anotará al final si se aprueba por todo el salón la tesis o la réplica. En este periodo el maestro debe ser muy cuidadoso, para evitar monopolio de algunos, ó discusiones fuera de lugar. Se finaliza con la lectura de las conclusiones obtenidas por todo el salón y con unas palabras del maestro en forma de estímulo.



SIMPOSIO. Un equipo de expertos desarrolla diferentes aspectos de un tema ó problema, en forma sucesiva ante el grupo.

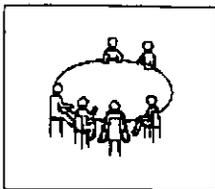
Objetivos. Obtener información autorizada y adecuada sobre los diversos aspectos de un mismo tema además de sumar información, para aportar conocimientos especializados a los alumnos u oyentes.

Requisitos. Se elige el tema y se nombra un coordinador, determinar los aspectos que se tratarán, seleccionar los expositores (3 a 6). Cada uno tratará un aspecto del tema; se recomienda tener una reunión previa de planificación.

Mecánica. El coordinador presenta a los expositores el tema y su importancia, los objetivos que se pretenden alcanzar y cuál será la mecánica del trabajo, el primer expositor inicia su información, aproximadamente en 15 minutos y así sucesivamente lo hará cada uno de los integrantes de la mesa (no debe excederse de 40 minutos) y el coordinador hace una breve síntesis.

Variantes. Se permite la intervención del público para hacer preguntas a un expositor, sin dar lugar a discusión.

Advertencia. Se parece a la técnica del panel con la diferencia de que un simposio se caracteriza por ser más formal; la exposición de cada "experto" es más larga, y generalmente precede a la realización de una o varias actividades, lo importante es que el tema sea visto con profundidad abarcando todos sus aspectos.

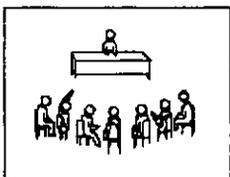


MESAS REDONDAS Y SEMINARIO. Investigación profunda de un tema en forma individual para ser enriquecido con aportaciones de los demás miembros del grupo.

Objetivos. Analizar más a fondo algún tema y la participación de los miembros de un grupo en su aprendizaje con lo cual se obtendrán conclusiones valiosas.

Requisitos. Fijar el tema con tiempo, preparar preguntas guía (se les puede pedir a los mismos alumnos o bien, el maestro puede hacerlas), explicar a los alumnos en qué consiste este trabajo y proporcionar las indicaciones necesarias y fijar el tiempo aproximado de la discusión, de la investigación, de la exposición.

Mecánica. Indicar el tema, subtemas y aspectos en los que se debe centrar la investigación y la discusión, motivar a los alumnos, indicando el valor y objetivo de este tipo de trabajo, revisar la técnica de la investigación documental, formar los grupos de trabajo por elección, simpatía ó sorteo, indicar lugares para cada mesa, elegir un coordinador y un secretario para la mesa redonda, distribuir las preguntas para la discusión; al iniciar el trabajo en la mesa redonda. El coordinador hará la primera pregunta invitando a que alguien la conteste (pedir más intervención sobre la misma), sucesivamente se analizarán las otras preguntas. El secretario tomará nota de los aspectos importantes y se entregarán las conclusiones cuando el tema se haya agotado. El maestro revisará las conclusiones, deberá evaluarlas y dará a conocer a los alumnos el resultado. En el seminario cada alumno expone lo investigado, sus aportaciones y las conclusiones obtenidas, evitando que haya repeticiones.



ENTREVISTA O DEMOSTRACION PUBLICA. Un experto es interrogado por un miembro del grupo, ante el auditorio y sobre un tema prefijado.

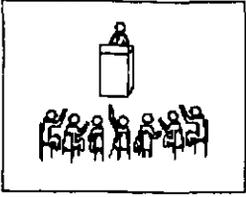
Objetivos. Permitir obtener información, opiniones, conocimientos especializados y la actualización de un tema, además de evaluar el aprendizaje.

Requisitos. Elegir al experto y al entrevistador, designado el entrevistador, se le da a conocer los aspectos o puntos especiales para que los desarrolle ante el grupo. Se elige a un "maestro de ceremonias" que hará las presentaciones necesarias.

Mecánica. El maestro de ceremonias hace la presentación de las personas y de los objetivos que se pretenden. El interrogador formula la primera pregunta y el experto contesta, iniciándose un diálogo flexible y dinámico. Al final el entrevistado puede hacer una síntesis de lo que abarcó en las respuestas.

Sugerencias. El "experto" puede ser un maestro invitado ó un alumno que se prepare.

Variantes. En lugar de una sola persona puede invitarse a un equipo.



FORO ABIERTO. El grupo en su totalidad discute informalmente un tema, hecho ó problema, conducido por un coordinador.

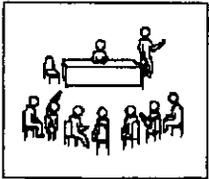
Objetivos. Permite la libre expresión de ideas y opiniones a todos los integrantes de un grupo.

Requisitos. Nombrar un moderador ó coordinador, quien se encargará de controlar la participación espontánea, imprevista y heterogénea de los

alumnos, permitir un tiempo limitado para cada expositor (de una a tres minutos), que no se aparten del tema y fijar las reglas del juego (levantar la mano para pedir la palabra, centrarse en el problema y evitar toda referencia personal). Se integra la mesa con uno varios "expertos" quienes contestarán las preguntas. Se lleva a cabo después de una clase, proyección o mesa redonda.

Mecánica. Se explica el problema o tema que se va a debatir, se señalan los principios o criterios a que se han de sujetar los participantes. Las preguntas pueden escribirse en papeletas y serán llevadas al frente para que sean contestadas por uno ó varios expertos. Distribuir el uso de la palabra por orden (aquí es donde interviene el moderador). Al terminar el tiempo previsto de 30 minutos máximo, se hace una síntesis ó reporte de lo expuesto y se extraen conclusiones.

Sugerencias. Se puede realizar después de una unidad en cualquier área y/o asignatura.



ASAMBLEA. Es una reunión típica para informar abiertamente a un público sobre determinado tema, aceptando sugerencias e intervenciones de los oyentes.

Objetivos. Favorecer la comunicación y participación de los alumnos en la organización interna del grupo, capacitar a la persona para una fecunda participación en reuniones públicas y realizar evaluaciones.

Requisitos. Organizar previa de las comisiones, definiendo los objetivos e integrantes de cada una de ellas y nombrar un coordinador ó maestro de ceremonias. Cada comisión presentará su plan de trabajo para su correspondiente revisión al maestro.

Mecánica. El locutor presenta a la asamblea los personajes que presiden la reunión, dirige un saludo de bienvenida a los presentes y señala los objetivos de la reunión. La máxima autoridad presente, dirige unas palabras al público y declara abiertos los trabajos. El coordinador nombra al primer alumno, quien desarrolla su tema ó realiza la actividad que le corresponde; así sucesivamente se desarrolla el programa organizado. La asamblea escucha y sus intervenciones serán al finalizar.

Variantes. Después de los temas escuchados, se procede a la discusión particular de los mismos, por medio del trabajo en mesas redondas. También pueden presentarse preguntas después de las exposiciones. En cualquier forma, la asamblea debe conocer las conclusiones y acuerdos a que se llegue.

1.3. RECOMENDACIONES GENERALES AL MAESTRO.

- ❖ Ayudar al aprendizaje personal de cada alumno, con explicaciones claras, precisas, siempre que sea necesario.
- ❖ Orientar a los alumnos que de modo pueden profundizar en los temas tratados por medio de actividades especialmente diseñadas para el caso, o bien invite a dichos alumnos a que elijan ellos mismos el tema que han de profundizar y la forma de desarrollarlo.
- ❖ Favorecer un ambiente de colaboración mutua en el trabajo.
- ❖ Mientras los alumnos trabajan, el maestro: observa el ambiente y clima de trabajo, orienta al alumno que lo solicita, analiza los trabajos que se están realizando, coordina las actividades de los equipos, anima y dirige las dinámicas de grupo, explica e informa a todo el grupo cuando sea necesario.
- ❖ El maestro debe transferir a los alumnos la responsabilidad del aprendizaje.

Referencias

- (1) Bases Didácticas Educación Dinámica. María Rita Ferrini. Editorial Progreso, S.A. DE C.V.. México. 1998.
- (2) Compendio de Didáctica General. Alves de Mattos Luiz. Editorial Kapelusz. México. 2a. Edición.
- (3) Didáctica integral. Bolaños Martínez Víctor Hugo. Editorial Porrúa. México. 1a. Edición.
- (4) Didáctica Normativa y Practica Docente. Nervi Juan Ricardo. Editorial Kapelusz. México. 1a. Edición.
- (5) Didáctica y Practica de la Enseñanza. Arruada Penteado José. Mc Graw Hill de México. México. 1a. Edición.
- (6) La Interacción Didáctica. Delamont Sara. Ed. Kapelusz. México. 1a. Edición,

TEMA 1
SITUACIÓN ACTUAL EN MÉXICO

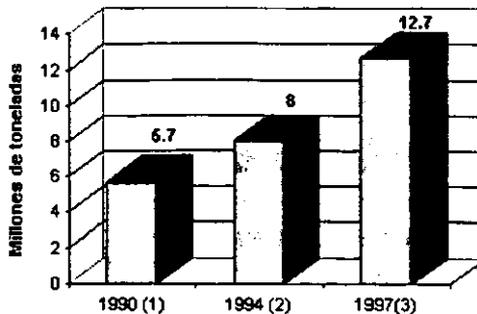
La mayoría de los procesos industriales, utilizan materias primas para obtener productos finales con valores de mercado positivos, mediante procesos que básicamente separan, transforman y purifican los insumos. En estos, se presentan salidas intermedias en forma de residuos, que tienen características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas o inflamables, los cuales están incluidos en la clasificación de residuos industriales peligrosos.

En ocasiones, la industria los ha manejado mediante su disposición en terrenos baldíos o sitios abandonados en forma clandestina y sin ningún control, por lo que no existen datos precisos del volumen y del tipo de residuos peligrosos generados, solo se tienen datos de aquellas empresas que presentan el Manifiesto de Generación y Manejo de Residuos Peligrosos.

