



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



01177 11

**"ESTUDIO DE LA CONTAMINACION DEL SUELO
EN PLANTAS INDUSTRIALES EN EL MARCO DE LA
AUDITORIA AMBIENTAL"**

T E S I S

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRA EN INGENIERIA AMBIENTAL

QUE PRESENTA:

I.Q.I. MARGARITA JUAREZ NAJERA

CIUDAD UNIVERSITARIA

AGOSTO 1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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.

**A Pepe y Mariana por
su cariño y comprensión**

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	5
PRÓLOGO	6
INTRODUCCIÓN	8
CAPITULO 1. AUDITORIA AMBIENTAL	10
1.1 DEFINICIÓN DE AUDITORIA AMBIENTAL	10
1.2 TIPOS DE AUDITORIA AMBIENTAL	11
1.3 ETAPAS DE LA AUDITORIA AMBIENTAL	14
1.4 ELEMENTOS DE LA AUDITORIA AMBIENTAL	17
CAPITULO 2. LEGISLACIÓN SOBRE LA CONTAMINACION DEL SUELO	19
2.1 GENERALIDADES SOBRE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL MEXICANA Y NORTEAMERICANA	19
2.2 LEGISLACION PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL SUELO	20
2.2.1 Legislación norteamericana sobre residuos peligrosos (RCRA)	21
2.2.2 Legislación mexicana sobre residuos peligrosos (RLGEEPAMRP)	24
2.2.3 Conclusiones de la comparación y contraste de residuos peligrosos	29
2.2.4 Legislación norteamericana sobre contaminación de suelo (CERCLA)	31
2.2.5 Legislación mexicana sobre contaminación del suelo (LGEEPA)	35
2.2.6 Conclusiones del contraste sobre contaminación del suelo.	35
CAPITULO 3. IDENTIFICACION DE LA CONTAMINACION DEL SUELO	78
3.1 MUESTREO Y ANALISIS DEL SUELO SUPERFICIAL Y SEMIPROFUNDO	79
3.1.1 Identificación de los puntos de muestreo	79
3.1.2 Toma de muestras de suelo superficial y semiprofundo	84
3.1.3 Análisis	89
3.2 MUESTREO Y ANALISIS DE GAS DEL SUBSUELO	90
3.2.1 Identificación de los puntos de muestreo	90
3.2.2 Toma de muestras de gas/agua de subsuelo	91
3.2.3 Análisis	92

CAPITULO 4. RESULTADOS DE CONTAMINACION DE SUELO EN CUATRO INSTALACIONES INDUSTRIALES	94
4.1 CONTAMINACION POR HIDROCARBUROS	95
4.1.1 Resultados	97
4.1.2 Conclusiones	100
4.2 CONTAMINACION POR METALES PESADOS, TPH Y PCB	102
4.2.1 Resultados	103
4.2.2 Conclusiones	109
4.3 CONTAMINACION POR SULFATOS, FOSFATOS y pH	110
4.3.1 Resultados	112
4.3.2 Conclusiones	117
4.4 CONTAMINACION POR SOLVENTES AROMÁTICOS Y HALOGENADOS	118
4.4.1 Resultados	120
4.4.2 Conclusiones	124
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	127
BIBLIOGRAFIA	130
ANEXO 1. CONCENTRACIONES NATURALES DE VARIOS ELEMENTOS EN SUELO	134
ANEXO 2. CRITERIOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN EN SUELO	138
ANEXO 3. CONTENIDO DE RASTROS DE ELEMENTOS EN SUELOS	138

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Contenido general de la Ley de Conservación y Recuperación de Recursos (RCRA)	22
Tabla 2.2	Contenido de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	25
Tabla 2.3	Contenido del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Residuos Peligrosos (RLGEEPAMRP)	27
Tabla 2.4	Manifiestos de Residuos Peligrosos	37
Tabla 2.5	Generadores de Residuos Peligrosos	40
Tabla 2.6	Transportistas de Residuos Peligrosos	45
Tabla 2.7	Instalación de Tratamiento, Almacenamiento o Disposición	46
Tabla 2.8	Normas de Tratamiento o Disposición	52
Tabla 2.9	Acción Correctiva	56
Tabla 2.10	Tanques Subterráneos	57
Tabla 2.11	Responsabilidad y Acciones de Sanción	82
Tabla 2.12	Resumen Comparativo entre RCRA y CERCLA	33
Tabla 2.13	Definición de Sustancias Peligrosas	64
Tabla 2.14	Notificación de Contaminación	85
Tabla 2.15	Limpieza	66
Tabla 2.16	Superfondo	70
Tabla 2.17	Programa para Fugas de Petróleo para Tanques Subterráneos	71
Tabla 2.18	Responsabilidad	72
Tabla 2.19	Procedimientos de Convenio	77
Tabla 4.1.1	Comparación de los Resultados de Hidrocarburos	99
Tabla 4.2.1	Comparación de los Resultados de TPH y Metales Pesados	105
Tabla 4.2.2	Resultados de PCB	105
Tabla 4.2.3	Comparación de Resultados de TPH y Metales Pesados contra el Listado Holandés	107
Tabla 4.2.4	Comparación de Resultados de TPH y Metales Pesados contra Límites Norteamericanos de Contaminación de Suelo	108
Tabla 4.3.1	Comparación de Resultados de pH, Fosfatos y Sulfatos contra Valores Internacionales	113
Tabla 4.4.1	Comparación de Resultados de Solventes Aromáticos y Halogenados	122

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 3.1	Localización de Puntos de Muestreo en una Rejilla de 7 Puntos	81
FIGURA 3.2	Localización de Puntos de Muestreo en una Rejilla de 19 Puntos	82
FIGURA 3.3	Localización de Puntos de Muestreo en una Rejilla de 37 Puntos	83
FIGURA 3.4	Dos Grupos Compuestos para 19 Puntos de Muestreo	85
FIGURA 3.5	Ses Grupos Compuestos para 19 Puntos de Muestreo	86
FIGURA 3.6	Cuatro Grupos Compuestos para 37 Puntos de Muestreo	87
FIGURA 3.7	Probabilidad de Declarar un Incumplimiento de un Valor Límite para 7, 19 ó 37 Puntos con 1 ó 2 Agrupamientos de Muestras Compuestas	88
FIGURA 3.8	Equipo de Muestreo para Gas de Subsuelo	93

**ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO
EN PLANTAS INDUSTRIALES
EN EL MARCO DE LA AUDITORÍA AMBIENTAL**

RESUMEN

Una auditoría ambiental es una evaluación y verificación objetiva, sistemática, documentada y periódica de la planeación, administración y organización ambiental de un sistema (empresa, instalación) para ayudar a salvaguardar el ambiente. Sin embargo, es indispensable que se cuente con un marco legal completo, integral y objetivo para realizar sin demora las acciones correctivas detectadas.

Por medio del uso apropiado de la auditoría ambiental, se puede detectar la contaminación de un suelo, hayan sido las causas de ésta el derrame o la disposición, almacenamiento o manejo inapropiados de sustancias o residuos peligrosos. Asimismo, siguiendo las etapas de la auditoría ambiental se puede definir una metodología para identificar el nivel de contaminación existente en el suelo. Finalmente, identificado el nivel de contaminación del suelo, se puede comparar con valores de referencia o típicos para determinar el grado de contaminación que éste tiene. Sin embargo, un paso posterior a la identificación de la contaminación del suelo es la restauración del terreno, la cual no se revisa en esta tesis.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es presentar algunos criterios que permitan la detección, identificación y comparación de la contaminación del suelo desarrollados durante la actividad de auditoría ambiental básica a cuatro plantas industriales mexicanas. Así como, evaluar el estado de la legislación ambiental mexicana para la prevención y control de la contaminación del suelo.

PRÓLOGO

El propósito de una tesis en México es concluir el requisito académico del sistema de enseñanza-aprendizaje. Sin embargo, ¿cuál es la finalidad de dicho requisito?, ¿abrumar a los estudiantes?, ¿desanimarlos para que no puedan terminar sus estudios? La autora de esta tesis no lo considera así y establece que dicho requisito es una actividad humana esencial e indispensable del proceso educativo que guía al educando a realizar la síntesis de metodología, contenidos académicos y experiencia profesional para desarrollar sus actividades posteriores.

Para explicarlo en forma más sencilla se toma una frase de Samuel Ramos, filósofo mexicano, que dice: "... el pensamiento es una necesidad vital para el hombre, es la posibilidad de aprovechar el recuerdo de una experiencia en favor del presente y para la previsión del futuro".

El ejercicio del raciocinio no es una tarea fácil y segura, sino al contrario, se encuentra rodeado de dificultades y expuesto constantemente al error. Por lo tanto, la suscrita se disculpa por las omisiones o errores imputable al desarrollo y contenido de esta tesis.

El enfoque general adoptado en este trabajo pretende reflejar a través de la Introducción, los antecedentes generales que dieron origen a la actividad de auditoría ambiental en México.

En el capítulo 1 se mencionan las definiciones de auditoría ambiental que hacen algunos consultores, empresas nacionales e internacionales y la autoridad gubernamental encargada de dicha actividad en México; se describen cuatro tipos diferentes de auditoría ambiental desarrollados según el enfoque de las empresas o de las autoridades gubernamentales; se presentan las tres etapas que conforman una auditoría ambiental, esto de acuerdo a la bibliografía consultada de Canadá, Estados Unidos, Francia y México. Asimismo, los elementos que integran una auditoría ambiental para que ésta resulte valiosa para las organizaciones.

El capítulo 2 compara y contrasta la legislación norteamericana y mexicana sobre la contaminación del suelo para señalar las limitaciones de cada uno de los países sobre este tema.

El capítulo 3 indica la metodología utilizada para identificar y muestrear la contaminación del suelo superficial, semiprofundo y gas del subsuelo durante una auditoría ambiental básica. Asimismo, menciona los parámetros y métodos analíticos recomendables para este tipo de muestras.

En el capítulo 4 se hace una comparación contra criterios internacionales de los resultados de contaminación de suelo detectados en cuatro plantas industriales mexicanas. Además, se ofrecen las conclusiones de dichos resultados.

En la última sección se anotan las conclusiones de la tesis y se hacen algunas observaciones y recomendaciones sobre los temas tratados.

Finalmente, la bibliografía utilizada se enlista en orden alfabético al final del trabajo y las citas bibliográficas en el texto incluyen el nombre del autor y el año de la publicación. Además, se presentan el anexo y los índices de figuras y tablas.

La autora expresa su agradecimiento al ingeniero Federico Soto Villaseñor, ingeniera Astrid Villaseñor Johnsson, biólogo Carlos Lechuga Vega por su valiosa aportación y apoyo en la interpretación de los resultados de contaminación del suelo; y a todas aquellas personas que de una u otra forma ayudaron a la realización de este trabajo.

Margarita Juárez Nájera

INTRODUCCIÓN

En 1993, México inició uno de los procesos de modernización más ambiciosos de su historia reciente. Preparar un documento que le permitiera negociar de igual a igual con dos de las naciones más desarrolladas, Estados Unidos y Canadá para intercambiar productos en uno de los mercados más grandes del mundo. El resultado de dicha negociación terminó con la aprobación por los tres países de un acuerdo denominado Tratado de Libre Comercio (TLC).