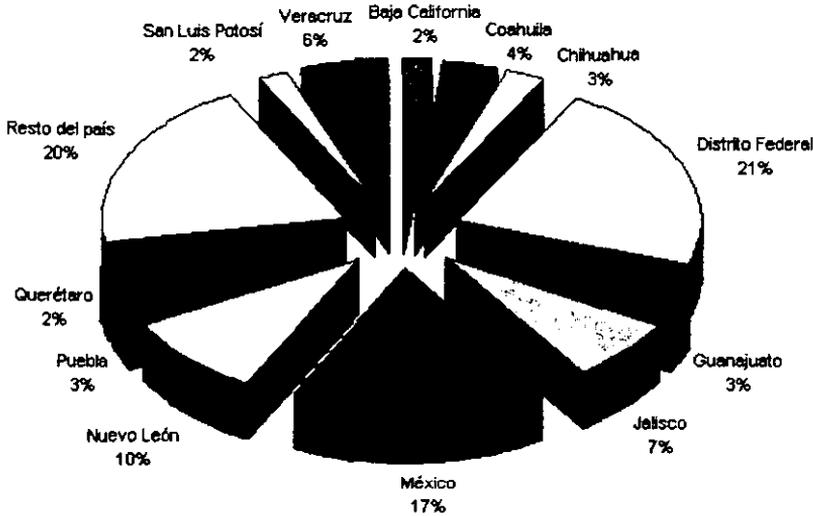
A continuación se presentarán algunas gráficas que contienen datos relacionados con los Residuos Peligrosos, los cuales nos mostrarán de forma general la situación que impera en nuestro país, estas gráficas provienen de la página en Internet del INE <http://www.ine.gob.mx>.

GENERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS A NIVEL NACIONAL

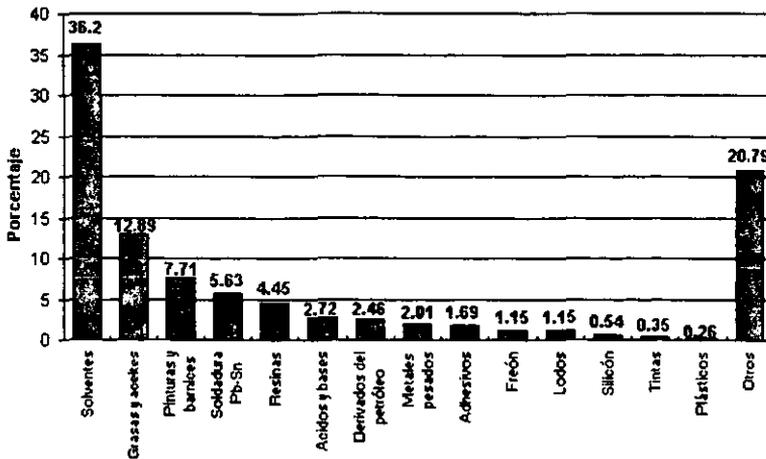
Las cantidades generadas de residuos peligrosos a nivel nacional son como se muestra a continuación (no incluyen iales mineros, en los cuales se calcula que se producen entre 300 mil y 500 mil toneladas diarias).



PRINCIPALES ESTADOS GENERADORES DE RP
(Estimación basada en el PIB de la industria manufacturera)

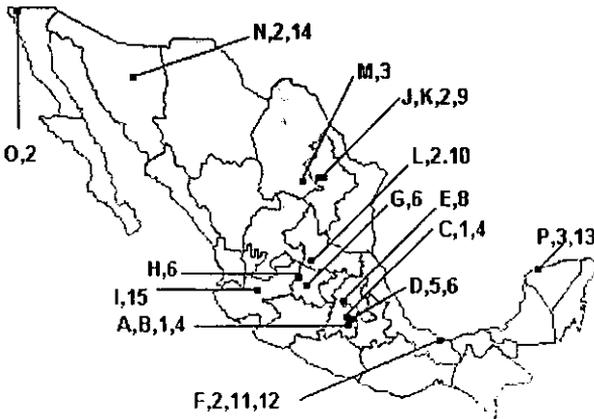


GENERACION DE RESIDUOS PELIGROSOS POR TIPO.
Porcentaje por tipo de residuo



SITIOS AFECTADOS POR DISPOSICIÓN INADECUADA DE RESIDUOS PELIGROSOS.

La disposición de residuos peligrosos en el suelo sin ningún tipo de control ha planteado importantes riesgos a la población, así como de contaminación de acuíferos por lixiviación. Muchos de estos sitios se encuentran cercanos a centros de población o vías generales de comunicación; en este indicador, se muestran los sitios identificados con mayor impacto por la disposición inadecuada de residuos.



UBICACIÓN	
MUNICIPIO O DELEGACIÓN	ENTIDAD FEDERATIVA
A Miguel Hidalgo	Distrito Federal
B Azcapotzalco	Distrito Federal
C Ecatepec	México
D Tultitlán	México
E Tula	Hidalgo
F Coatzacoalcos	Veracruz
G Salamanca	Guanajuato
H San Francisco del Rincón	Guanajuato
I Guadalajara	Jalisco
J Santa Catarina	Nuevo León
K Monterrey	Nuevo León
L San Luis Potosí	San Luis Potosí
M Saltillo	Coahuila
N Cumobabi	Sonora
O Tijuana	Baja California
P Progreso	Yucatán

TIPO DE CONTAMINANTE	
1.	Hidrocarburos, metales pesados y BC's
2.	Plomo
3.	Diesel
4.	Solventes
5.	Acido fosfórico, hexametáfosfato, tripolfosfato, carbonato de sodio
6.	Cromo
7.	Agroquímicos y azufre contaminado
8.	Catalizadores gastados con agroquímico
9.	Combustible
10.	Arsénico
11.	Azufre líquido, aceites, solventes y lodos con cromo
12.	Fosfoyeso (cales fosforadas)
13.	Gasolina
14.	Cadmio
15.	Hidrocarburos

INFRAESTRUCTURA INSTALADA PARA EL MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS

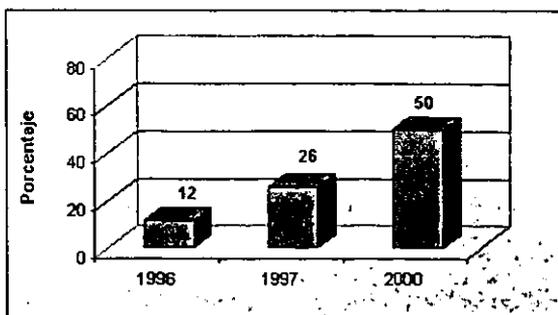
La infraestructura existente en México para el manejo de residuos peligrosos es muy limitada; insuficiente para procesar los millones de toneladas que se generan cada año. Las razones de este rezago radican en parte en el tiempo insuficiente de maduración que ha tenido la política ambiental, así como en la carencia de actividades de promoción industrial y en la falta de mecanismos imaginativos de financiamiento.

Las actividades desarrolladas en la actualidad para el control de los residuos peligrosos, se listan a continuación: Confinamientos, Reciclaje de solventes, Reciclaje de aceites, Reciclaje energético de residuos combustibles. Exportación de aceites contaminados con BPC. Reciclaje de residuos con elementos metálicos.

17	Empresas para el reciclaje de solventes usados
9	Empresas para el manejo de aceites lubricantes usados
6	Empresas para almacenamiento temporal
2	Confinamientos controlados de residuos peligrosos de servicio público
2	Confinamiento de residuos peligrosos de servicio privado
3	Incineradores de residuos peligrosos de servicio privado
5	Empresa para el reciclado de metales
22	Empresas de tratamiento in situ de residuos peligrosos
71	Empresas para recolección y transporte de residuos peligrosos
3	Empresas para la formulación de combustible alternativo
3	Empresas cementeras para la recuperación de energía alternativa a partir de residuos peligrosos
2	Empresas de reuso de tambores metálicos
4	Empresas de rehabilitación de sitios contaminados por residuos peligrosos
1	Empresa de tratamiento de aceites contaminados con BPCs

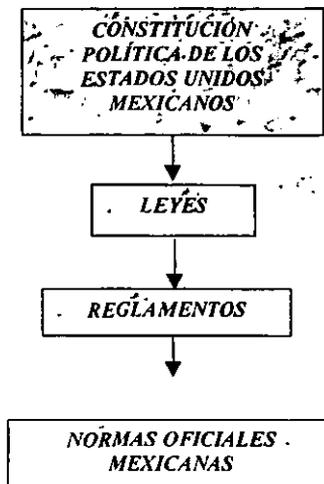
ESTIMACIÓN DE RP GENERADOS, QUE SON MANEJADOS ADECUADAMENTE.

Situación actual y proyección de la capacidad instalada para el manejo de los residuos peligrosos



TEMA 2
MARCO JURIDICO

SISTEMA LEGAL EN MÉXICO



LEY GENERAL DE EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE (LGEEPA)

Los residuos peligrosos son regulados de manera específica por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA, publicada en el Diario Oficial de la Federación, el 28 de enero de 1988 y reformada el 13 de diciembre de 1996). Esta ley, en su título 1, artículo 3º fracción XXVII, define residuos peligrosos como "todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas, infecciosas o irritantes representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente".

Las disposiciones de la LGEEPA en materia de Residuos Peligrosos especifican que la regulación de las actividades relacionadas con materiales o residuos peligrosos es de índole federal y faculta a la SEMARNAP (Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca) a quien compete la regulación, autorizaciones y vigilancia de todas las actividades relacionadas con Materiales o Residuos Peligrosos, dentro de las cuales se pueden mencionar el evaluar el impacto ambiental tratándose de instalaciones de tratamiento, confinamiento o eliminación de residuos peligrosos, determinar y publicar en el Diario Oficial de la Federación los listados de materiales y residuos peligrosos, dar las autorizaciones para la instalación y operación de sistemas para la recolección, transporte, alojamiento, rehuso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final de residuos peligrosos, así como el control, vigilancia y autorizaciones en todo lo que se refiere a importación y exportaciones de materiales y residuos peligrosos.

REGLAMENTO GENERAL EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS

En apoyo a la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 25 de noviembre de 1988, el Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Residuos Peligrosos, el cual rige en todo el territorio nacional, y donde indica que las autoridades del DF, las de los estados y municipios podrán participar como auxiliares de la Federación en la aplicación de este reglamento.

Este reglamento se divide en 5 capítulos generales en donde se tratan las disposiciones generales (artículos 1 al 6), generación (artículos 7 y 8), manejo (artículos 9 al 42), importación y exportación (artículos 43 al 57) de los residuos peligrosos, además de las medidas de control de seguridad y sanciones (artículos 58 al 63) sobre ellos.

Algunos de los aspectos relevantes que trata este reglamento son la regulación del transporte, el almacenamiento, la recolección y la disposición final de estos residuos, así como los sitios destinados para su confinamiento. En esta reglamento se indica que es plena responsabilidad del generador de residuos peligrosos determinar si éstos lo son o no, el de presentar su manifiesto de impacto ambiental al generar este tipo de residuos, además establece el registro de carácter obligatorio del generador de residuos. Se indican las responsabilidades del generador en cuanto al almacenamiento y al transporte de los residuos peligrosos, condiciones que se deben cumplir, requisitos para las áreas de almacenamiento, programas de capacitación de manejo, incompatibilidad de almacenar varios residuos peligrosos, programas de manejo de éstos. etc., de igual manera se toca lo referente a la importación y exportación de residuos peligrosos a nuestro país. Indica, entre otros aspectos relacionados, que se dará autorización a la importación de residuos peligrosos cuando esto tenga como objeto el reciclaje o rehuso en el territorio nacional, así como también que no se concederá autorización para la importación de residuos peligrosos, cuyo único objeto sea su disposición final en el país.

NORMAS OFICIALES MEXICANAS

Por último, en la jerarquía legal, se encuentran las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en materia de residuos peligrosos, que son promovidas por la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, y en las cuales, se establecen concretamente los parámetros referentes a los residuos de esta naturaleza, las definiciones pertinentes, la lista de los que son considerados como tales, lo que hace a un residuo peligroso, etc. Se entiende por Norma Oficial Mexicana, según el artículo 36 de la LGEEPA, el conjunto de reglas científicas o tecnológicas emitidas por la SEMARNAP, que establezcan los requisitos, especificaciones, condiciones, procedimientos, parámetros y límites permisibles que deberán observarse en el desarrollo de actividades o uso y destino de bienes, que causan o puedan causar desequilibrio ecológico o daño al ambiente y, además, que uniformen principios, criterios, políticas y estrategias en la materia. El objetivo de dichas normas es determinar los parámetros dentro de los cuales se garanticen las condiciones necesarias para el bienestar de la población y para asegurar la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente. Para la regulación de todo lo referente a la materia de residuos peligrosos.

DERECHO AMBIENTAL INTERNACIONAL

Entre el 26 y el 28 de Mayo de 1993, el Banco Interamericano de Desarrollo, conjuntamente con el Ministerio de Relaciones Exteriores de Chile, llevo a cabo el "Seminario sobre Derecho Ambiental y Legislación en América Latina y el Caribe: Ejecución del Programa 21 y las Convenciones/Ambientales Internacionales". El objetivo fue convocar un foro donde expertos jurídicos en el campo del medio ambiente pudiesen explorar y examinar los retos que la Agenda 21 y otras importantes convenciones conllevaban. A continuación se presentarán algunos de los temas referentes a Materiales y Residuos Peligrosos presentados ahí.

Convenio de Basilea Sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación. (Adoptado en Basilea, Suiza, el 22 de marzo de 1989)

Algunos de los principios son: Reducir al mínimo la generación de desechos peligrosos, teniendo en cuenta los aspectos sociales, tecnológicos y económicos. Establecer instalaciones adecuadas de eliminación para el manejo ambientalmente racional de los desechos peligrosos. Vigilar que las personas que participen en el manejo de los desechos peligrosos, adopten las medidas necesarias para impedir que ese manejo dé lugar a una contaminación y en caso de que se produzca, reducir al mínimo sus consecuencias sobre la salud humana y el medio ambiente. Vigilar que los movimiento transfronterizo de los desechos peligrosos y otros desechos se reduzca al mínimo compatible con un manejo ambientalmente racional y eficiente de ellos. Impedir la importación de desechos peligrosos si tiene razones para creer que tales desechos no serán sometidos a un manejo ambientalmente racional y no permitir la exportación de desechos peligrosos y otros desechos para su eliminación. Exigir que los desechos peligrosos y otros desechos que sean objeto de un movimiento transfronterizo se embalen, etiqueten y transporten de conformidad con los reglamentos y normas internacionales.

Programa 21. Establecimiento de un Marco Jurídico y Reglamentario Eficaz. (Aprobado en su 19ª sesión plenaria por Resolución 1 de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Río de Janeiro, Brasil, 14 de junio de 1992)

Agenda 21, es el plan de acción sobre desarrollo ambiental, social y económico sustentable que fue aprobado durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD). Las decisiones tomadas por los gobiernos participantes en la CNUMAD y reflejadas en Agenda 21 constituyen un plan a largo plazo en cuanto a la acción global, regional y nacional necesaria para la incorporación del rubro del medio ambiente en el proceso de desarrollo económico y social. La ejecución de Agenda 21 significa cambios radicales en las instituciones y las políticas de los países. Además, presupone la creación de un marco jurídico e institucional adecuado en cada país como requisito fundamental para alcanzar los objetivos trazados en ella.

Declaración de Río Sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. (Aprobada durante la 19ª sesión plenaria por Resolución 1, del 14 de junio de 1992, de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo).

En esta Declaración se dan 27 principios con el objetivo de establecer una alianza mundial mediante la creación de nuevos niveles de cooperación entre los Estados, sectores clave de la sociedad y las personas, procurando alcanzar acuerdos internacionales en los que se respeten los intereses de todos y se proteja la integridad del sistema ambiental y de desarrollo mundial. Algunos de principios que nos conciernen de acuerdo a la temática tratada son los siguientes:

Principio 2. Los Estados tienen el derecho soberano de aprovechar sus propios recursos según sus propias políticas ambientales y de desarrollo y la responsabilidad de velar por que las actividades realizadas dentro de su jurisdicción o bajo su control no causen daños al medio ambiente de otros Estados o de zonas que estén fuera de los límites de la jurisdicción nacional.

Principio 11. Los Estados deberán promulgar leyes eficaces sobre el medio ambiente. Las normas, los objetivos de ordenación y las prioridades ambientales deberían reflejar el contexto ambiental y de desarrollo al que se aplican.

Principio 16. Las autoridades nacionales deberían procurar fomentar la internalización de los costos ambientales y el uso de instrumentos económicos, teniendo en cuenta el criterio de que el que contamina debe, en principio, cargar con los costos de la contaminación.

Principio 17. Deberá emprenderse una evaluación del impacto ambiental, en calidad de instrumento nacional, respecto de cualquier actividad propuesta que probablemente haya de producir un impacto negativo considerable en el medio ambiente y que esté sujeta a la decisión de una autoridad nacional competente.

Metas y principios de la evaluación del impacto ambiental. (Adoptada por decisión 14/25, del Consejo de Administración del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), del 17 de junio de 1987)

La evaluación del impacto ambiental es el examen, análisis y evaluación de una actividad planeada con miras a lograr un desarrollo que desde el punto de vista del medio ambiente sea adecuado y sostenible algunos de sus principios son los siguientes:

Principio 1. Los Estados (incluidas sus autoridades competentes) no deben emprender ni autorizar actividades sin considerar previamente, lo antes posible, sus efectos ambientales.

Principio 2. Los criterios y procedimientos para determinar si es probable que una actividad afecte considerablemente al medio ambiente y esté por tanto sujeta a una evaluación del impacto ambiental deben quedar claramente definidos por leyes, reglamentos u otros medios, de modo que puedan identificarse las actividades en cuestión con rapidez y seguridad y que pueda emprenderse la evaluación del impacto ambiental cuando se planifique la actividad.

TEMA 3

CLASIFICACIÓN DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS

Uno de los países que más contribuyen a la generación y comercio internacional de productos químicos y con el cual México tiene un activo intercambio comercial es Estados Unidos de Norteamérica. Así que de manera comparativa, en E.U.A., la Agencia de Protección Ambiental, conocida como EPA, es la encargada de expedir las leyes que regulan el manejo de los residuos peligrosos desde la generación hasta su disposición final y define en el Código de Reglamentos Federales (Code of Federal Regulations) título 40, Volumen 17, Parte 261, secc. 261.3. un residuo peligroso de la siguiente manera:

Un residuo se considera peligroso si:

No está incluido en las excepciones que establece en el Código de Reglamentos Federales (CFR) título 40, Volumen 17, Parte 261, secc. 261.4.

Exhibe alguna de las características de los residuos peligrosos en términos de inflamabilidad, corrosividad, reactividad o toxicidad, que se establecen en el Código de Reglamentos Federales (CFR) título 40, Volumen 17, Parte 261, secc. 261.20 a la 261.24. (subparte C)

Contiene cualquiera de los elementos que aparecen en la lista de constituyentes peligrosos que elaboró la EPA en el Código de Reglamentos Federales (Code of Federal Regulations, CFR), título 40, Volumen 17, Parte 261, secc. 261.30 a la 261.35. (subparte D).

CARACTERÍSTICAS QUE HACEN A UN RESIDUO PELIGROSO

En México, la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993 (ANTES NOM-CRP-001-ECOL/93), establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

Se consideran peligrosos aquellos residuos que presentan una o más de las siguientes características:

1. Corrosividad. Un residuo se considera peligroso por su Corrosividad cuando: 1) En estado líquido o en solución acuosa presenta un pH menor o igual a 2.0, o mayor o igual a 12.5. 2) En estado líquido o en solución acuosa y a una temperatura de 55° es capaz de corroer el acero al carbón (SAE 1020), a una velocidad de 6.35 milímetros o más por año.

2. Reactividad. Un residuo se considera peligroso por su reactividad cuando: 1) Bajo condiciones normales (25 °C y 1 atm), se combina o polimeriza vigorosamente. 2) En condiciones normales (25 °C y 1 atm), cuando se pone en contacto con agua en relación (residuo-agua) de 5:1, 5:3, 5:5 reaccionan violentamente formando gases, vapores o humos. 3) Bajo condiciones normales (25 °C y 1 atm), cuando se ponen en contacto con soluciones de pH: ácido (HCl 1.0 N) y básico (NaOH 1.0 N), en relación (residuo-solución) de 5:1, 5:3, 5:5 reacciona violentamente formando gases, vapores o humos. 4) Posee en su constitución cianuros o sulfuros que cuando se exponen a condiciones de pH entre 2.0 y 12.5 pueden generar gases, vapores o humos tóxicos en cantidades mayores a 250 mg de HCN/Kg de residuos o 500 mg de H₂S/Kg de residuo. 5) Es capaz de producir radicales libres.