En el mismo, se estableció el acuerdo paralelo de cooperación ambiental, el cual contiene disposiciones enfocadas a la protección del medio ambiente para los tres países. En términos generales, este acuerdo hace mención de protección conjunta, estándares internacionales y criterios para la reducción de controversias. Entre las obligaciones se establecen las de promover auditorías ambientales, vigilar el cumplimiento de las leyes, investigar presuntas violaciones e iniciar procedimientos judiciales para procurar sanciones en caso de violación de las leyes correspondientes.

De acuerdo a lo anterior, México se vió obligado a estructurar un mecanismo de auditoría ambiental a la planta industrial del país, principalmente a las empresas exportadoras; ya que el concepto de auditoría ambiental no está contenido en el marco de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; aunque sí está dentro de los lineamientos de la Ley Orgánica de la Federación.

El enfoque utilizado por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), entidad gubernamental a cargo del desarrollo, implantación y seguimiento de las auditorías, es el de realizar auditorías ambientales de nivel básico, es decir aquellas donde se verifican y evalúan detalladamente, con objetividad y extensamente la planeación y administración ambiental de las empresas, sus planes y procedimientos generales de diseño, construcción y operación, de prevención de fugas y derrames, de respuesta a emergencias, de manejo y control de residuos y de emisiones al aire, agua, suelo y ruido.

Sin embargo, la PROFEPA se ha enfocado principalmente en problemas de contaminación del suelo debido a derrames o manejo indebido de sustancias y residuos peligrosos que por años se han vertido indiscriminadamente por todo el territorio nacional y su impacto potencial al agua del subsuelo, recurso escaso abastecido por pozos profundos y cuerpos de agua, que no está cuantificado.

Por otro lado, la legislación mexicana en materia de residuos peligrosos empieza a completarse; sin embargo, la relativa a la prevención y control de la contaminación del suelo, que incluye: minimización de generación de residuos,

manejo adecuado de sustancias peligrosas, métodos de muestreo y análisis de suelo, niveles de contaminación, criterios de restauración de suelos, etc. no parece aún vislumbrarse en el corto plazo.

Por lo tanto, es objetivo general de esta tesis presentar algunos criterios que permitan la detección, identificación y comparación de la contaminación del suelo, desarrollados durante la actividad de auditoría ambiental básica, a cuatro plantas industriales mexicanas. Así como, evaluar el estado de la legislación ambiental mexicana para la prevención y control de la contaminación del suelo.

Asimismo, los objetivos particulares son:

1. Evaluar la utilidad de las auditorías ambientales para determinar las condiciones y actividades ambientales inadecuadas de las instalaciones industriales.
2. Contrastar las legislaciones ambientales mexicana y norteamericana en materia de prevención y control de la contaminación del suelo para señalar la habilidad que cada país tiene para limitar esta tipo de contaminación.
3. Conocer y adaptar metodologías para la identificación de la contaminación del suelo.
4. Comparar resultados de contaminación de suelo contra criterios internacionales, como una primera línea de investigación.
5. Mencionar algunas de las causas administrativas que originan el problema de contaminación del suelo en las instalaciones industriales.

CAPITULO 1. AUDITORIA AMBIENTAL

En los últimos años la preocupación pública sobre la contaminación originada por la industria ha guiado a las autoridades gubernamentales de muchos países, investigadores, especialistas e industriales a reconocer la necesidad de establecer un marco legal en el área ambiental que controle las actividades y procesos de las empresas para que no causen efectos inaceptables al ambiente.

Debido a ésto, dentro de las organizaciones industriales se ha tenido la necesidad de desarrollar el concepto y la práctica de la administración ambiental, cuyo objetivo es proporcionar un mecanismo estructurado e integral para asegurar que las actividades no causen problemas al ambiente derivadas de la ignorancia, la falta de información o el incumplimiento de regulaciones.

La auditoría ambiental se reconoce ahora en un número creciente de sectores industriales como un componente esencial de una buena administración ambiental. Además, es parte del enfoque del aseguramiento de la calidad en compañías de excelencia en un mundo globalizado.

A continuación se mencionan algunas definiciones de auditoría ambiental adoptadas por asociaciones industriales, consultores, empresas privadas, empresas paraestatales y entidades gubernamentales, encontradas en la bibliografía, tanto de Europa como de América.

1.1 DEFINICIÓN DE AUDITORIA AMBIENTAL

La definición de auditoría ambiental adoptada por la Cámara Internacional de Comercio de Francia¹, 1988, establece que se trata de: "Una herramienta administrativa que comprende una evaluación sistemática, documentada, periódica y objetiva de lo bien que esté trabajando una organización ambiental y equipo administrativo con la dirección de ayudar a salvaguardar el ambiente".

Según un consultor ambiental de New Jersey, Estados Unidos de Norteamérica (Bernath, 1988): "Una auditoría ambiental de una operación en proceso debe ser un examen exhaustivo y necesariamente probado de una empresa o un registro de operación de una planta y las prácticas ambientales, recopilar información sobre su cumplimiento con regulaciones federales, estatales o municipales e identificar los riesgos".

¹ International Chamber of Commerce of France

Para John Elkington, 1988, Director de una empresa inglesa, "Las compañías de excelencia, (...), están comprometidas con la gente: sus empleados, sus clientes y aquellos a quienes afectan de una u otra forma por sus operaciones. La dificultad que ellas enfrentan en el campo ambiental es identificar quien posiblemente sea afectado por sus operaciones".

Petróleos Mexicanos, 1988 en su artículo sobre auditoría ambiental establece: "Debido a la importancia de la industria petrolera de preservar el ambiente ecológico alrededor de sus instalaciones, una actividad especialmente preventiva, esencial para reducir el riesgo de afectación del ambiente, ha sido establecida para auditar e identificar las condiciones de operación que prevalecerán en las plantas. La aplicación de esta actividad es conocida como estudios de diagnóstico ambiental".

De acuerdo con la Asociación Petrolera Canadiense² y la Asociación Independiente de Petróleo de Canadá³, 1992 una "Auditoría ambiental puede ser definida como un examen oficial con verificación que implica un nivel de precisión y estandarización, el cual es cuantificable".

Finalmente, la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PFPA) en los Términos de Referencia para la realización de Auditorías Ambientales de 1994, menciona que: "La auditoría ambiental es una evaluación objetiva de los elementos de un sistema que determina si son adecuados y efectivos para proteger el ambiente".

Las definiciones anteriores coinciden en señalar que el mayor valor de una auditoría ambiental a las plantas en operación, está en ser una herramienta esencial en la identificación de los efectos al ambiente ocasionados por actividades industriales.

1.2 TIPOS DE AUDITORIA AMBIENTAL

Hay varios tipos de auditoría ambiental que se utilizan en la industria. El tipo de auditoría depende primeramente de la planta u operación a ser auditada y el propósito que persigue. Esta sección describe algunos tipos de auditorías ambientales que pueden llevarse a cabo y algunas de las diferencias entre los diversos tipos.

Actualmente, dentro del campo de la auditoría ambiental no existen principios, procedimientos o estándares para auditar; sin embargo, se puede partir de leyes y reglamentos, licencias, guías de asociaciones, políticas corporativas o códigos de buenas prácticas profesionales.

² Canadian Petroleum Association

³ Independent Petroleum Association of Canada.

Algunos tipos de auditoría ambiental son:

1. Auditoría ambiental de operación/ mantenimiento/ administración o corporativa
2. Auditoría ambiental básica
3. Auditoría ambiental de transacción de propiedad o del sitio
4. Auditoría ambiental de cumplimiento

1. Las auditorías ambientales de operación/mantenimiento/administración o corporativas están dirigidas para asegurar que la filosofía corporativa de los gerentes sobre administración ambiental esté actualizada. En ellas se verifica y evalúa el flujo completo de producción, desde el almacenamiento de materias primas hasta el de producto terminal, las políticas y procedimientos, los programas, la organización y el personal que participa en la operación de las plantas. Generalmente el resultado son recomendaciones a largo plazo.

2. Las auditorías ambientales básicas están dirigidas para asegurar que las actividades de la empresa; el personal que las realiza a través de la planeación, dirección, ejecución o verificación; las instalaciones, equipos o componentes asociados en tales actividades; y los lineamientos que norman dichas actividades cuentan con las medidas adecuadas para minimizar los riesgos ambientales y prevenir contingencias ambientales. Además, establecer las medidas correctivas o preventivas que resuelvan tales riesgos. Estas auditorías son las que está exigiendo la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente a toda la planta industrial del país.

Este tipo de auditoría es detallada y extensa, incluye la verificación y evaluación de la planeación y administración ambiental, los procedimientos generales de operación, la prevención de fugas y derrames, la respuesta a emergencias, el manejo de residuos y las emisiones al aire, agua, suelo, vibraciones y ruido. Asimismo, incluye considerable información histórica del terreno y área circundante, del diseño y construcción, del proceso y operación, de la disposición de residuos y el control de descargas ambientales.

3. Las auditorías ambientales de transacción de propiedad o del sitio están dirigidas para identificar e imponer responsabilidades a quienes causen contaminación por liberación de sustancias peligrosas durante el uso o posesión de un terreno. Estas auditorías están establecidas en la Ley norteamericana denominada de Responsabilidad, Indemnización y Amplia Respuesta Ambiental⁴, conocida por sus siglas en inglés como CERCLA.

Generalmente se lleva a cabo por fases; cada fase reduce la incertidumbre en el proceso de evaluación, es decir entre más datos específicos del sitio se colecten, menores serán las limitaciones del auditor sobre las conclusiones en la

⁴Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act (CERCLA)

interpretación de los datos. La fase I establece la probabilidad de degradación ambiental de la propiedad, la fase II identifica el área de la propiedad impactada por degradación ambiental, puede incluir acción de remoción inmediata para prevenir liberación posterior o difusión de la contaminación, y la fase III es una caracterización completa del sitio y su limpieza y restauración.

4. Las auditorías ambientales de cumplimiento están dirigidas para asegurar que las compañías cumplen con la legislación vigente y los estándares locales. En ellas se verifica y evalúa el flujo completo de producción, desde el almacenamiento de materias primas hasta el de producto terminal, las políticas y procedimientos, los programas, la organización y el personal que participa en la operación de las plantas.

Este enfoque es limitado, ya que si alguna área ambiental no está considerada en la legislación, no hay obligación para cumplirla. Sin embargo, esperar por una regulación, puede aumentar un problema.

La ventaja obvia y primaria de una auditoría ambiental es ayudar a salvaguardar el ambiente y asistir en el cumplimiento de las leyes y reglamentos nacionales y con las políticas y estándares de las empresas. Una ventaja relativa es reducir la exposición a las multas y quejas.

La experiencia ha demostrado que las auditorías ambientales pueden tener otros beneficios de importancia (Bernath, 1988; Elkington, 1988; IChC, 1988), los cuales varían de situación en situación, como sigue:

- Facilitan comparación e intercambio de información entre operaciones o plantas.
- Incrementan la conciencia de los empleados de las políticas y responsabilidades ambientales.
- Identifican el costo-beneficio potencial incluyendo aquellos que resultan de la minimización de residuos.
- Evalúan programas de entrenamiento y proporciona datos que apoyan el entrenamiento del personal.
- Proporcionan una información base para utilizar en emergencias y evalúa la efectividad de los programas de respuesta a emergencias.
- Aseguran una base de datos adecuada y actualizada para que la gerencia interna tome decisiones en relación a modificaciones de las plantas o instalación de plantas nuevas.
- Facilitan la administración para dar créditos por el buen desempeño ambiental.
- Ayudan a apoyar las relaciones con las autoridades para convencerlas de que se han realizado las acciones detectadas e informarlas del tipo de procedimientos adoptados.

- Facilitan la obtención de coberturas de seguros por responsabilidades ambientales.

Las ventajas pueden ser muchas si el enfoque y el desarrollo son los adecuados. A continuación se describen las etapas esenciales que debe contener la auditoría ambiental. Las etapas que se presentan han sido adoptadas por algunas de las fuentes bibliográficas consultadas (Asociación Canadiense de Productores de Petróleo⁵, 1992; Cámara Internacional de Comercio⁶, 1988; Morelli, 1994, Editores Técnicos Especializados⁷, 1994 y Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, 1994).

1.3 ETAPAS DE LA AUDITORIA AMBIENTAL

Básicamente, una auditoría ambiental consiste de tres etapas, a saber:

Etapas 1. Actividades de planeación o preparatorias de la auditoría ambiental,

Etapas 2. Visita del sitio o desarrollo en campo

Etapas 3. Actividades posteriores a la visita de campo o de reporte de resultados.

Etapas 1. Actividades preparatorias de la auditoría ambiental

El éxito de una auditoría ambiental depende de la planeación de ésta. La planeación incluye dos tareas:

- A) La elaboración de un plan previo que establezca el trabajo detallado a desarrollar, y
- B) La preparación de actividades, tales como la reunión inicial, calendarización, asignación de responsabilidades, coordinación del cliente y desarrollo de protocolos específicos según el tipo de instalación.

Etapas 2. Desarrollo en campo

El Desarrollo en Campo está dividido en dos tareas; a saber

- A) Verificación de las instalaciones
- B) Muestreo y análisis

⁵ Canadian Association of Petroleum Producers

⁶ International Chamber of Commerce

⁷ Specialty Technical Publishers

Durante la tarea (A) de verificación de las instalaciones se presenta ante la empresa auditada el propósito y los objetivos de la auditoría ambiental, se confirma el alcance, se da a conocer el plan de auditoría, se presenta al grupo de auditores, se contacta al personal de la empresa, se define la agenda de trabajo, se establecen los canales de comunicación y se planea la reunión final de auditoría.

Las actividades para la verificación de las instalaciones son seis:

- (a) Identificación y comprensión de los sistemas de control administrativos, que incluye revisión de información básica, recorrido de la instalación y revisión del plan de auditoría;
- (b) Aseguramiento de los sistemas de control administrativos que identifiquen las debilidades de los controles internos, adaptación del plan de auditoría y definición de pruebas y verificación de estrategias;
- (c) Recopilación de evidencias, que incluye colección de datos, llenado de protocolos, revisión de hallazgos y observaciones;
- (d) Evaluación de hallazgos, desarrollo de un listado, integración y resumen de hallazgos y preparación del reporte de cierre de auditoría;
- (e) Reporte de hallazgos y discusión con el personal de la instalación; y
- (f) Revisión del supervisor.

Además, la verificación que se lleva a cabo incluye entrevistas con el personal, revisión de documentación, inspección visual de las instalaciones; así como del diseño, construcción y operación de las instalaciones, organización de la empresa auditada, capacitación del personal involucrado, legislación aplicable y registro de resultados de las actividades.

Las actividades de muestreo y análisis (B) tienen el propósito de confirmar o negar la existencia de áreas de riesgo potencial al ambiente en la instalación. La naturaleza y extensión de cualquier muestreo dependerá de los hallazgos encontrados en la tarea anterior, para lo cual se desarrollará el Plan de Muestreo y Análisis que será autorizado por la planta auditada; así como por la empresa supervisora (en caso de que exista).

La tarea B podrá incluir las siguientes actividades: muestreo y análisis de aguas superficiales y sedimentos, muestreo y análisis de agua del subsuelo, muestreo y análisis de suelo superficial, semiprofundo y subsuelo, muestreo y análisis de gas del subsuelo, emisiones atmosféricas, ruido, etc.

Etapas 3. Reporte de resultados

Los resultados sobre la auditoría ambiental se documentan y presentan en un reporte. De acuerdo a la PFPA, el reporte de la auditoría ambiental se entrega en tres volúmenes: el resumen ejecutivo, el informe de auditoría y los anexos. A continuación se describe someramente el contenido de cada volumen.

Resumen Ejecutivo

1.0 Síntesis

Este capítulo presenta codificados y en forma condensada todos los incumplimientos detectados durante la verificación de la instalación; así como los incumplimientos urgentes, el monto de inversión para éstos y el compromiso de cumplir con la legislación para resolver tales incumplimientos.

2.0 Dictamen

En éste se incluye el fundamento legal y en forma detallada los incumplimientos codificados y mencionados en la síntesis. Así como un resumen de las acciones necesarias, pero no limitadas para resolver los incumplimientos.

3.0 Plan de Acción

Este capítulo presenta en forma tabular los incumplimientos codificados, las acciones para resolverlos, el tiempo para cumplir las acciones y el fundamento legal.

4.0 Inversión Requerida

Se presenta en forma tabular las acciones y la inversión estimada para dar solución a cada incumplimiento.

5.0 Anexos Técnicos

Este capítulo presenta en forma esquemática la localización de la instalación, los diagramas de flujo de los procesos o actividades, los resultados de los análisis realizados por los auditores y el anexo fotográfico que complementa las observaciones de los incumplimientos.

Informe de Auditoría

1.0 Generalidades.

Este capítulo incluye la información del tipo de industria, número de empleados, tamaño, propósito, objetivo y alcances de la auditoría ambiental, lugar, fecha y áreas auditadas.

2.0 Instalaciones y Area Circundante.

Se describen en este capítulo los procesos y el listado de las materias primas y productos; así como las componentes ambientales que servirían como indicadores de los impactos a las áreas naturales circundantes y los asentamientos humanos.

3.0 Lineamientos Ambientales.

Este capítulo incluye la relación con todas las leyes y reglamentos aplicables que fundamenten cada incumplimiento en el área ambiental. Además, incluye la revisión de otras auditorías ambientales, inspecciones y medidas ambientales y

los planes, programas y procedimientos para las actividades de la empresa auditada.

4.0 Registros Ambientales.

Se incluyen los permisos, licencias y bitácoras con que cuenta la empresa.

5.0 Resultados del Plan de Auditoría Ambiental.

Este capítulo incluye la verificación de la aplicación de las medidas adoptadas por la empresa para minimizar los riesgos de la contaminación ambiental por la realización de actividades que constituyen un riesgo potencial para el ambiente.

6.0 Dictamen.

Esta sección indica en forma detallada las deficiencias detectadas durante el desarrollo de la auditoría ambiental respecto del estado de cumplimiento con las medidas y requerimientos aplicables. La presentación se realiza en el formato B3 marcado en los Términos de Referencia.

7.0 Plan de Acción.

Se indica, en este capítulo, las acciones, proyectos, estudios, obras, programas o procedimientos recomendados para solucionar la deficiencia o requisito mínimo detectado, establece el sistema de control que se llevará para que la autoridad asegure que no se repita la deficiencia.

8.0 Comentarios.

Se incluye lo relacionado con la evaluación de la auditoría, pero fuera de su alcance.

Anexos

Se presentan croquis de localización de las áreas de producción donde se generan emisiones, tablas de resultados de los análisis practicados durante la auditoría, copias de actas de inspección, fotografías de hallazgos.

Como resultado de la auditoría ambiental se resume información, se evalúa dicha información, se realiza una revisión física y se formulan conclusiones que identifican los aspectos que requieren mejora. Sin embargo, para que la auditoría ambiental sea efectiva y dé el máximo beneficio, es necesario que reúna los siguientes elementos.

1.4 ELEMENTOS DE LA AUDITORIA AMBIENTAL

a) Compromiso completo de la gerencia. Antes de iniciar una auditoría ambiental, es imperativo que el proyecto tenga el apoyo incondicional de la administración general de la empresa que será auditada. Sin tal apoyo, la auditoría ambiental sería un esfuerzo inútil, ya que no habría compromiso para

aprobar los gastos de capital para corregir incumplimientos. Además, si los incumplimientos no se corrigen, el reporte de auditoría podría crear más problemas técnicos y legales que resolverlos. Por ejemplo, el reporte podría ser utilizado en los tribunales, contra los gerentes de la planta como evidencia de conocimiento de problemas potenciales. Es importante, entonces, que la gerencia de los más altos niveles, abiertamente apoye una auditoría sistemática, bien dirigida. Tal compromiso se demuestra por el interés personal y la preocupación, la adopción de estándares altos, la asignación de recursos y personal apropiado y el seguimiento activo de recomendaciones.

b) Objetividad del equipo auditor. Los miembros principales del equipo auditor deben ser suficientemente destacados e independientes de la planta para asegurar objetividad, especialmente porque pueden criticar las acciones de los trabajadores de la instalación auditada;

c) Competencia profesional. Los miembros del equipo deben estar calificados y ser suficientemente maduros para proporcionar una evaluación realista y técnica. Las habilidades requeridas incluyen conocimiento legal de las regulaciones aplicables, conocimiento de ingeniería de los procesos, conocimiento de los materiales involucrados, experiencia en salud e higiene ocupacional y conocimientos de auditoría ambiental;

d) Procedimientos sistemáticos y bien definidos. Para asegurar una cobertura comprensible y eficiente de la empresa auditada deben adoptarse procedimientos apropiados;

e) Reportes escritos. Es evidente que el proceso debe documentarse apropiadamente, y debe entregarse a la gerencia respectiva un reporte claro. Este reporte debe concentrarse en observaciones objetivas y factuales.

f) Aseguramiento de la calidad. Es deseable contar con algunos mecanismos que mantengan la calidad del sistema auditado, y proporcionen aseguramiento en la consistencia y confianza de la compañía;

g) Seguimiento. Claramente el valor total de una auditoría puede ser obtenido únicamente si se lleva a cabo un seguimiento activo de los temas identificados, ya sea por la autoridad gubernamental que generó dicha auditoría o la gerencia de la compañía.

CAPITULO 2. LEGISLACIÓN SOBRE LA CONTAMINACION DEL SUELO

La intención de este capítulo es proporcionar una evaluación técnica de las políticas establecidas por México para desarrollar la identificación, caracterización, niveles de contaminación y criterios de restauración de la contaminación del suelo. La evaluación incluye comparaciones y contrastes con la legislación seguida en Estados Unidos de Norteamérica y México para señalar la capacidad que cada país tiene para limitar la contaminación del suelo.

A continuación, se presentan las generalidades que existen entre las legislaciones ambiental norteamericana y mexicana; asimismo, la legislación para la prevención y control de la contaminación del suelo. Sin embargo, antes de revisar la legislación sobre la contaminación del suelo, se presenta la legislación sobre residuos peligrosos, ya que el manejo inapropiado de éstos es una de las principales causas que deteriora al suelo.

2.1 GENERALIDADES SOBRE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL MEXICANA Y NORTEAMERICANA

Los sistemas de legislación ambiental (conjunto de leyes por las cuales se gobierna un Estado en cuestiones de su medio ambiente) de México y Estados Unidos difieren en tres aspectos fundamentales, a saber:

- (1) El enfoque del sistema de legislación,
- (2) El alcance del sistema legislativo, y
- (3) El grado de integración de las herramientas para legislar.