3. Explosividad. Un residuo se considera peligroso por su explosividad cuando: 1) Tiene una constante de explosividad igual o mayor a la del dinitrobenceno. 2) Es capaz de producir una reacción o descomposición detonante o explosiva a 25°C y a 1.03 Kg/cm² de presión.

4. Toxicidad al ambiente. Un residuo se considera peligroso por su toxicidad al ambiente: 1) Cuando se somete a la prueba de extracción para toxicidad conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-053-ECOL-1993 (antes NOM-CRP-002-ECOL/1993), el lixiviado de la muestra representativa que contenga cualquiera de los constituyentes listados en las tablas 5, 6 y 7 (anexo 5) en concentraciones mayores a los límites señalados en dichas tablas.

5. Inflamabilidad. Un residuo se considera peligroso por su inflamabilidad cuando: 1) En solución acuosa contiene más del 24% de alcohol en volumen. 2) Es líquido y tiene un punto de inflamación inferior a 60°C. 3) No es líquido, pero es capaz de causar fuego por fricción, absorción de humedad o cambios químicos espontáneos (a 25°C y a 1.03 Kg/cm²). 4) Se trata de gases comprimidos inflamables o agentes oxidantes que estimulen la combustión

6. Biológico-Infecioso. Un residuo se considera peligroso por sus características Biológico-Infeciosas cuando: 1) Cuando el residuo contiene bacteria, virus u otros microorganismos con capacidad de infección. 2) Cuando contiene toxinas producidas por microorganismos que causen efectos nocivos a seres vivos.

CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS.

Clasificación por medio de las operaciones y procesos unitarios. La industria comprende múltiples actividades propias de cada rama en particular y debe entenderse como un sistema complejo de procesos, que al operar, utiliza innumerables materias primas y genera en consecuencia, una gran variedad de residuos. Durante los procesos industriales se tienen salidas intermedias en forma de residuos antes de obtener un producto final con valor de mercado positivo. Las fuentes principales de estos residuos están en los procesos de separación, transformación y purificación que deben aplicarse a las corrientes de materiales. Cualequier proceso de transformación, separación o purificación puede ser dividido en lo que la ingeniería denomina operaciones unitarias; muchas de ellas han sido estudiadas extensamente y están claramente definidas y descritas en la literatura técnica. Tales operaciones unitarias se insertan en diferentes procesos industriales manteniendo sus principios básicos, aunque varíe en cada proceso su dinámica y la corriente de materiales. La caracterización de las operaciones unitarias permite entender la lógica de generación de residuos de manera integrada a los procesos industriales. las principales operaciones y procesos unitarios son: absorción, adsorción, centrifugación, condensación, cristalización, decantación, decapado, destilación, electrodeposición, evaporación, extracción, filtración, flotación, fundición, intercambio iónico, molienda, prensado, reacción, secado, sedimentación, teñido y tratamiento de aguas. Con base en ellas es posible clasificar a los residuos de la siguiente manera: aguas de proceso, arenas, tierras, polvos, breas, cabezas, colas, carbón activado, catalizadores, disolventes, efluentes tratados, envases y empaques, escorias, líquidos residuales de procesos, lodos, materiales de relleno contaminados, lubricantes gastados, residuos de proceso, sólidos residuales y soluciones gastadas.

Clasificación de los residuos peligrosos de acuerdo con la NOM-052-ECOL-1993. Los residuos considerados como peligrosos se muestran en esta Norma en forma de tablas que se describen a continuación.

La Tabla 1 contiene la clasificación por Giro Industrial y Proceso. Para un mejor control se tienen 5 columnas, la primera columna nos da el número de giro, la segunda el Giro Industrial y el proceso, la tercera la clave CRETIB, la cuarta nos da el nombre del residuo peligroso y la última tabla un No. que se le da a cada uno de los residuos peligrosos para su identificación. La Tabla 2 nos da la clasificación de Residuos Peligrosos en función de la fuente no específica, también aquí se tienen 5 columnas, la primera columna el número de la fuente, la segunda el nombre de ella, la tercera la clave CRETIB, la cuarta el residuo peligroso y la quinta el número de identificación correspondiente a cada residuo peligroso. La tabla 3 clasifica a los residuos de materias primas consideradas como peligrosas en la producción de pinturas, de la misma forma que lo hace en las anteriores clasificaciones. La tabla 5 nos da las características de lixiviados que hacen peligroso a un residuo por su toxicidad al ambiente. Esta lista consta de tres columnas correspondientes al número asignado por el INE (Instituto Nacional de Ecología), constituyente orgánico o inorgánico y concentración máxima permitida (mg/l). La tabla 6 nos da los constituyentes orgánicos volátiles que hacen a un residuo peligroso, la concentración máxima permitida y el número del INE correspondiente.

Con toda esta información y un diagrama como guía, se puede identificar si un residuo es o no peligroso.

Clasificaciones de los residuos peligrosos en E.U.A.. Para que en E.U.A. se catalogue a un residuo como peligroso, debe ocurrir una de dos cosas:

1. Se realiza una prueba de laboratorio en donde se verifica si el residuo exhibe las características nombradas que lo hacen peligroso, por ejemplo toxicidad, inflamabilidad, reactividad, corrosividad, etc.
2. Si el residuo se encuentra en una lista condensada por el gobierno ya sea porque el residuo es ya conocido o se sospeche peligroso por poseer un potencial para exhibir las características ya mencionadas.

En el título 40 Parte 261 secc. 261.30 del CFR se dan las listas de residuos que se consideran peligrosos (estas listas están supeditadas a las excepciones nombradas a través de todo el título). La secc. 261.31 nos da una tabla donde se hace la clasificación de los Residuos Peligrosos provenientes de fuentes no específicas; se tienen tres columnas donde la primera nos da el número designado por la EPA para el conjunto de residuos peligrosos que se enlistan en la columna dos y la tercera columna nos da el código de riesgo (Ignitable Waste (I), Corrosive Waste (C), Reactive Waste (R), Toxicity Characteristic Waste (E), Acute Hazardous Waste (H), Toxic Waste (T)). La sección 261.32 nos enlista los Residuos Peligrosos en función de las fuentes específicas, subdividiendo la tabla en tres columnas donde la primera nos da el nombre de la industria y el número que le asigna la EPA a un conjunto de Residuos Peligrosos en enlistados en la segunda columna y la tercera nos da el código de riesgo. La sección 261.33 nos da una lista de productos químicos que dependiendo de las especificaciones y circunstancias descritas en el mismo apartado, se consideran Residuos Peligrosos. La tabla contiene 3 columnas donde la primera nos da el número designado para cada Residuo Peligroso, en la segunda nos da en número del Chemical Abstract y la tercera el nombre de la substancia.

Clasificación de residuos peligrosos de acuerdo al Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos.

Considerando sus características, las substancias peligrosas se clasifican en:

CLASE	DENOMINACION
1	Explosivos.
2	Gases comprimidos, refrigeradores, licuados o disueltos a presión.
3	Líquidos inflamables.
4	Sólidos inflamables.
5	Oxidantes y peróxidos orgánicos.
6	Tóxicos agudos (venenos) y agentes infecciosos.
7	Radioactivos.
8	Corrosivos.
9	Varios.

En el Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos, se describen cada una de estas clases y sus correspondientes divisiones.

TEMA 4 ANÁLISIS DE RIESGOS

Desde el origen del hombre y en toda su actividad, se ha tenido asociado un riesgo, es decir, una probabilidad de que se presente un evento que cause descontrol de la situación, pérdidas de personas y daños a bienes o ambiente que los rodea. Los riesgos industriales graves suelen estar relacionados con la posibilidad de incendio, explosión o dispersión de sustancias químicas tóxicas y por lo general entrañan la fuga de material, seguido en el caso de sustancias volátiles, de su evaporación y dispersión. Una filosofía de administración de riesgos se enfoca en los siguientes puntos:

- ❖ Identificar los riesgos potenciales asociados a la instalación.
- ❖ Clasificar o jerarquizar los riesgos con la finalidad de atender oportunamente aquellos que resulten prioritarios.
- ❖ Evaluar a través de la simulación, los eventos probables de riesgo como fuego o fugas tóxicas y/o explosivas que permitan cuantificar (en forma probabilística) la magnitud de los riesgos.
- ❖ Toma de decisiones para minimizar, aceptar o transferir riesgos.

Los resultados de este enfoque permiten adoptar las medidas preventivas y de mitigación para lograr un nivel de riesgo económico y socialmente aceptable además de establecer los fundamentos para desarrollar los planes de contingencia, así como los planes de ayuda mutua en caso de desastre.

TECNICAS DE ANÁLISIS DE RIESGOS

Antes de aplicar un método en particular, se deberán analizar sus ventajas y desventajas preguntándose invariablemente si nos dará las respuestas esperadas, en función de profundidad, tiempo, costo y aplicabilidad de resultados. Algunas de las técnicas más utilizadas son:

- ❖ Revisión De La Seguridad (Safety Review).
- ❖ Análisis Check-List (Check-List Analysis).
- ❖ Clasificación Relativa (Relative Ranking).
- ❖ Análisis Que Pasa Si (What If Analysis).
- ❖ Análisis Que Pasa Si/Check-List (Analysis What-If/Check-List).
- ❖ Análisis De Riesgos Y Operabilidad (Hazop).
- ❖ Analisis Modo De Fallas Y Consecuencias (Failure Modes And Effects Analysis).
- ❖ Analisis Árbol De Fallas (Fault Tree Analysis).
- ❖ Analisis Arbol De Eventos (Event Tree Analysis).
- ❖ Analisis Causa-Consecuencia (Cause-Consequence Analysis).
- ❖ Analisis De La Confiabilidad Del Factor Humano (Human Reliability Analysis).

TEMA 5

ANALISIS DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS

La Química Analítica trata de la separación y análisis de sustancias químicas e incluye el análisis cualitativo y el análisis cuantitativo. El análisis cualitativo determina qué elementos o compuestos están presentes en una muestra. El análisis cuantitativo determina en qué cantidad están presentes.

PASOS A SEGUIR EN UN ANÁLISIS QUÍMICO

- 1) Muestreo, esto es, seleccionar una muestra representativa del material que va a ser analizado.
- 2) Conversión del analito a una forma adecuada para la medición.
- 3) Medición.
- 4) Cálculo e interpretación de las mediciones.