Con respecto al primer aspecto, el enfoque del sistema de legislación norteamericano tiene su base en la ley común y en precedentes, es decir, los ciudadanos que demuestran lesiones o daños ambientales pueden presentar su caso al tribunal para que se ejerza justicia contra la industria o el gobierno, por los perjuicios ocasionados o por no implementar adecuadamente una ley, respectivamente. Por el contrario, el sistema mexicano tiene sus bases en la ley civil, la cual recae sobre fuerzas administrativas, es decir, la autoridad ambiental puede imponer multas directamente sin necesidad de solicitarlas a los tribunales, puede clausurar parcial o totalmente las plantas industriales que no cumplan con las acciones correctivas descritas en los reglamentos y nunca puede ser demandada ante el tribunal por no implementar adecuadamente una ley. Por otro lado, debido a que el sistema de México no está basado en la facultad judicial (no se presentan demandas contra daños ambientales), la petición ciudadana está limitada, es decir, la autoridad ambiental requiere investigar y adjudicarse el caso ella misma hasta que la queja se documente.

En relación con el segundo aspecto, el alcance del sistema legislativo norteamericano es más amplio y detallado que el mexicano. El sistema de legislación norteamericano dirige muchas áreas de preocupación ambiental con las que el sistema mexicano aún no empieza a tratar; por ejemplo, normas ambientales para proteger el bienestar público, programas para proteger el deterioro del suelo en áreas que actualmente no están contaminadas y programas para controlar el uso de sustancias peligrosas. Además, la infraestructura ambiental norteamericana permite a la entidad ambiental, Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos⁶ (USEPA, por sus siglas en inglés), delegar muchas de sus responsabilidades en las oficinas estatales y municipales, ya que están claramente definidas. Aunque la estructura legislativa mexicana permite delegar, los estados mexicanos no han desarrollado sus propias normas ambientales.

Finalmente, con respecto al grado de integración de las herramientas o normas para legislar, en Estados Unidos están separadas en cada aspecto ambiental, es decir, los requerimientos de control que afectan las emisiones al aire, las descargas de contaminantes al agua y la generación de residuos están desarrolladas independientemente, sin considerar la transferencia de contaminantes a un aspecto ambiental con controles menos estrictos. (La única excepción de este enfoque es la legislación en las plantas de papel, donde se desarrolla una estrategia para el control de las emisiones y descargas hacia el agua, aire y suelo). En contraste, el sistema de legislación ambiental mexicano relaciona directamente todos los recursos naturales. Este criterio se deriva del Artículo 27° de la Constitución Mexicana y guía al desarrollo de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), la cual proporciona una visión integral del problema de contaminación ambiental. (Los inspectores de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente consideran todos los puntos de descarga en sus inspecciones). Sin embargo, las herramientas o normas para regular la contaminación dirigida a cada aspecto ambiental no están desarrolladas totalmente, al faltar éstas se deja al criterio del inspector las medidas correctivas.

2.2 LEGISLACION PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL SUELO

La intención de este subcapítulo es la de presentar la legislación sobre la prevención y control de la contaminación del suelo; sin embargo, primero es necesario revisar la principal actividad que lo deteriora. La causa más importante de contaminación del suelo es el manejo (almacenamiento, tratamiento o disposición) indebido de residuos peligrosos sobre éste (Congreso de México, D.O. 28 de enero de 1968). Por lo tanto, es este contexto el que se considera al seleccionar la legislación que se compara y contrasta.

⁶ U.S. Environmental Protection Agency (USEPA)

No se revisa la legislación sobre el manejo de sustancias peligrosas, ya que con las sustancias peligrosas se tiene mayor control y cuidado porque generalmente son las materias primas de los procesos productivos; un derrame o desperdicio de alguna de ellas significa pérdida de dinero.

A continuación, se introduce la legislación norteamericana que controla el manejo de residuos peligrosos; posteriormente, su contraparte mexicana con una breve descripción de los antecedentes de ambas. Finalmente, sólo se presenta la legislación norteamericana que dirige las acciones de restauración en suelos contaminados, ya que aún no existe legislación mexicana sobre este tema.

Es a través de esta tesis que se quiere insistir en la necesidad urgente de definir los criterios y completar las normas para regular el manejo de los residuos peligrosos y desarrollar las actividades de restauración para que pueda iniciarse el trabajo de recuperación de suelos utilizados por actividades industriales, que han sido contaminados por disposición inapropiada de residuos peligrosos y que tal contaminación ha sido detectada a través del uso de cualquiera de los cuatro tipos de auditoría ambiental descritas en el capítulo 1 y por medio de la metodología presentada en el capítulo 3.

2.2.1 Legislación norteamericana sobre residuos peligrosos (RCRA)

En la legislación norteamericana existe desde 1965 la Ley sobre Disposición de Residuos Sólidos y desde 1970 la Ley de Recuperación de Recursos, las cuales en 1976 se fusionaron para formar la Ley de Conservación y Recuperación de Recursos⁹ (RCRA, por sus siglas en inglés), la cual tiene el objetivo principal de reducir la generación de los residuos peligrosos y conservar las fuentes naturales y de energía. El generador de residuos peligrosos es responsable desde que genera el residuo hasta que dispone de él, e inclusive después de la disposición. La entidad gubernamental que hace cumplir la legislación norteamericana sobre residuos peligrosos es la Agencia de Protección Ambiental (USEPA, por sus siglas en inglés). En la tabla 2.1 se presenta el índice general de la Ley de Conservación y Recuperación de Recursos.

La intención expresa de tal ley es que el generador de residuos peligrosos mantenga registros que identifiquen, con precisión, los constituyentes y las cantidades de esos desperdicios peligrosos; utilice recipientes y prácticas de rotulado apropiados en el manejo y almacenamiento; contrate transportistas e instalaciones aprobadas para manejar residuos fuera de las instalaciones de su proceso; proveer un análisis preciso de los constituyentes a su transportista y a las instalaciones de tratamiento del residuo; entregar cuentas de todos los embarques, con documentos que certifiquen transporte y disposición apropiados; turnar reportes periódicos de contingencia y emergencia a la USEPA o a la

⁹ Resource Conservation and Recovery Act (RCRA)

Tabla 2.1

Contenido de la Ley de Conservación y Recuperación de Recursos (RCRA)

H - Disposición de Residuos Sólidos	A - Provisiones Generales	1002	Búsqueda del congreso
		1003	Objetivos y Políticas Nacionales
		1004	Definiciones
	B - Oficina de residuos sólidos, autoridades de la administración C - Manejo de residuos peligrosos	3001	Identificación y listado de los residuos peligrosos
		3002	Normas aplicables a los generadores de residuos peligrosos
		3003	Normas aplicables a los transportistas de residuos peligrosos
		3004	Normas aplicables a los poseedores u operadores de plantas de disposición de residuos peligrosos
		3005	Permisos para las plantas de disposición de residuos peligrosos
		3006	Estados autorizados en los programas de residuos peligrosos
		3007	Inspecciones
		3008	Sanción Federal
		3009	Retención de la autoridad estatal
		3010	Fecha efectiva (publicación y regulaciones)
		3011-3099	Otros

Tabla 2.1 (Continuación)

Contenido de la Ley de Conservación y Recuperación de Recursos (RCRA)

Artículo	Descripción	Sección	Contenido
II - Disposición de Residuos Sólidos	D- Planes de residuos sólidos estatales o regionales	4004	Criterios para rellenos sanitarios
	E- Responsabilidades de la Secretaría de Comercio en la recuperación de recursos		
	F- Responsabilidades federales		
	G- Provisiones misceláneas	7001	Protección a empleados
		7002	Petición ciudadana
		7003	Peligro inminente
	H- Investigación, desarrollo, demostración e información		
	I- Regulaciones de tanques subterráneos de almacenamiento		

dependencia de protección ambiental del estado que corresponda; normas de cierre y posteriores al cierre y medidas de responsabilidad por contingencia financiera. Además, incluye regulaciones sobre: autorizaciones, inspecciones, multas y encarcelamiento por incumplimiento de la ley; recuperación de energía y materiales a partir de los residuos; disposición de residuos peligrosos en confinamientos; protección a los empleados y disposiciones durante riesgo inminente.

Posteriormente, en 1984 la ley RCRA fue reformada. La Reforma para Residuos Sólidos y Peligrosos¹⁰ tiene las siglas en inglés HSWA. Esta reforma incluye, principalmente, la introducción del concepto "de la cuna a la tumba" y regulaciones sobre el almacenamiento en tanques subterráneos.

2.2.2 Legislación mexicana sobre residuos peligrosos (RLGEEPAMP)

Con respecto a la legislación mexicana, en 1961 se emite la Ley Federal de Protección al Ambiente, la cual fue abrogada en 1986. Para sustituirla, se emite la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), donde se establecen por primera vez los criterios generales sobre el manejo de los materiales y residuos peligrosos y la prevención y control de la contaminación del suelo.

Como se muestra en la ley, los criterios de la LGEEPA son imprecisos, incompletos y ambiguos; sin embargo, son una primera aproximación que tendrá que ser completada. La entidad gubernamental mexicana que hace cumplir la LGEEPA es la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). En la tabla 2.2 se presenta el índice general de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Asimismo, en 1988 se emite el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Residuos Peligrosos (RLGEEPAMP), su índice general se presenta en la tabla 2.3.

El reglamento contiene criterios similares a los norteamericanos, por ejemplo: registrarse como generador, llevar un control de los residuos generados, contratar transportistas y sitios de disposición autorizados y mantener control de los residuos durante el transporte y disposición. Sin embargo, contiene disposiciones generales, que no especifican acciones correctivas. Se limita a referir, en forma vaga, características y condiciones para los que almacenan, manejan, transportan

¹⁰ Hazardous and Solid Waste Amendments (HSWA)

Tabla 2.2

Contenido de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)

TITULO PRIMERO. DISPOSICIONES GENERALES
Capítulo I. Normas preliminares
Capítulo II. Concurrencia entre la federación, las entidades federativas y los municipios
Capítulo III. Atribuciones de la Secretaría y coordinación entre las dependencias y entidades de la administración pública federal
Capítulo IV. Política ecológica
Capítulo V. Instrumentos de la política ecológica
TITULO SEGUNDO. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS
Capítulo I. Categorías, declaratorias y ordenamientos de áreas naturales protegidas
Capítulo II. Sistema Nacional de áreas naturales protegidas
Capítulo III. Flora y fauna silvestra y acuática
TITULO TERCERO. APROVECHAMIENTO RACIONAL DE LOS RECURSOS NATURALES
Capítulo I. Aprovechamiento racional del agua y los ecosistemas acuáticos
Capítulo II. Aprovechamiento racional del suelo y sus recursos
Capítulo III. Efectos de la exploración y explotación de los recursos no renovables en el equilibrio ecológico

Tabla 2.2
(Continuación)

**Contenido de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
(LGEEPA)**

TITULO CUARTO. PROTECCION AL AMBIENTE
Capítulo I. Prevención y control de la contaminación de la atmósfera
Capítulo II. Prevención y control de la contaminación del agua y los ecosistemas acuáticos
Capítulo III. Prevención y control de la contaminación del suelo
Capítulo IV. Actividades consideradas como riesgosas
Capítulo V. Materiales y residuos peligrosos
Capítulo VI. Energía nuclear
Capítulo VII. Ruido, vibraciones, energía térmica y lumínica, olores y contaminación visual
TITULO QUINTO. PARTICIPACION CIUDADANA
TITULO SEXTO. MEDIDAS DE CONTROL Y DE SEGURIDAD Y SANCIONES
Capítulo I. Observancia de la ley
Capítulo II. Inspección y vigilancia
Capítulo III. Medidas de seguridad
Capítulo IV. Sanciones administrativas
Capítulo V. Recurso de inconformidad
Capítulo VI. De los delitos del orden federal
Capítulo VII. Denuncia popular
Transitorios