CLASIFICACIÓN DEL ANALISIS CUANTITATIVO

Si el analito es más del 1% de la muestra, se considera que es un componente principal, si es del 0.01 al 1% de la muestra, se considera un componente menor y si está presente en una cantidad menor a 0.01% se considera como un componente vestigial.

Análisis completo. Se determina cuantitativamente la cantidad de cada constituyente de la muestra, por ejemplo, un análisis total de una muestra de gasolina indicaría el porcentaje de cada uno de los compuestos presentes (hidrocarburos, tetraetilo de plomo, etc.).

Análisis elemental. Se determina la cantidad de cada elemento contenido en la muestra, sin importar los compuestos reales ó iones presentes. Un análisis elemental de gasolina indicaría el porcentaje de carbono, hidrógeno, oxígeno, etc..

Análisis parcial. Se determina la cantidad de un constituyente determinado en una muestra. En el análisis rutinario de tabletas de aspirina comerciales la cantidad de impurezas en el ácido salicílico suele ser el mejor indicador de pureza. A menudo, un análisis parcial proporcionará toda la información analítica necesaria.

ESCALA DEL ANÁLISIS CUANTITATIVO

Macro. Cuando el peso de la muestra disponible es mayor de 0.1g.

Semimicro. Los análisis semimicro se realizan con muestras de 10 a 100 mg (0.01 a 0.1g).

Micro. Los análisis micro tratan con muestras que pesan de 1 a 10 mg (0.001 a 0.01g).

Ultramicro. Cuando los análisis involucran muestras del orden del microgramo ($1 \mu\text{g} = 10^{-6} \text{g}$). El análisis ultramicro se aplica a la determinación de trazas de sustancias en muestras grandes o al análisis de muestras muy pequeñas.

CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE ANÁLISIS CUANTITATIVOS

MÉTODOS VOLUMÉTRICOS.

Se basan en las relaciones estequiométricas de las reacciones químicas. En una reacción del tipo $aA + tT \Rightarrow$ productos, a representa las moléculas de analito A , que reaccionan con t moléculas de reactivo T (solución estándar).

La titulación (proceso en el cual se mide la cantidad de volumen requerido para alcanzar el punto de equivalencia) se efectúa añadiendo solución estándar (una solución cuya concentración se conoce con exactitud) a otra sustancia (de concentración desconocida). La adición del titulante es continua hasta que se ha añadido una cantidad de T químicamente equivalente a la de A . Entonces se dice que se ha alcanzado el punto de equivalencia en la titulación. Para saber cuándo detener la adición de titulante, se utiliza una sustancia química llamada indicador que cambia de color cuando hay un exceso de titulante. Al momento en el que el indicador cambia de color se le denomina punto final de la titulación. Si se conoce el volumen y la concentración del titulante, se podrá calcular la cantidad desconocida de la sustancia titulada. Es una forma rápida, exacta y muy difundida para determinar la cantidad de una sustancia en solución.

Las reacciones que se utilizan en las titulaciones, se encuentran agrupadas en forma conveniente en cuatro tipos: Reacciones ácido-base, Reacciones de oxidación-reducción (redox), Reacciones de precipitación, Reacciones de formación de complejos.

MÉTODOS GRAVIMÉTRICOS

La determinación cuantitativa de una sustancia mediante precipitación, aislando y pesando el precipitado, se denomina análisis gravimétrico. En una reacción de la forma $aA + rR \Rightarrow A_rR_r$, donde las moléculas de analito A , reaccionan con r moléculas de reactivo R . El producto, A_rR_r , es por regla general una sustancia débilmente soluble que se puede pesar como tal después de secarla o que se puede calcinar para formar otro compuesto de composición conocida y después pesarlo.

Para que un método gravimétrico sea satisfactorio, debe cumplir los siguientes requisitos:

- ❖ El proceso de separación debe ser completo, para que la cantidad de analito que no precipite no sea despreciada analíticamente.
- ❖ La sustancia que se pesa debe tener una composición definida y debe ser pura o casi pura. Si esto no se cumple, se pueden obtener resultados erróneos.

MÉTODOS INSTRUMENTALES. Las técnicas Instrumentales se dividen dependiendo de la interacción que tiene la materia con la radiación electromagnética.

Absorción: UV-Visible, IR, RMN, Absorción atómica
 Emisión: Emisión Atómica, Fluorescencia, Fosforescencia
 Dispersión: Turbidimetría, Nefelometría
 Refracción: Refractometría
 Polarización: Polarometría
 Difracción: Rayos X

TEMA 6
TOXICOLOGIA

Toxicología. Es la ciencia que estudia la interacción entre las toxinas ambientales y los sistemas biológicos.

Agente tóxico. Cualquier sustancia capaz de producir un efecto nocivo en un organismo vivo desde el daño en sus funciones hasta la muerte.

Toxicidad. Capacidad inherente de un agente químico para producir un efecto nocivo sobre los organismos vivos. Los compuestos se pueden clasificar de acuerdo a su toxicidad en:

GRADOS DE TOXICIDAD	DOSIS LETAL PROBABLE PARA HUMANOS
1. Prácticamente no tóxico	15 g/Kg
2. Ligeramente tóxico	5-15 g/Kg
3. Moderadamente tóxico	0.5- 5 g/Kg
4. Muy tóxico	50-500 mg/Kg
5. Extremadamente tóxico	5-50 mg/Kg
4. Supertóxico	5 mg/Kg

FASE TOXICOCINÉTICA

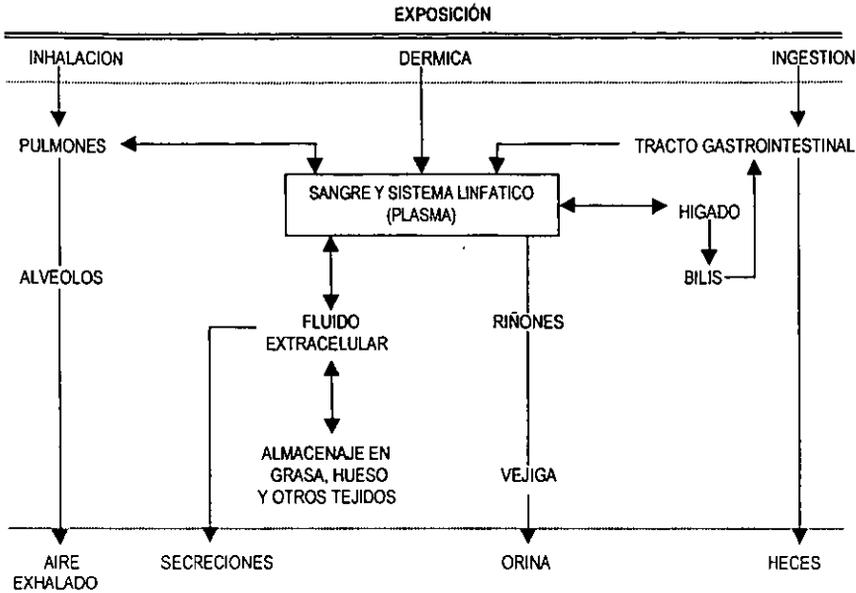
La Toxicocinética se ocupa de la introducción de los agentes químicos en el organismo, es decir, la absorción, distribución, biotransformación y excreción de ellos. Estos factores junto con la dosificación, determinan la concentración de una droga en un sitio de acción y por ende la intensidad de sus efectos en función del tiempo.

PASAJE A TRAVÉS DE LAS MEMBRANAS.

TRANSPORTE PASIVO. En el cual la célula no tiene un papel activo en la transferencia a través de la membrana. Dentro de este tipo de transporte, se encuentra la difusión simple y la filtración.

TRANSPORTE ESPECIALIZADO. En el cual, la célula cumple una función activa en el transporte. Este comprende al transporte activo, la difusión facilitada, la fagocitosis y la pinocitosis.

PLAN GENERAL DEL DESTINO DE LAS SUSTANCIAS.



Absorción. Se entiende por Absorción al proceso por el cual el agente tóxico atraviesa las membranas y posteriormente ingresa en la circulación sanguínea. Podemos tener: absorción por vía digestiva, absorción por vía respiratoria y absorción por la vía cutánea.

Distribución. Para llegar al sitio receptor en la célula blanco, el tóxico absorbido debe ser transportado por la sangre. Cuando se alcanza la corriente sanguínea, los agentes tóxicos se pueden mover virtualmente a través de todo el cuerpo. Muchos factores tienen influencia en la distribución. Estos factores son la absorción, perfusión (el movimiento de la sangre a través de los tejidos de los órganos), ruta de exposición y la afinidad del tejido. Como resultado, los compuestos tóxicos se distribuyen parcialmente y no uniforme a "compartimentos" múltiples del cuerpo en lugar de totalmente a uno o igualmente a todos.

Una vez en la circulación, un contaminante puede ser relocalizado a lo largo del cuerpo. En este proceso puede: 1) pegarse a una macromolécula, 2) sufrir transformación metabólica (biotransformación), 3) depositarse por almacenaje en depósitos que pueden o no pueden ser los sitios de su acción tóxica ó 4) excretados. Los efectos tóxicos pueden ocurrir en cualquier lugar.

Acumulación. En general, un compuesto puede almacenarse en el cuerpo después de repetidas tomas si su eliminación o biotransformación es menor que la frecuencia de captación. El almacenaje es usualmente pensado como la concentración de un agente tóxico en un sitio o sitios diferentes a los órganos blanco y típicamente ocurre sin cualquier efecto adverso en el órgano en el cual se efectúa.

Biotransformación. Órganos ricos en enzimas metabolizan los tóxicos a otro tipo de moléculas, llamadas metabolitos, que no necesariamente pueden ser menos tóxicos que el tóxico de origen. Los dos órganos más importantes para la biotransformación y eliminación de los tóxicos son el hígado y los riñones.

Se pueden considerar tres consecuencias de la biotransformación: Favorecer la eliminación de los agentes tóxicos, transforma los agentes tóxicos en compuestos de mayor ó reducir la toxicidad.

Eliminación. Los agentes tóxicos son eliminados del organismo por diferentes vías: Eliminación por vía renal, eliminación por vía respiratoria y eliminación por vía digestiva.