Tabla 2.3

**Contenido del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la
Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos
(RLGEEPAMRP)**

CAPITULO I. DISPOSICIONES GENERALES
CAPITULO II. DE LA GENERACION DE RESIDUOS PELIGROSOS
CAPITULO III. DEL MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS
CAPITULO IV. DE LA IMPORTACION Y EXPORTACION DE RESIDUOS PELIGROSOS
CAPITULO V. DE LAS MEDIDAS DE CONTROL Y DE SEGURIDAD Y SANCIONES
TRANSITORIOS

tratan o disponen residuos peligrosos. En seguida se indican algunos ejemplos:

- no indica con claridad cuales son las responsabilidades que tiene el generador de residuos peligrosos cuando inapropiadamente los almacena, etiqueta, trata, transporta o dispone;
- tampoco establece una clasificación por tipo de generadores de residuos peligrosos (pequeños, grandes), que precise la cantidad que puede ser almacenada según la capacidad de generación y por cuanto tiempo, antes de ser dispuesta;
- el envasado, etiquetado y almacenamiento está remitido a unas normas específicas que después de siete años aún no han sido emitidas;
- las condiciones especificadas para el almacenamiento (Art. 15-20), debieran remitirse a una norma especial, donde se clarifique más ampliamente no sólo las condiciones de almacenamiento temporal para todos los tipos de residuos en las diferentes actividades industriales, sino para establecer programas de prevención de generación y de riesgo por almacenamiento;
- la disposición final sólo está referida a confinamientos controlados, no a unidades de reciclaje o a otras tecnologías de tratamiento actuales o de vanguardia;
- el manejo de los bifenilos policlorados (BPC), está enfocado sólo a tratamiento químico o incineración, sin establecer niveles de contaminación en los equipos que comúnmente los contienen y sin normar las instalaciones de incineración para los BPC u otros residuos;
- la redacción del Reglamento está en tiempo futuro, es decir, las obligaciones por cumplir las harán efectivas en algún momento posterior, no en el ahora;
- el uso de sustantivos generales como generación, transportación, disposición, no dirige específicamente hacia las acciones que deben cumplir, ni asigna responsabilidades a los que ejecutan estas acciones.

En suma, existen discrepancias entre un sistema regulatorio y el otro; sin embargo, en lo general las discrepancias han decrecido y cada vez hay mayor similitud con el sistema norteamericano. En cuanto a lo particular, el sistema regulatorio mexicano demanda completar las actividades relacionadas con el manejo de los residuos peligrosos, como se menciona en las siguientes conclusiones obtenidas del análisis de las tablas 2.4-2.11, donde se compara y contrasta con detalle la ley RCRA y el RLGEPPAMRP, de acuerdo al siguiente orden:

Tabla 2.4	Manifiestos de residuos peligrosos
Tabla 2.5	Generadores de residuos peligrosos
Tabla 2.6	Transportistas de residuos peligrosos
Tabla 2.7	Instalaciones de tratamiento, almacenamiento o disposición
Tabla 2.8	Normas de tratamiento o disposición
Tabla 2.9	Acción correctiva

Tabla 2.10 Tanques subterráneos

Tabla 2.11 Responsabilidad y acciones de sanción

Las tablas se presentan al final de este capítulo. En cada tabla se indica el tema de comparación y las referencias de la legislación se hacen al principio del asunto de comparación.

2.2.3 Conclusiones de la comparación y contraste de residuos peligrosos

A continuación se presentan las conclusiones que se obtuvieron de la comparación y contraste de la legislación norteamericana RCRA y la mexicana RLGEEPAMRP sobre residuos peligrosos.

Con respecto a los manifiestos de residuos peligrosos, tabla 2.4, existe una gran concordancia entre ambos sistemas, RCRA y RLGEEPAMRP persiguen el mismo objetivo: el uso de un sistema de manifiestos que limite los riesgos de tiraderos ilegales y registre los envíos de residuos peligrosos hasta sitios autorizados. Sin embargo, debido a que en la legislación mexicana no se especifican las sanciones a las que se harían merecedores los generadores que no cumplan con tal sistema, todavía faltan muchos cargamentos de residuos peligrosos por registrar. Por otro lado, en la legislación norteamericana quien no registra sus envíos de residuos peligrosos no tiene derecho a solicitar apoyo técnico o económico de ningún tipo para sus instalaciones.

En lo relativo a los generadores de residuos peligrosos, tabla 2.5, RCRA establece siete reglas generales que cuando referencian la obtención de un permiso o el uso de un formato, siempre existen las entidades administrativas referidas. Además, incluye preceptos para los pequeños generadores, permitiéndoles mayores tiempos para el almacenamiento temporal al generar menores cantidades de residuos. Asimismo, para los generadores de residuos peligrosos agudos les indica cuales son y cuanto deben manejar; así como, los criterios para los exportadores de residuos peligrosos. Por otro lado, la legislación mexicana sólo establece en el Art. 8 lineamientos muy generales para los generadores de residuos peligrosos y el reglamento no incluye clasificación de éstos. Sin embargo, en catorce artículos del reglamento se incluyen las acciones que regirán la importación y exportación de residuos peligrosos; además, existen acuerdos internacionales relativos a la importación y exportación de materiales o residuos que puedan causar daños al ambiente; así como procedimientos de autorización de la importación y exportación de materiales y residuos peligrosos. Como se aprecia, esta área ha recibido mayor atención; sin embargo aún le falta clarificar más los procedimientos establecidos.

En relación con los transportistas de residuos peligrosos, tabla 2.6, existe una gran concordancia entre ambos sistemas, RCRA y RLGEEPAMRP persiguen el

mismo objetivo: controlar el destino de los envíos de residuos peligrosos a sitios autorizados a través de transportistas registrados que cumplen con el sistema de manifiestos. Sin embargo, la legislación mexicana no especifica las sanciones a las que se harían merecedores los transportistas que no cumplan con tal sistema. Por lo tanto, falta completar la legislación mexicana en este sentido. Las responsabilidades en la legislación norteamericana de los transportistas se pueden apreciar en la tabla 2.10.

Con respecto a las instalaciones de tratamiento, almacenamiento o disposición (ITAD), tabla 2.7, la legislación norteamericana establece con precisión los mecanismos administrativos desde que una ITAD se proyecta, se le inspecciona sobre su operación y mantenimiento, efectúa análisis de sus residuos, da respuesta a emergencias, entrega sus reportes de operación, monitorea el agua subterránea, cierra la instalación y define acciones posteriores al cierre. Desafortunadamente, en la legislación mexicana sólo se marca en el artículo 10 la obligación del manejo de los residuos peligrosos, pero no se establecen los procedimientos administrativos para hacerlo correctamente. El reglamento no establece auto-inspecciones por parte de los propietarios a sus ITAD, ni monitoreo de agua subterránea, ni prevé acciones para el cierre y posteriores a éste; lo que sí establece es el análisis de residuos y la comparación de toxicidad por medio de una norma oficial mexicana (NOM-053-ECOL/93) más estricta que la norteamericana, menciona someramente tres acciones como respuesta a emergencias que deben realizar las ITAD antes de iniciar operaciones; pide reporte semestralmente de sus operaciones y da lineamientos muy específicos sobre las áreas de almacenamiento de residuos peligrosos (Art. 15-20). En este último caso, se debió establecer una norma oficial mexicana (NOM) exclusiva para el almacenamiento de residuos peligrosos y sus riesgos; la inserción en el reglamento de estos artículos impide que puedan ser ampliados, clarificados o complementados; ya que modificar un reglamento es más complicado jurídicamente que hacerlo con una NOM.

En lo relativo a las normas de tratamiento para permitir la disposición en suelo de residuos peligrosos no tratados, tabla 2.8, la legislación norteamericana establece claramente disposiciones sobre los residuos que no pueden ser confinados; así como los tiempos de cumplimiento de tal disposición, sus extensiones y el criterio de nuevas tecnologías que rigen las normas sobre tratamiento, almacenamiento y disposición. Por otro lado, la legislación mexicana sólo establece en el artículo 30 del RLGEPPAMRP que el tratamiento de los residuos peligrosos se hará de acuerdo a las normas que se emitan para tal fin. En la actualidad sólo existen cuatro normas (NOM-055,056,057 y 058-ECOL/93), las cuales establecen los requerimientos de diseño, construcción y operación de los confinamientos para residuos peligrosos; la entidad ambiental de México no ha definido el criterio tecnológico que usará para dar tratamiento o disposición a los residuos peligrosos, además del confinamiento.

En relación con las disposiciones de acciones correctivas, tabla 2.9, la legislación norteamericana establece las obligaciones de los propietarios u operadores de las instalaciones de tratamiento, almacenamiento o disposición de residuos peligrosos para detectar problemas de contaminación y realizar las acciones correctivas correspondientes. La legislación mexicana, sin embargo, no prevé absolutamente nada sobre esta materia.

Con respecto a la legislación de los tanques subterráneos de almacenamiento, tabla 2.10, la ley norteamericana reformada en 1984 introduce el control total de este tipo de dispositivos que incluye registro de tanques nuevos y viejos; normas de funcionamiento técnico; sistema de protección; diseño, construcción, operación e instalación de los tanques, detección de fugas y su notificación; así como la notificación de venta o clausura. Por otro lado, en la legislación mexicana no existe ningún instrumento jurídico para tanques subterráneos, sólo existen unas guías de Petróleos Mexicanos que establecen diseño, construcción, sistemas de protección, pruebas de hermeticidad, etc. que usan sus distribuidores de combustibles (gasolinerías principalmente) para que puedan ser autorizados para expender estos productos. No se incluyen los nombres de estas guías, ya que no son publicaciones oficiales.

Finalmente, en relación con las responsabilidades y sanciones, tabla 2.11, la legislación norteamericana establece las responsabilidades de los generadores, transportistas e instalaciones de tratamiento, almacenamiento y disposición que no cumplan con la ley RCRA. Asimismo, establece las acciones para resolver las sanciones civiles y penales. Del mismo modo, la legislación mexicana dispone las sanciones civiles y penales por incumplimiento del reglamento; sin embargo, no establece las responsabilidades de los que manejan residuos peligrosos.

2.2.4 Legislación norteamericana sobre contaminación de suelo (CERCLA)

Por otro lado, en 1980 en Estados Unidos se establecieron apresuradamente algunos compromisos legislativos que crearon más problemas que soluciones. Entonces, se emitió la Ley de Responsabilidad, Indemnización y Amplia Respuesta Ambiental¹¹ (CERCLA por sus siglas en inglés), en parte, para llenar el espacio que deja la Ley de Conservación y Recuperación de Recursos (RCRA) para cubrir sitios inactivos y prácticas pasadas de disposición.

La CERCLA establece un fondo gigantesco procedente de impuestos y donaciones, conocido como "superfondo", inicialmente de 1.6 billones de dolares americanos para que la USEPA desarrolle la política nacional y los procedimientos para contener y remover derrames de sustancias peligrosas y limpie sitios contaminados. Posteriormente, en 1986, se reforma la Ley CERCLA en la Ley de

¹¹ Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability (CERCLA)

Reforma y Reautorización del Superfondo¹² (SARA por sus siglas en inglés) que proporciona fondos federales (9 billones americanos) para atender sitios donde no es posible identificar al contaminador o éste no tiene la capacidad económica y técnica para limpiar el sitio y establece que la USEPA y la Agencia de Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades elaboren una lista de las sustancias que se encuentra en los residuos peligrosos para elaborar perfiles toxicológicos.