FASE TOXICODINAMICA

El estudio de los efectos bioquímicos y fisiológicos de los tóxicos y sus mecanismos de acción se denomina **Toxicodinámica**. Otro aspecto que abarca la toxicodinámica es la correlación entre las acciones y los efectos de las drogas y su estructura química.

Una sustancia es considerada **mutagénica** cuando pueden causar cambios genéticos a futuras generaciones ya que existe un cambio en la secuencia de las bases del ADN.

Una sustancia es considerada **carcinogénica** si induce la producción de tumores, tanto en exposición aguda como crónica. Un tumor es una masa anormal de tejido que crece en un organismo vivo, la cual aparentemente no cumple con una función definida en el organismo huésped.

Las sustancias que causan defectos en el desarrollo del feto, después de la concepción hasta su nacimiento, se consideran **teratogénicas**. Este efecto puede manifestarse en mayor proporción, cuando la exposición se lleva a cabo dentro del primer trimestre en los humanos.

TEMA 7

TECNOLOGÍAS ACTUALES DE TRATAMIENTO

Actualmente los esfuerzos dirigidos a la minimización de la generación de residuos peligrosos y su tratamiento eficaz, se encuentran agrupados en tres grandes grupos:

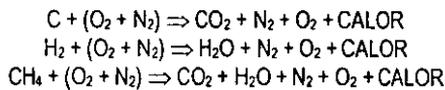
- ❖ Reducción de las fuentes emisoras.
- ❖ Recuperación y reciclado.
- ❖ Tratamiento. Tecnologías empleadas actualmente.

TRATAMIENTO TÉRMICO. INCINERACIÓN.

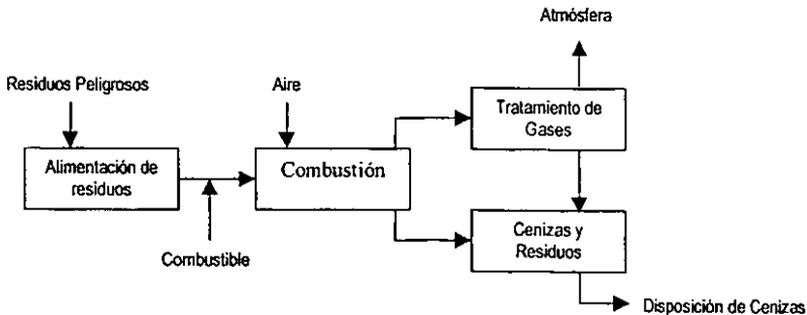
Tiene ciertas ventajas, entre las cuales, a parte de inducir cambios permanentes en la constitución física de los residuos peligrosos, reduce su volumen considerablemente. Los sistemas de incineración son diseñados para destruir solamente residuos orgánicos, sin embargo, la mayoría de los residuos en su contenido no solo contienen este tipo de residuos si no que pueden contener además de orgánicos combustibles inorgánicos no combustibles.

Una buena combustión es una buena oxidación de los compuestos orgánicos (carbón e hidrógeno). Para poder realizar esto, el aire que contiene solo 21% de oxígeno en volumen, deben ser completamente mezclados con el carbón e hidrógeno del combustible (residuo) para producir un producto estequiométrico de dióxido de carbono y agua. Desgraciadamente, el aire contiene también 79% de nitrógeno, que es un compuesto inerte e interfiere en el proceso de combustión. Un completo sistema homogéneo (un reactor bien mezclado) requiere tiempo y turbulencia, la oxidación completa de carbón e hidrógeno suele ocurrir a una cierta temperatura. Así, las tres "T" de combustión afectan la reacción.

Las reacciones típicas de combustión en un proceso son:



Los principales son: Incineración por inyección líquida y Hornos rotatorios.



TRATAMIENTOS QUIMICOS.

Este tipo de proceso involucra el uso de reacciones químicas para transformar las corrientes residuales en sustancias menos peligrosas mediante procesos que alteran la naturaleza interna de los constituyentes peligrosos por medio de reacciones, así como tratamientos físicos para facilitar su separación. Este tipo de procesos puede fomentar la recuperación y el reuso de las sustancias químicas, obteniéndose así subproductos útiles y efluentes residuales ambientalmente aceptables. En la mayoría de los casos se estabilizan dichos residuos, pero en otros no es posible tratarlos en un 100%, siendo necesario un tratamiento posterior. Se consideran como procesos fisicoquímicos los siguientes: Precipitación química, Oxidación y reducción química y Neutralización.

TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS.

Estos tratamientos utilizan microorganismos, como son las bacterias, protozoarios y hongos, los cuales transforman los residuos tóxicos (compuestos orgánicos tóxicos) en compuestos inertes producto de su metabolismo, ya que para la población microbiana, las sustancias peligrosas son su fuente de energía y alimento. Los procesos biológicos se consideran como ecosistemas extremadamente complejos, con muchas interacciones microbianas que determinan la eliminación de las concentraciones de ciertos residuos tóxicos biodegradables en las corrientes, es decir, que funcionan como sustrato específico para una población microbiana, en la cual intervienen diferentes asociaciones simbióticas entre organismos, principalmente bacterias, algas y hongos microscópicos, además de protozoarios y micrometazoarios.

Los procesos biológicos forman parte de una serie de tecnologías que se emplean para la remoción o estabilización de residuos tóxicos principalmente en aguas residuales y subterráneas, lixiviados de rellenos sanitarios y suelos contaminados.

PROCESOS AERÓBICOS.

Cuando los organismos utilizan los nutrientes orgánicos, consumen al mismo tiempo el oxígeno disuelto; si no se repone el O_2 , el crecimiento microbiano se detiene, ya que los organismos mueren por falta de oxígeno. La disponibilidad del oxígeno disuelto libre es, por lo tanto, el factor clave que limita la capacidad de autopurificación de una corriente de agua o la eficiencia del proceso biológico aeróbico. Los procesos aeróbicos son bioquímicamente eficientes y rápidos, generando productos secundarios que casi siempre son químicamente simples y altamente oxidados, como anhídrido carbónico y agua, por otra parte, se forma nueva materia microbiana como resultado de su reproducción. Las limitaciones de los procesos biológicos aeróbicos utilizados para tratar líquidos, pueden resumirse para el diseño global de un sistema, considerando los siguientes factores: grado de biodegradabilidad, aplicación de tecnología convencional, inorgánicos tóxicos y no tóxicos, orgánicos tóxicos y no tóxicos, variación de carga, requerimiento de nutrientes, pH, abastecimiento de oxígeno y temperatura.

Sistemas de crecimiento en suspensión. El principio básico del proceso consiste en que las aguas residuales se pongan en contacto con una población microbiana mixta, en forma de suspensión floculenta en un sistema aereado y agitado, un ejemplo de estos sistemas son los Lodos Activados.

Sistemas de crecimiento en películas. Estos sistemas cuentan con la habilidad de que los microorganismos se adhieren a una superficie inerte que es bañada con el agua contaminada. Ejemplos de estos sistemas son los Biodiscos y los Filtros rociadores.

Reactor aeróbico por lotes. Este sistema combina igualación, biotratamiento y sedimentación en un tanque.
Lagunas facultativas. Son una combinación de lagunas anaerobias y aerobias, su diseño permite el crecimiento de organismos aeróbicos, anaeróbicos y facultativos (desarrollo con o sin oxígeno).

PROCESOS ANAERÓBICOS.

La digestión anaeróbica es una fermentación bacteriana natural, por medio de la cual, la materia orgánica en ausencia de oxígeno disuelto, se transforma en una mezcla de gases, básicamente metano y dióxido de carbono. Se pueden encontrar:

Proceso de contacto anaeróbico. El proceso anaeróbico de contacto es el equivalente del proceso de lodos activados de mezcla completa. Aquí también se reciclan los lodos. Esto permite un estrecho control sobre el tiempo de residencia de los lodos, de manera que los organismos metanogénicos se pueden retener en el sistema. Se pueden originar problemas por el deficiente asentamiento de los lodos

Reactores de lecho fluidizado. En los reactores de lecho fluidizado, todas las células se encuentran virtualmente inmovilizadas en la película biológica, la cual está adherida sobre el material de soporte sólido y se alcanzan altas concentraciones de microorganismos biológicamente activos, debido a la gran área superficial y con esto se consigue un alto período de residencia celular dentro del reactor. El material inerte puede ser arena, carbón activado o granito, generalmente se recomienda que exista una relación alta de superficie-área, lo cual se correlaciona con el funcionamiento total del proceso.

CONFINAMIENTO

Los materiales resultantes del tratamiento de los residuos peligrosos antes descritos, así como los residuos que puedan ser eliminados sin tratamiento previo de destoxificación han sido dispuestos en confinamientos tales como cementerios industriales, lagunas superficiales, inyectados a pozos profundos, minas abandonadas, confinamientos controlados o en el mar. Sin embargo, se admite hoy en día que no existe ningún método de confinamiento totalmente seguro y en todos los casos se requiere evaluar previamente los posibles impactos ambientales y seleccionar con propiedad los sitios para disponer de los residuos a este respecto, debe tenerse gran cuidado al seleccionar las opciones y al determinar el tipo de residuos, lo cual debe estar sujeto a la regulación y control dispuestos para cada una de ellas con el fin de prevenir riesgos.

TEMA 8

TRANSPORTE DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS

PLANEACION DE LOS MOVIMIENTOS DE LOS PRODUCTOS PELIGROSOS

Las rutas de los vehiculos deben planearse de antemano, sobre todo cuando se transportan cantidades importantes de materiales peligrosos. Siempre buscar itinerarios que ofrezcan un minimo de peligro.

Cuando haya que recurrir a terceros para el transporte de los materiales peligrosos, habrá que seleccionar a éstos tomando en cuenta las unidades con las que cuenta, si son apropiadas o no y hacerles una revisión.

DOCUMENTACIÓN.