La ley CERCLA o Superfondo establece el esquema de notificaciones por derrames y por actividades de disposición previas. Asimismo, establece la Lista Nacional de Prioridades (LNP), la cual incluye los sitios más seriamente contaminados que sean candidatos para su limpieza y el Plan Nacional de Contingencia (PNC), que establece los procedimientos de cómo limpiar un sitio de la LNP y cualquier otro lugar contaminado. Además, indica las responsabilidades de las partes potencialmente participantes de derrames o liberaciones de sustancias y residuos peligrosos y sus procedimientos de convenio.

Se presenta en la tabla 2.12, un esquema comparativo entre las Leyes RCRA y CERCLA que permite aclarar el propósito y alcance de cada legislación.

La legislación norteamericana que establece las responsabilidades de los que han contaminado el suelo dista de ser perfecta; algunos, como los representantes de la industria, claman el hecho de que la sociedad tiene que compartir el costo de la contaminación, ya que ésta se produjo porque la vida moderna demanda diversos productos de la industria de transformación que han sido disfrutados por la sociedad. Otros, no consideran justo que se apliquen normas actuales al resultado de los métodos de disposición que fueron practicados en el pasado y que fueron aceptados en ese momento. Algunos más, sostienen que el sistema del superfondo actúa para detener las prácticas irresponsables que puedan conducir a la contaminación.

Muchos consideran que el proceso es ineficiente y lento, que los únicos que realmente han ganado son los abogados, que se ha desviado el dinero de la restauración a los tribunales, que no se han establecido los criterios de que "tan limpio es limpio", que las normas del programa de limpieza son muy rígidas y los riesgos asociados con los sitios por limpiar están excedidos y que si las grandes corporaciones han obtenido enormes ganancias debido a las actividades que resultaron en contaminación, que lo paguen. Aún los activistas ambientalistas han pedido ciertas reformas al programa. Actualmente, el congreso norteamericano no está dispuesto a ceder a las críticas del sistema de superfondo; sin embargo, en 1980 cuando diseñó la ley CERCLA nunca visualizó que el problema de contaminación estuviera tan difundido.

¹² Superfund Amendments and Reauthorization Act (SARA)

Tabla 2.12

Comparaciones entre RCRA y CERCLA

RCRA y CERCLA son leyes que fueron desarrolladas para proteger la salud y el ambiente; sin embargo, entre ellas existen diferencias. CERCLA es un programa orientado a dar a la EPA la autoridad para llevar a cabo limpiezas o para obligar a las partes potencialmente responsables para remediar los sitios de la lista nacional de prioridades. Por otro lado, RCRA es una ley orientada al proceso, la cual obliga a los dueños a manejar sus instalaciones de una manera especificada. Además, RCRA es un programa relativamente inflexible, mientras CERCLA es flexible y práctico.

RCRA	CERCLA
Regular todas las actividades aplicables de manejo de residuos peligrosos	Realizar acciones de remediación en sitios de la lista nacional de prioridades
Proteger la salud y el ambiente	Proteger la salud y el ambiente
Promulgada para regular a los generadores, transportistas y operadores de las instalaciones de tratamiento, almacenamiento y disposición de residuos peligrosos	Dirigida a los generadores, transportistas y operadores de instalaciones de tratamiento, almacenamiento y disposición de residuos peligrosos
Sólo pueden ser regulados componentes específicos del tratamiento, almacenamiento y disposición. Estos son: <ul style="list-style-type: none"> · contenedores, · incineradores, · confinamientos, · unidades de tratamiento , · embalses superficiales, · tanques, · pilas de residuos 	Dirigida a cualquier amenaza a la salud y al ambiente debida a la liberación de sustancias peligrosas
La reforma de los residuos sólidos y peligrosos también regula las unidades de residuos sólidos en las instalaciones de tratamiento, almacenamiento y disposición.	
Las operaciones de incineración están sujetas a los estándares de funcionamiento mínimos aceptables	Los estándares son interpretativos, basados en la salud y establecidos en una base de caso por caso.
El costo beneficio no está considerado en este programa	Las acciones de remediación deben tener costo beneficio.

RCRA	CERCLA
El material regulado incluye residuos peligrosos y todos los residuos listados y designados por 40 CFR parte 261	<p>Los materiales regulados incluyen las sustancias designadas en las siguientes secciones:</p> <p>Ley federal de control de la contaminación del agua 33 USC Art. 1321(b)(2)(A), 1317(a) 40 CFR parte 262</p> <p>Ley del aire limpio 42 USC Art. 7412</p> <p>Ley de control de sustancias tóxicas 15 USC Art.2606</p> <p>Ley de respuesta, compensación y responsabilidad ambiental 42 USC Art. 9602</p> <p>las cuales permiten a EPA designar cualquier elemento, compuesto, mezcla, solución o sustancias como sustancias peligrosas.</p>

Las entidades gubernamentales deben aplicar interpretaciones técnicas y políticas innovadoras cuando aplican las regulaciones de RCRA y las acciones de CERCLA en la transferencia de propiedades RCRA a sitios CERCLA. La EPA regula que cualquiera de las siguientes cuatro condiciones se deben aplicar antes de que una instalación RCRA se pueda transferir al programa de limpieza del Superfondo:

- El dueño u operador de una instalación RCRA declare bancarota y las cortes protejan los activos de la instalación.
- Una instalación RCRA pierda su autorización para operar. Por ejemplo, la EPA puede negar a una instalación el permiso requerido para operar, o la EPA pueda revocar el estatus intermedio.
- Una instalación RCRA sea negligente al someter o ejecutar un plan de cierre aceptable.
- Una instalación RCRA viole otras directrices de RCRA.

La única responsabilidad de la EPA dentro de los programas de residuos es la ejecución de la acción correctiva de RCRA.

2.2.5 Legislación mexicana sobre contaminación del suelo (LGEEPA)

En México, por otro lado, no hay una legislación adecuada para prevenir y controlar la contaminación del suelo. Lo único que existe son los 11 artículos del Título IV, Capítulo III de la LGEEPA, Prevención y Control de la Contaminación del Suelo, donde se establecen criterios muy generales sobre el tema; como el de referenciar la aparición de normas próximas sobre descarga a suelos y procesos industriales que generen sustancias de lenta degradación; y prohibir la importación de residuos para su confinamiento. Asimismo, falta desarrollar el reglamento y las normas respectivas que establezcan, entre otras cosas:

- las responsabilidades y los ordenamientos para evitar que los sitios que han sido ocupados, dañados y contaminados queden en las mismas condiciones cuando llega otro residente;
- los procedimientos para la identificación de tales sitios,
- los métodos de caracterización de la contaminación,
- los niveles típicos y máximos de contaminación permitidos en caso de derrames o liberaciones de sustancias o residuos peligrosos; y
- los criterios de limpieza, remoción y restauración de un sitio.

La ausencia de disposiciones adecuadas y consistentes, hacen poco efectiva la prevención y control de la contaminación del suelo, pues la vaguedad, ambigüedad e inconsistencia de la LGEEPA motivan limitaciones que deben ser corregidas para poder enfrentar con decisión los retos del saneamiento del suelo en México.

2.2.6 Conclusiones del contraste sobre contaminación del suelo.

En las tablas 2.13 a 2.19, se presentan en el orden siguiente sólo los detalles de la ley CERCLA, ya que en México no existen regulaciones equivalentes a las del Superfondo. Las tablas se pueden consultar al final de este capítulo.

Tabla 2.13	Definición de sustancias peligrosas
Tabla 2.14	Notificación de contaminación
Tabla 2.15	Limpieza
Tabla 2.16	Superfondo
Tabla 2.17	Programa para fugas de petróleo para tanques subterráneos
Tabla 2.18	Responsabilidad
Tabla 2.19	Procedimientos de convenio

En la tabla 2.13 se presenta la definición de sustancia peligrosa, la cual incluye los contaminantes tóxicos y las sustancias listadas en las leyes de: agua limpia, aire limpio y control de sustancias tóxicas. Como se aprecia, esta ley incluye las

sustancias y los residuos peligrosos que puedan contaminar cualquiera de los medios que forman el ecosistema de la tierra.

Con respecto a las responsabilidades de notificación para quien derrama y para quien posee una instalación para tratamiento, almacenamiento o disposición de sustancias peligrosas, tabla 2.14, se indica como el primer paso en el proceso del Superfondo, la identificación de los sitios que puedan estar contaminados. Asimismo, se establecen los dos procedimientos para identificarlos: el reporte de liberación y la notificación.

En la tabla 2.15, se presenta la distinción de las acciones de limpieza: la remoción, acciones de corto plazo, y la restauración, acciones de largo plazo; así como, el alcance de cada una y las responsabilidades de los subcontratista que participan en la limpieza.

En relación con el Superfondo, tabla 2.16, se especifica la forma para hacer reclamaciones de reembolso por gasto efectuados al llevar a cabo medidas de restauración emergentes. Actividad que se alienta entre los particulares.

En la tabla 2.17, se menciona el programa específico que existe para fugas de tanques de petróleo, el cual tiene como financiamiento un fondo como el de CERCLA pero de menor monto.

En lo relativo a las responsabilidades, tabla 2.18, se establece la definición para calificar como parte responsable que incurrió en derrames o liberaciones de sustancias y residuos peligrosos. Así como, las responsabilidades y su costo de las partes responsables, de los que prestan el dinero para hacer la restauración, de los contribuyentes que pueden ayudar a pagar esos gastos y de la defensa existente para liberarse del pago de la restauración.

Finalmente, con respecto a los procedimientos de convenio, tabla 2.19, se indican los criterios para efectuar los acuerdos entre las partes responsables de contaminación y la autoridad ambiental. Así como, los requerimientos de responsabilidad financiera para los propietarios y operadores de instalaciones de tratamiento, almacenamiento y disposición, recipientes y transportistas de sustancias y residuos peligrosos.

TABLA 2.4

TEMA: MANIFIESTOS DE RESIDUOS PELIGROSOS

RCRA = Ley de Conservación y Recuperación de Recursos.

RLGEEPAMRP = Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos

RCRA	RLGEEPAMRP
<p>Title II, Subtitle C, Section 3001 RCRA requiere mantener registros en conexión con todos los embarques de residuos peligrosos regulados. Esto se cumple a través del uso de los manifiestos uniformes de residuos peligrosos (Formato EPA NUM. 8700-22). (El sistema de manifiestos es para limitar los riesgos de tiraderos ilegales u otras disposiciones no registradas de residuos peligrosos enviados por los generadores, creando un registro que demuestre donde fueron enviados todos los residuos hasta que llegaron a las instalaciones autorizadas de tratamiento, almacenamiento o disposición de residuos peligrosos)</p>	<p>Art. 21 Los movimientos de entrada y salida de residuos peligrosos del área de almacenamiento deberán quedar registrados en una bitácora, donde se indique fecha del movimiento, origen y destino del residuo peligroso</p> <p>Art. 22 La recolección de residuos peligrosos fuera de las instalaciones donde se generen o manejen, así como el transporte de los mismos, deberá realizarse conforme a lo dispuesto en este reglamento y en las normas técnicas que al efecto se expidan.</p> <p>Art. 23 Para transportar residuos peligrosos a cualquiera de las instalaciones de tratamiento o de disposición final deberá presentar los formatos de manifiestos que requiera para el transporte</p>
<p>Los formatos de manifiestos incluyen secciones que completa cada uno de los participantes en el proceso de manejo de los residuos peligrosos (generadores, transportistas e instalaciones de tratamiento, almacenamiento o disposición)</p> <p>La información que deben incluir son:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) Una descripción de la naturaleza y cantidad de residuos embarcados. (2) El nombre y dirección de la instalación designada para recibir el residuo. (3) El número y tipos de contenedores utilizados. (4) Instrucciones especiales de manejo, si las hay; y (5) Cualquier discrepancia significativa entre el residuo como se describió en el manifiesto y el residuo embarcado realmente. 	<p>Acuerdo por el que se dan a conocer los formatos en los que la industria nacional debe declarar la generación de residuos peligrosos. (Diario Oficial 3/Mayo/1989)</p> <p>Manifiesto para empresas generadoras de residuos peligrosos, el cual incluye:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nombre, dirección y giro industrial de la empresa generadora de residuos peligrosos. 2. Descripción del residuo peligroso (estado físico, composición química y peligrosidad) 3. Cantidad y tipo de contenedor. 4. Instrucciones especiales de manejo (almacenamiento, recolección y disposición final). 5. Firma del responsable de la generación. 6. Nombre y dirección de la empresa transportadora de residuos peligrosos. 7. Nombre, firma y cargo de la empresa transportadora. 8. Fecha y ruta de embarque. 9. Nombre y firma del destinatario.

TABLA 2.4

RCRA	RLGEEPAMRP
Existe formato equivalente	<p>Manifiesto de entrega, transporte y recepción de residuos peligrosos, el cual incluye:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Identificación de la empresa generadora (nombre, dirección, giro industrial y licencia de funcionamiento) 2. Características del residuo (nombre, peligrosidad, cantidad generada y tipo de contenedores) 3. Instrucciones de manejo (riesgos involucrados y procedimientos para caso de emergencia) 4. Identificación de la empresa transportadora (nombre, número de registro de SCT, domicilio, nombre del transportista, fecha de embarque, ruta, tipo de vehículo, placa del vehículo) 5. Identificación de la empresa destinataria (nombre, dirección, registro, responsable que recibe, firma y fecha de recepción) 6. Observaciones (discrepancias al recibir el envío entre los residuos descritos en el manifiesto)
Existe formato equivalente	<p>Manifiesto para casos de derrame de residuos peligrosos por accidente, el cual incluye:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Identificación de la empresa a la que pertenecen los residuos cuando sucedió el accidente (nombre, dirección y responsable) 2. Localización del sitio donde ocurrió el accidente (dirección del sitio, croquis, causas del accidente, descripción del residuo) 3. Acciones realizadas para la atención (tipo de ayuda, medidas adoptadas para la limpieza, posibles daños causados) 4. Identificación de quien llena el manifiesto (nombre y firma)
Aspecto mencionado en el cuadro inmediato superior	<p>Art. 25 El transportista y el destinatario deben entregar a la autoridad ambiental un informe semestral sobre los residuos que recibieron.</p>
Existe formato equivalente	<p>Acuerdo por el que se dan a conocer los formatos en los que la industria nacional debe declarar la generación de residuos peligrosos. (Diario Oficial 3/Mayo/1989)</p> <p>Reporte semestral de residuos peligrosos enviados para su reciclo, tratamiento, incineración o confinamiento</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Identificación de la empresa a la que pertenecen los residuos. 2. Nombre de la empresa que presta el servicio y licencia de operación. 3. Nombre, estado físico, clave CRETIB, volumen y fecha de envío. 4. Tratamiento o disposición. 5. Nombre y registro del transportista. 6. Observaciones

TABLA 2.4

RCRA	RLGEEPAMRP
Existe formato equivalente	<p>Reporte semestral de residuos peligrosos para reciclaje o tratamiento.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Identificación de la empresa que da el servicio de reciclaje o <i>tratamiento</i>. 2. Nombre de la empresa generadora de residuos y licencia de operación. 3. Nombre, estado físico, clave CRETIB, volumen y fecha de envío. 4. Tratamiento o disposición. 5. Nombre y registro del transportista. 6. Observaciones.
Existe formato equivalente	<p>Reporte mensual de residuos peligrosos confinados en sitios de disposición final.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Identificación de la empresa que da el servicio de disposición final. 2. Nombre de la empresa generadora de residuos y licencia de operación. 3. Nombre, estado físico, clave CRETIB, volumen y fecha de recepción. 4. Sistema de disposición. 5. Nombre y registro del transportista. 6. Observaciones.
<p>Cada embarque requiere al menos de 4 copias del manifiesto, las cuales deben estar firmadas por el generador de residuos peligrosos y presentadas al transportista</p> <p>El transportista firma el manifiesto de conocimiento de recepción del embarque, una copia la retiene el generador.</p> <p>Las 3 copias remanentes acompañan el embarque a su destino, donde el destinatario (generalmente una Instalación de Tratamiento, Almacenamiento y Disposición -ITAD-) agrega su firma.</p> <p>Una copia firmada la retiene la ITAD como comprobante de que recibió los residuos.</p> <p>La segunda copia se regresa al transportista, la ITAD debe regresar la tercera copia al generador dentro de los siguientes 30 días.</p> <p>Cada generador y transportista debe mantener su copia del manifiesto por lo menos tres años de la fecha en que el embarque fue aceptado por el transportista inicial.</p> <p>Una ITAD debe mantener su copia al menos durante tres años desde la fecha en que recibió el embarque.</p>	<p>Art.23</p> <p>Por cada volumen de transporte, el generador debe entregar al transportista un manifiesto en original, debidamente firmado, y dos copias del mismo</p> <p>El transportista conservará una de las copias que le entregue el generador, para su archivo, y firmará el original del manifiesto, mismo que entregará al destinatario, junto con una copia de éste, en el momento en que le entregue los residuos peligrosos para su tratamiento o disposición final.</p> <p>El destinatario de los residuos peligrosos conservará la copia del manifiesto que le entregue el transportista, para su archivo, y firmará el original, mismo que deberá remitir de inmediato al generador.</p> <p>El original del manifiesto y las copias del mismo, deberán ser conservadas por el generador, por el transportista y por el destinatario de los residuos peligrosos, respectivamente, conforme a lo siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> I. Durante 10 años por el generador, contados a partir de que el destinatario entregue al generador el original. II. Durante 5 años para el transportista, contados a partir de la entrega de los residuos peligrosos al transportista III. Durante 10 años para el destinatario, contados a partir de la fecha de recepción de los residuos peligrosos. <p>El generador debe conservar los registros de cualquier prueba, análisis durante 10 años, contados a partir de la fecha de envío de los residuos al sitio de tratamiento o disposición final.</p>
Aspecto mencionado en el cuadro inmediato superior	<p>Art. 24</p> <p>El generador debe informa a la autoridad ambiental si no recibe copia debidamente firmada por el destinatario a partir de 30 días naturales de la fecha en que este último los recibió.</p>

TABLA 2.5

TEMA: GENERADORES DE RESIDUOS PELIGROSOS

RCRA = Ley de Conservación y Recuperación de Recursos.

RLGEEPAMRP = Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos

RCRA	RLGEEPAMRP
<p>Title II, Subtitle C, Section 3002 Las Reglas aplicables generalmente a los generadores son: 1a. Un generador debe obtener un número de identificación de la EPA antes de tratar, almacenar, transportar o disponer. 2a. Los generadores deben usar sólo transportistas y plantas de tratamiento y disposición que tengan número de identificación de la EPA. 3a. Los generadores que transportan residuos peligrosos fuera de sus instalaciones para tratamiento, almacenamiento o disposición deben preparar un manifiesto para cada embarque. 4a. Los generadores deben certificar en cada manifiesto que (i) implementan un programa de reducción de residuos peligrosos, y (ii) han seleccionado los métodos más seguros de tratamiento, almacenamiento y disposición. 5a. Los generadores de residuos peligrosos deben empacar, etiquetar y rotular sus residuos de acuerdo a las disposiciones del Departamento de Transportación. 6a. Los generadores deben cubrir ciertos requisitos y obligaciones de reportes. Las actividades de residuos peligrosos deben reportarse a la EPA en Marzo 1 de cada año par. 7a. Si un generador almacena contenedores de residuos peligrosos en sus instalaciones por más de 90 días, debe obtener un permiso como almacén temporal. Este permiso es prorrogable y los pequeños generadores pueden obtener tiempos mayores.</p>	<p>Art. 8 De la generación de residuos peligrosos El generador de residuos peligrosos deberá: I. Registrarse II. Llevar bitácora mensual sobre la generación de sus residuos peligrosos III. Dar el manejo a los residuos peligrosos IV.-XII. Manejar, envasar, identificar, almacenar, transportar, dar tratamiento o disposición a sus residuos peligrosos</p>
<p>Generadores de pequeñas cantidades Quienes producen menos de 1,000 Kg de residuos peligrosos por mes calendario o 5 tambores de 200 litros. Estos generadores pueden almacenar sus residuos peligrosos en sus instalaciones hasta por 180 días sin requerir permiso de EPA, sin llegar a almacenar más de 6,000 Kg. Generadores de menos de 100 Kg por mes están condicionalmente exentos de los requerimientos de RCRA, aunque deben enviar sus residuos peligrosos a una planta estatal autorizada</p>	<p>No existen regulaciones sobre los generadores de pequeñas cantidades de residuos peligrosos</p>

TABLA 2.5

RCRA	RL/GEOPAMRP
<p>Generadores de residuos peligrosos agudos Si un generador produce este tipo de residuos durante un periodo de un mes en cantidades mayores a las de reporte de la lista siguiente, todas las cantidades de estos residuos estarán sujetas a las normas del generador.</p> <p>(1) un kilogramo de residuos peligrosos agudos listados en el Vol.40 del Código de las Regulaciones Federales parte 261.31, 261.32 o 261.33(e); y</p> <p>(2) 100 kilogramos de cualquier residuo o suelo contaminado, residuos u otro restos resultantes de la limpieza de un derrame, dentro o sobre cualquier terreno o agua, de cualquiera de los residuos peligrosos agudos descritos en (1).</p> <p>Un generador de bajas cantidades de residuos peligrosos agudos no se requiere que cumpla con las normas del generador si la planta de tratamiento o disposición (PTD) a la cual envía los residuos satisface uno de los seis criterios PTD siguientes:</p> <p>(1) La planta tien un permiso válido como PTD. (2) Tiene un estatus intermedio bajo RCRA. (3) Está autorizada para manejar residuos peligrosos por un estado con programa de residuos peligrosos autorizado. (4) Tiene permiso, licencia o registro de un estado para manejar residuos sólidos industriales o municipales. (5) Usa o reusa con beneficio o recicla o reduce legítimamente sus residuos. (6) Trata sus residuos previamente a usar, reusar, reciclar o reducir.</p>	<p>No existen regulaciones sobre los generadores de residuos peligrosos agudos</p>