1. Para el transporte de materiales y residuos peligrosos, el transportista y expedidor de la carga deberán tener las autorizaciones correspondientes que en el ámbito de su competencia emitan la SCT y demás dependencias del Ejecutivo Federal, de conformidad con las disposiciones legales aplicables. Esto se fundamenta en los artículos 50, 51, 52 y 53 del Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos.
2. **Hoja de Datos de Seguridad (Material Safety Data Sheets).** Para cada material peligroso que ellos produzcan o importen, así como para cada compuesto que ellos usen. Esta Hoja indica la identidad del producto, datos generales como son las características físicas, químicas, riesgos que tienen para su manejo, almacenamiento, la ruta primaria de ingreso al cuerpo humano así como precauciones aplicables para el manejo y uso seguro enunciando las medidas protectoras durante la reparación y mantenimiento del equipo y procedimiento para limpieza de empaque y el equipo, procedimiento de emergencia y primeros auxilios, la fecha de preparación de la hoja de datos de seguridad o el último cambio y el nombre, dirección y teléfono del fabricante, importador, patrón o responsable.
3. **Remisión.** Dentro de los documentos necesarios para la transportación de materiales peligrosos esta la nota de remisión en la cual debe anotarse el número de piezas, tipo de empaque, la descripción de la mezcla y el peso en Kg de los materiales transportados.
4. **Hoja de emergencia para el transporte.** En ella se indican de manera sencilla y esquemática, los riesgos específicos del producto que se está transportando, los medios para protección y las acciones que el transportista puede seguir en caso de emergencia. Para ello se expide la Norma Oficial Mexicana NOM-005-SCT2/1994, donde establece un formato estándar y explica cada una de las partes que lo integran. Esta hoja de emergencia debe mantenerse en la cabina del operador conjuntamente con los documentos de embarque en un compartimento especial en la puerta del conductor del transporte, siendo la responsabilidad del despachador proporcionar este documento.

ADMINISTRACION Y MANEJO DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS

<p>1. RAZON SOCIAL Y DIRECCION DE LA COMPAÑIA</p> <p>•FABRICANTE •IMPORTADOR •USUARIO •DISTRIBUIDOR •GENERADOR</p> <p>2. TELEFONOS DE EMERGENCIA Y FAX DEL EXPEDIDOR</p>	<p>3. NOMBRE DEL PRODUCTO O RESIDUO</p> <p>COMERCIAL: QUIMICO:</p> <p>4. CLASIFICACION</p> <p>5. No. DEL MATERIAL DE ONU</p>	<p>6. COMPAÑIA TRANSPORTADORA</p> <p>7. TELEFONOS DE EMERGENCIA Y FAX</p>
<p>8. ESTADO FISICO 9. PROPIEDADES FISICOQUIMICAS 10. AVISAR AL SISTEMA NACIONAL DE EMERGENCIA Y A LAS AUTORIDADES ESPECIFICAS DE MATERIALES PELIGROSOS: POLICIA FEDERAL DE CAMINOS, BOMBEROS, CRUZ ROJA, ETC.</p>		
<p>11. EQUIPO Y MEDIOS DE PROTECCION PERSONAL</p>		
<p>EN CASO DE ACCIDENTE •PARE EL MOTOR •PONGA SEÑALES EN ZONA DE PELIGRO ALEJE TODA PERSONA INNECESARIA DE LA ZONA DE PELIGRO</p>		
<p>12. RIESGOS •SI OCURRE ESTO</p>		<p>13. ACCIONES •HAGA ESTO</p>
<p>14</p> <p align="center"></p> <p>INTOXICACION/EXPOSICION</p>		
<p>16. CONTAMINACION</p>	<p>17</p>	
<p>18. INFORMACION MEDICA</p>	<p>19</p>	
<p>20</p> <p align="center"></p> <p>INTOXICACION/EXPOSICION</p>		
<p>22</p> <p align="center"></p> <p>INTOXICACION/EXPOSICION</p>		
<p>24. NOMBRE</p>	<p>FIRMA</p>	<p>PUESTO</p>
		<p>TELEFONO</p>
<p>25. ESTA HOJA DEBERA ESTAR EN UN LUGAR ACCESIBLE PARA SER USADA EN CASO DE EMERGENCIA Y DEBERA SER REQUISITADA EN SU TOTALIDAD.</p>		

ENVASE Y EMBALAJE

Con la finalidad de que los materiales peligrosos se puedan manipular o transportar adecuadamente sin riesgos para el operario es necesario contar con el envase y embalaje apropiado dependiendo del tipo de sustancia.

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

La elección del tipo de contenedor depende básicamente de las características de los residuos, las cantidades generadas, el tipo de transporte a utilizarse, las necesidades de tratamiento y la forma de disposición. Existen muchos tipos de recipientes entre los cuales se encuentran: Tambor, Barril, Caja y Saco.

Una vez seleccionado el modelo de envase y embalaje se debe someter a las pruebas de caída, hermeticidad, presión interna (hidrostática), apilamiento que se describen en la Norma Oficial Mexicana NOM-024-SCT2/1994, especificaciones para la construcción y reconstrucción, así como métodos de prueba de los envases y embalajes de las sustancias, materiales y residuos peligrosos.

ESPECIFICACIONES PARA EL MARCADO DE LOS ENVASES Y EMBALAJES.

La NOM-007-SCT2-1993, Marcado de envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos, establece las características y especificaciones que se deben cumplir para el marcado de envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos.

NUEVO 4GY145/S/83 MEX/VL 824		REACONDICIONADO 1A1/Y 1.4/150/83/ MEX/VL 824 RL	
CARACTERISTICA	NUMERO O LETRA	CARACTERISTICA	NUMERO O LETRA
Caja	4	Tambor	1
Cartón	G	Acero	A
Grupo de envase y Embalaje II y III	Y	Tapa no movible	1
Peso bruto del material	145	Grupo de envase y embalaje II, III	Y
Material sólido	S	Densidad relativa	1.4
Año de fabricación	83	Presión de prueba hidrostática	150
País de fabricación	Mex	Año de fabricación	83
Marca del fabricante	VL 824	Marca del fabricante	VL 824
		Reacondicionado	R
		Prueba de hermeticidad	L

CARACTERISTICAS DE LAS ETIQUETAS DE ENVASES Y EMBALAJES DESTINADOS AL TRANSPORTE DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS

La NOM-003-SCT2-1993, establece las dimensiones, símbolos y colores de las etiquetas que deben tener todos los envases y embalajes, las cuales identifican los riesgos que los materiales y residuos peligrosos presentan durante su transportación. Los residuos se transportarán o manejarán de conformidad con las prescripciones relativas a la clase en que se les debe incluir según el riesgo que representen, por eso, los símbolos utilizados para la identificación de los riesgos en el transporte de sustancias y residuos peligrosos que se establecen en esta norma, están en función de la clasificación especificada en los artículos 7 a 16, del capítulo I, del título 1º del Reglamento para Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos.

SISTEMAS DE IDENTIFICACIÓN DE UNIDADES DESTINADAS AL TRANSPORTE TERRESTRE DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS

La NOM-004-SCT2-1994, establece las dimensiones de los carteles que deban tener los camiones, las unidades de arrastre, contenedores cisternas y recipientes intermedios para granel, contenedores y demás unidades de autotransporte y ferrocarril que identifiquen las sustancias y residuos peligrosos que se transportan, los cuales indicarán los riesgo que representan durante su traslado como lo especifican los artículos 37, 38, 39 y 40 del Reglamento para el Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos.

CONDICIONES DE SEGURIDAD (INSPECCION DE LAS UNIDADES)

Para la revisión de las unidades de autotransporte antes y durante el traslado de materiales y residuos peligrosos por parte del conductor, deberán evaluarse varios aspectos técnicos especificados en la hoja de inspección diaria.

Entre los principales aspectos que se deben revisar en las unidades están: Interior, frente exterior, lado izquierdo, lado derecho, parte posterior, protección trasera, debajo de la unidad, el área de combustión interna, equipo de emergencia, caja o remolque y el autotranque.

Por otro lado la NOM-008-SCT2-1993 establece las disposiciones que debe observar el personal encargado de efectuar las inspecciones de unidades de arrastre ferroviario, para comprobar que sus condiciones físicas de operación son las requeridas para dar seguridad al transporte de materiales y residuos peligrosos.

TEMA 9

RESPUESTA EN CASO DE ACCIDENTE DURANTE EL TRANSPORTE TERRESTRE DE MATERIALES PELIGROSOS

CREACION DE LOS PLANES DE EMERGENCIA

Es esencial que el Grupo de Emergencia tenga un plan de contingencia para incidentes con materiales peligrosos. Se presenta a continuación un posible procedimiento de planeación de la respuesta a tales incidentes

Inspección del material peligroso. La inspección debe evaluar el peligro potencial que puede ser liberado por los materiales peligrosos asociados con las plantas químicas y sus unidades de almacenamiento, vías férreas y autopistas.

Preparación del plan de contingencia. En un incidente con materiales peligrosos es esencial que los miembros del Grupo de Emergencia sean capaces de anticipar tanto los daños reales inmediatos. Se deben incluir, como mínimo, procedimientos de evacuación, tácticas para extinción de fuego y estrategias para protección de canales o ríos, material como fotografías aéreas, mapas topográficos y de carreteras así como planos de drenaje, con la finalidad de asegurar que se tenga un fácil acceso en caso de un accidente con materiales peligrosos. Debe enlistar personal, equipo y proveedores necesarios para implementar dicho Plan y proporcionar un mecanismo para activarlo. El Plan debe incluir guías que ayuden al Grupo de Emergencia a establecer prioridades en la toma de decisiones. La respuesta obtenida del Plan de Emergencia debe cubrir las necesidades en el lugar del incidente en cuanto a: control de la fuga o derrame, minimización del daño a la comunidad y ecosistema, recuperación del producto, neutralización del no recuperado y descontaminación del área.

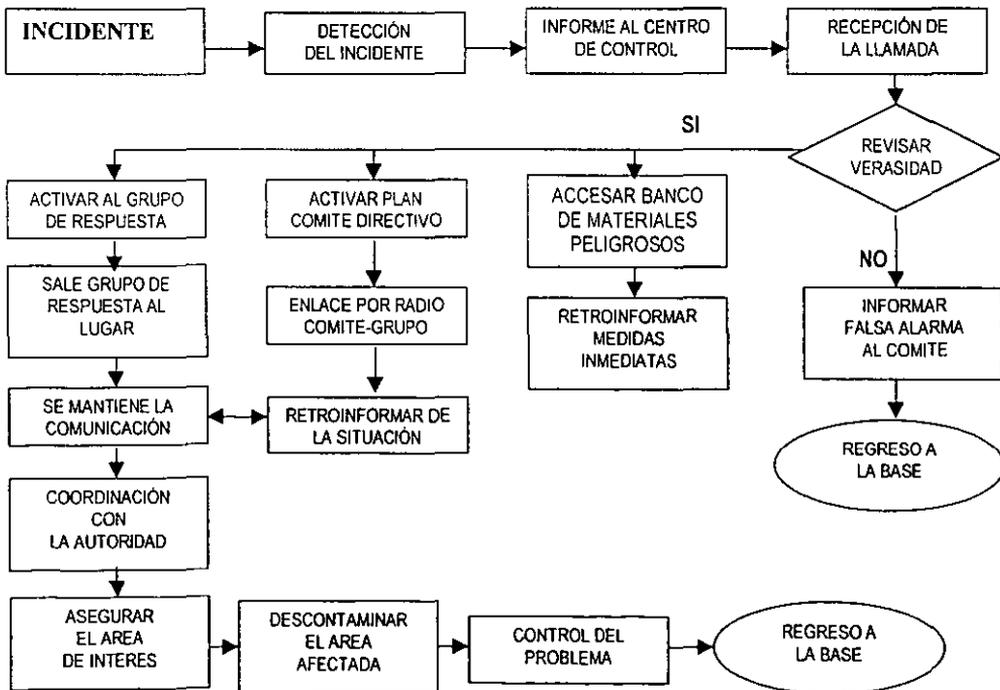
Evaluación del plan. Una vez que el Plan ha sido compilado, debe ser evaluado. Después de la evaluación y que se hayan hecho los cambios necesarios, la Jefatura del Grupo de Emergencia debe distribuir copias a todos los miembros del grupo para su crítica constructiva. Este punto puede ser ventajoso si se conduce a simulacros de salón.

Entrenamiento. Son esenciales miembros del Grupo de Emergencia bien entrenados y experimentados para la implementación sucesiva del plan, deben entrenarse para evaluar efectivamente la situación en el sitio del incidente y tomar las mejores decisiones posibles para proteger al público, prevenir fuego y explosiones, minimizar daños al ambiente y proteger propiedades. El entrenamiento debe ser conducido en intervalos, con la finalidad de ajustarse a los cambios en el personal del Grupo de Emergencia e incluir los avances tecnológicos, equipo nuevo y estrategia.

ORGANIZACIÓN DE LA RESPUESTA

Al recibir la llamada que informa de la existencia de un incidente con materiales peligrosos de la industria en cuestión en su Centro de Control, se activará el Plan de Emergencia y la persona de guardia debe recabar los siguientes datos, (los cuales se comunicarán vía radio al Grupo de Ataque): nombre del informante, lugar desde donde informa, hora de recepción de la llamada, hora aproximada en que ocurrió el incidente, tipo de transporte accidentado, tipo de contenedor(es) dañado(s), material involucrado, descripción breve de la situación en la escena del incidente, tipo de localidad, topografía de la localidad, averiguar si hubo lesionados y la extensión de la fuga o derrame además de cualquier información adicional que pueda proporcionar el informante. En primera instancia, solo asistirá el Grupo en cuyo sector haya ocurrido el incidente. Sin embargo al escuchar la llamada al Grupo de Respuesta correspondiente (vía radio) los demás Grupos deberán estar alertas por si es necesaria su participación y permanecerán en esta situación hasta que el Grupo que atendió la primera alarma regrese a su base. El Grupo de Ataque debe confirmar vía radio la siguiente información: confirmación de la recepción de la llamada del Centro de Control, con la hora de recepción, confirmación de la información recibida, ruta elegida para llegar al lugar del incidente, hora de salida y tiempo estimado de arribo. El Comandante del primer Grupo al llegar al lugar del incidente, de acuerdo a la magnitud de este, podrá pedir al Comandante del Incidente una "segunda alarma", que requerirá de la asistencia de Grupo de Respuesta más cercano a ellos. El Comandante del Incidente del primer Grupo, también será el Comandante de los otros Grupos que vayan llegando.

Diagrama de flujo de incidentes



FUNCIONES DEL PLAN DE EMERGENCIA

Contacto con la autoridad a cargo del incidente. Buscar al encargado de la emergencia e informar de su presencia, para enlazarse en la estrategia de combate. En caso de que el Grupo de Emergencia de la Industria en Cuestión sea el primero en llegar a la escena, será este quién se haga cargo de la emergencia.

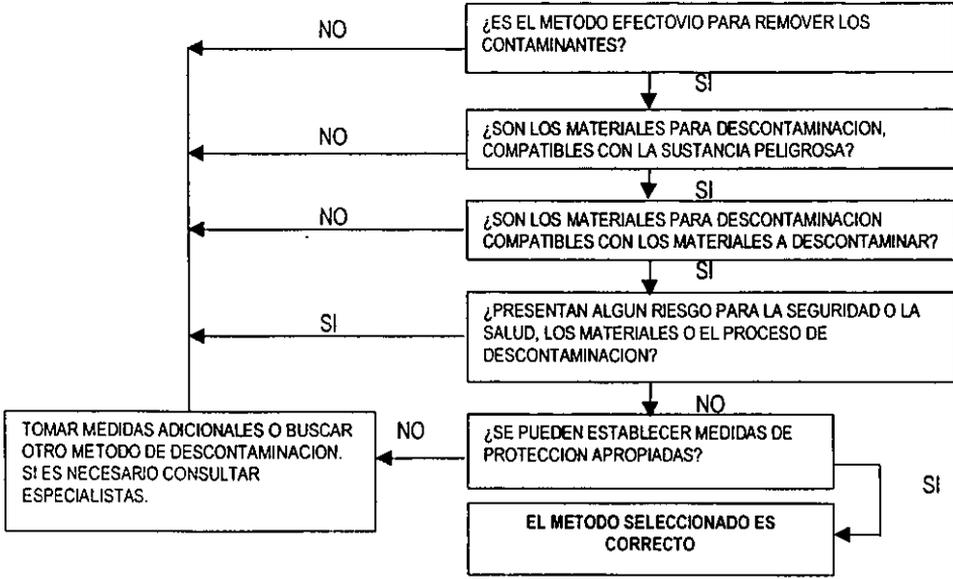
Aseguramiento del área afectada. Se debe comprobar las propiedades del producto involucrado, constatar el estado que guardan los contenedores y vehículos, evaluar el tipo de localidad involucrada, analizar las condiciones climatológicas, evaluar los drenajes naturales del terreno y los recursos acuíferos con posibilidad de ser afectados, comprobar que el área está libre de personal y público en general, revisar la organización de los distintos grupos y autoridades que participen, establecer un estacionamiento de vehículos a una distancia prudente del lugar del accidente en el sentido donde sopla el viento. Además de todo lo anterior se debe establecer las zonas de trabajo, es decir, se deben delimitar áreas en donde se realizarán las distintas operaciones y el flujo de personal entre zonas. Una forma sencilla de realizar esta división es la de crear 4 zonas de seguridad: zona de riesgo, zona restringida, zona de acceso restringido y zona de soporte. Después de haber delimitado la zona de riesgo se debe evitar que se extienda y para ello se requiere contener el derrame o el agua empleada para controlar la fuga para que no se extiendan y sigan los drenajes naturales del terreno, para ello se requiere contener los líquidos mediante diques.

Comprobar que el personal de emergencia ha tomado las medidas de control. Se debe verificar si se han establecido diques para contener el derrame (comprobando que el material sea el apropiado), las cortinas de agua para diluir la nube de gas o proteger los contenedores en caso de incendio y respetar las distancias de las zonas de trabajo.

Realizar las maniobras de transvase y neutralización. Estas actividades son totalmente propias del Grupo de Emergencia de la Industria en Cuestión, por lo que las realizarán con el apoyo de las autoridades encargadas del incidente, debiendo cubrir los siguientes puntos: seleccionar el equipo de protección personal, evaluar el daño al contenedor o contenedores, analizar las posibles alternativas para sellar la fuga o contener el derrame y/o maniobras a realizar con el o los contenedores, recoger el producto derramado, neutralizar el producto que no se pueda recoger, recoger los equipos usados y contaminados.

Remoción, mitigación y depósito. Si es necesario tratar un derrame "In situ" sería de gran ayuda que se haya realizado un trabajo previo, que debe contemplar el material, método de tratamiento y notas. Para todos los tratamientos "In situ" la primera tarea es remover cuanto sea posible del químico. Esto es debido a que reduce la cantidad del tratamiento "in situ" requerido y podría permitir la recuperación de algún valor del desecho.

Descontaminación. El procedimiento seguro para una descontaminación, no es siempre fácil, se debe cuestionar a un químico experto que proporcione consideraciones muy cuidadosas de los subproductos de algún descontaminante que sea usado. El equipo de descontaminación, herramientas, personal, ropa y vehículos usados en la escena de un incidente deben ser descontaminados. En general se puede utilizar el siguiente esquema.



CONCLUSIONES

Para que haya un óptimo control de los residuos peligrosos, deben tener todos los ramos industriales su respectiva normatividad elaborada a partir del conocimiento detallado de los procesos que se utilizan actualmente en nuestra industria, los métodos de almacenamiento y manejo interno de residuos, transporte y disposición final ya que abordar la problemática de los residuos industriales peligrosos significa examinar procesos, productos, tecnologías, insumos, diseño y administración de calidad en las empresas. Esta normatividad debe ser completa y detallada, además de incluir las sanciones e incentivos correspondientes, a fin de que el empresario no tenga ninguna duda acerca de lo que tiene y no tiene que hacer con sus residuos y que este más motivado para hacerlo.

Las autoridades deben realmente dar esos incentivos y aplicar las respectivas sanciones cuando sea necesario, para así poder crear un ambiente de confianza, en donde el industrial que cumpla, tenga efectivamente esos incentivos y no se vea afectado por aquellos otros empresarios que de manera desleal, no cumplen con la normatividad abaratando sus procesos y no recibiendo ninguna sanción por ello.

Los mecanismos que se establezcan para el manejo adecuado de los residuos industriales peligrosos, deben verse no como medidas de mitigación de un efecto destructivo e ineludible, sino como un medio para convertir un problema en un campo de desarrollo de oportunidades, integración de cadenas productivas, generación de riqueza e impulso a la competitividad industrial, cumpliendo con la protección ambiental.

Por último mencionaremos que para la resolución de cualquier problema se requiere tener una información previa, la cual dependiendo de su calidad, profundidad y el campo que abarque, nos auxiliara para la toma de decisiones y acciones pertinentes. En nuestro caso, la resolución del problema de la generación de residuos peligrosos, debe estar basada en el conocimiento profundo de la problemática existente, para así poder atacar el problema de raíz.