TABLA 2.5

RCRA	RLGEEPAMRP
<p>Los exportadores deben llenar un reporte anual con el resumen del tipo, cantidades y destino de todos los residuos exportados.</p>	<p>Art. 43 - 57 De la importación y exportación de residuos peligrosos La importación y exportación de residuos peligrosos requiere de autorización Las autorizaciones se otorgarán para cada volumen de importación o exportación, indicando los puntos de entrada y el tipo de transporte. La autorización se otorgará en cinco días después de recibida la solicitud. Las solicitudes de autorización deberán presentarse 45 días hábiles anteriores a la fecha en que se pretenda realizar la operación de importación o exportación cuando se trate de la primera operación y 5 días hábiles en lo sucesivo. Deberá contener la siguiente información: I. Nombre y domicilio del importador II. Nombre y domicilio del exportador III. Nombre y domicilio del transportista IV. Nombre y domicilio del destinatario, lugar donde se procesará, descripción del reciclaje o reuso y utilización V. Composición y cantidad de residuos peligrosos a importar o exportar VI. Punto de partida, destino y ruta de transporte VII. Puertos terrestres, marítimos o aéreos de ingreso o salida de los residuos peligrosos a importar o exportar VIII. Certificación del grado de peligrosidad del país de procedencia IX. Autorización del país de destino, en caso de exportación, o la de origen en caso de importación, traducida al español y certificada o legalizada. X. Descripción del proceso de generación de los residuos peligrosos y características del residuo que queda después del reciclaje XI. Otras autorizaciones XII. Descripción de las medidas de emergencia en caso de derrames en tránsito.</p>

TABLA 2.5

RCRA	RLD/EPA/RRP
	<p>Decreto relativo a la importación o exportación de materiales o residuos peligrosos (Diario Oficial 19/Enero/1987)</p> <p>Art. 3 La importación o exportación de todo tipo de materiales y residuos peligrosos requerirá de guía ecológica.</p> <p>Art. 5 La guía ecológica debe contener:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nombre y dirección de quien pretenda importar o exportar materiales o residuos peligrosos. 2. Identificación del generador de materiales y residuos peligrosos. 3. Identificación del transportista, de los vehículos y contenedores utilizados. 4. Identificación del destinatarios de los materiales o residuos peligrosos, indicación del lugar donde se tratarán, reciclarán o reusarán, descripción del proceso de tratamiento y utilización lícita. 5. Composición detallada de los materiales y residuos peligrosos por importar o exportar. 6. Lugar de partida o destino de los transportistas y rutas a seguir. 7. Puerto terrestre, marítimo o aéreo solicitado para el ingreso o salida de los materiales o residuos peligrosos. 8. Certificación de las autoridades del país de procedencia que indique la peligrosidad. 9. Copia de la documentación en trámite para obtener la autorización del país de destino o de origen. 10. Descripción del proceso de generación. 11. Relación de otras autorizaciones. <p>Art. 9, 10 y 11 La guía no se concederá cuando los materiales y residuos peligrosos estén en tránsito hacia un tercer estado y cuando su único objeto sea su destino final en territorio o zona marina nacional o su disposición en el extranjero.</p> <p>Art. 14 Los materiales o residuos peligrosos introducidos temporalmente, deberán retornarse al país de procedencia.</p> <p>Art. 15 y 16 Las guías ecológicas tendrán una vigencia de 90 días hábiles a partir de su otorgamiento y una vez concedida quienes la obtuvieron contarán con un plazo improrrogable de 30 días hábiles para notificar las fechas en las que se realizará la importación o exportación.</p>

TABLA 2.5

RCRA	RLGEEPAMRP
	<p>Art. 17 La entidad gubernamental indicará el monto y vigencia de la fianza, depósito o seguro tanto nacionales como extranjeros para garantizar el cumplimiento de la guía.</p> <p>Art. 19 Las guías ecológicas pueden ser revocadas por:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) comprobación de que los residuos peligrosos constituyen un riesgo mayor al ambiente, a la salud o al bienestar público. b) la operación de importación o exportación incumple los requisitos fijados. c) Los materiales o residuos peligrosos ya no posean las características autorizadas. d) la solicitud contenga datos falsos.
	<p>Procedimiento de autorización de la importación y exportación de materiales y residuos peligrosos (Diario Oficial 6/Abril/1990) Establece el objetivo, marco jurídico, políticas de operación, instructivos y formatos para la autorización de movimientos transfronterizos de materiales y residuos peligrosos</p>

TABLA 2.6

TEMA: TRANSPORTISTAS DE RESIDUOS PELIGROSOS

RCRA = Ley de Conservación y Recuperación de Recursos.

RLGEEPAMRP = Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos

RCRA	RLGEEPAMRP
<p>Title II, Subtitle C, Section 3003 RCRA impone tres tipos de obligaciones a los transportistas de residuos peligrosos: (1) Obtener un número de identificación de EPA. (2) Cumplir con el sistema de manifiestos (mencionado en la tabla 2.4), y (3) Tomar ciertas acciones para responder a descargas de residuos peligrosos que ocurran durante el transporte.</p>	<p>Art. 25 El transportista y el destinatario de los residuos peligrosos deberán entregar a la Secretaría, en el formato que ésta determine, un informe semestral sobre los residuos que hubiesen recibido durante dicho periodo para su transporte o para su disposición final</p>
<p>Existe regulación equivalente</p>	<p>Art. 26 Cuando el generador contrate a una empresa para transportar sus residuos peligrosos, el transportista deberá: I. Contar con autorización de la Secretaría II. Solicitar al generador el original del manifiesto correspondiente al volumen de residuos peligrosos que vayan a transportarse III. Firmar el original del manifiesto que le entregue el generador, y recibir de este último las dos copias del manifiesto que corresponda IV. Verificar que los residuos peligrosos que le entregue el generador, se encuentren correctamente envasados e identificados V. Sujetarse a las disposiciones sobre seguridad e higiene, a las de tránsito y comunicaciones y transportes VI. Remitir a la Secretaría un informe semestral sobre los residuos peligrosos recibidos para transporte durante dicho periodo.</p>
<p>Existe regulación equivalente</p>	<p>Art. 27 Los vehículos destinados al transporte de residuos peligrosos deberán contar con registro de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Los vehículos destinados al transporte de residuos peligrosos sólo podrán hacerlo para ese fin, excepto los barcos y vehículos terrestres que no entren en contacto directo con los residuos peligrosos</p>
<p>Existe regulación equivalente</p>	<p>Art. 28 Queda prohibido el transporte de residuos peligrosos por vía aérea.</p>
<p>Existe regulación equivalente</p>	<p>Art. 29 Quienes recolecten y transporten residuos peligrosos están obligados a: I. Observar los programas de mantenimiento del equipo II. Contar con el equipo de protección personal para los operarios de los vehículos, de acuerdo al tipo de residuos que se transporten.</p>

TABLA 2.7

TEMA: INSTALACIONES DE TRATAMIENTO, ALMACENAMIENTO O DISPOSICIÓN

RCRA = Ley de Conservación y Recuperación de Recursos.

RLGEEPAMRP = Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos

RCRA	RLGEEPAMRP
<p>Title II, Subtitle C, Section 3005 Las instalaciones de tratamiento, almacenamiento o disposición (ITAD) están sujetas a una regulación extensiva.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Cada ITAD debe solicitar un número de identificación EPA. 2) El poseedor u operador debe cumplir con los procedimientos del sistema de manifiestos (mencionados en la tabla 4.3) en la recepción de un embarque. 3) El poseedor u operador debe firmar y fechar el manifiesto 4) Después de notificar cualquier discrepancia entre el cargamento descrito y el embarque actual como fue recibido, se debe enviar inmediatamente al transportista una copia del manifiesto firmado. 5) La ITAD debe enviar una copia al generador dentro de los 30 días siguientes a la recepción del embarque 6) El poseedor u operador de una ITAD debe notificar por escrito al generador que la instalación tiene los permisos apropiados y aceptará los residuos. 	<p>Art. 9 Del manejo de residuos peligrosos, el cual incluye almacenamiento, recolección, transporte, alojamiento, reuso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final de los residuos peligrosos.</p>
<p>Una instalación proyectada de tratamiento, almacenamiento o disposición (ITAD) debe llenar la solicitud de permiso RCRA A y B simultáneamente. La oficina estatal o federal apropiada debe emitir los permisos en un tiempo no menor de 180 días antes del inicio de la construcción de una ITAD.</p> <p>Una instalación en operación debe tener una forma de notificación de EPA y la solicitud RCRA Parte A, si no está exenta. Tanto la forma de notificación y la solicitud parte A deben someterse a revisión por instalación para obtener el estatus intermedio. Una vez que la instalación recibe el estatus intermedio, se trata como si ya tuviera el permiso RCRA parte B.</p> <p>El estatus intermedio se hace efectivo hasta que EPA o la oficina estatal apropiada solicite formalmente la solicitud de permiso RCRA Parte B.</p> <p>Si una ITAD no recibe una solicitud formal de una oficina reguladora, la instalación debe llenar una solicitud de permiso RCRA Parte B.</p> <p>Las ITAD construidas después de noviembre 9, 1980 se consideraran instalaciones nuevas y deben llenar tanto la solicitud de permiso RCRA Parte A y Parte B simultáneamente y no se les otorga estatus intermedio.</p> <p>Los permisos RCRA Parte A y Parte B deben emitirse el menos 180 días antes de aceptar un residuo.</p> <p>Los permisos de RCRA son válidos por 10 años; sin embargo, los permisos de instalaciones de disposición se revisan cada 5 años.</p> <p>Una solicitud de renovación debe llenarse 180 días antes de que expire el permiso existente. Las ITAD pueden operar sólo bajo permisos válidos de RCRA para operación, cierre y actividades después del cierre.</p> <p>A las instalaciones de disposición se otorga un periodo de actividades después del cierre de 30 años.</p>	<p>Art. 10 Se requiere autorización de la SEMARNAP para instalar y operar sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, reuso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final</p> <p>Art. 11 Previamente a la obtención de la autorización anterior, las instalaciones de tratamiento, confinamiento o eliminación de residuos peligrosos deberán presentar a la SEMARNAP la manifestación de impacto ambiental</p> <p>Art. 13 Las empresas que contrate el generador para el manejo de residuos peligrosos deberá contar con autorización de la SEMARNAP</p>

TABLA 2.7

SENER	SENER
<p>Título II Subtítulo C Sección 3004 Inspecciones de propietarios u operadores (P/O) Cada P/O de una ITAD debe realizar inspecciones periódicas por malfuncionamiento, deterioro, errores de operación y descargas que puedan causar: (1) una fuga de constituyentes de residuos peligrosos al ambiente, o (2) una amenaza a la salud humana Las áreas donde pueden ocurrir derrames, tales como las áreas de carga y descarga, deben inspeccionarse diariamente; las áreas de almacenamiento de contenedores deben inspeccionarse al menos cada semana. Los P/O de ITAD deben desarrollar y anexar por escrito un calendario de las inspecciones de los problemas potenciales identificados y la frecuencia de inspecciones, y mantener registro del desempeño de las inspecciones. Si una inspección de P/O revela cualquier deterioro o malfuncionamiento del equipo o estructuras, el P/O debe remediar el problema de acuerdo a un plan de acción que prevenga el desarrollo de un peligro a la salud humana o al ambiente. La acción inmediata de remediación es requerida si el peligro es inminente o ya existe.</p>	<p>El reglamento no establece inspecciones por parte de los propietarios u operadores de instalaciones de tratamiento, almacenamiento o disposición.</p>
<p>Análisis de residuos Cada P/O de una ITAD debe obtener un análisis químico y físico detallado de cualquier residuo a ser tratado, almacenado o dispuesto. El análisis debe contener, como mínimo, la información necesaria para el tratamiento, almacenamiento o disposición apropiados. Al P/O se le requiere diseñar e implementar un plan por escrito del análisis de residuos, manteniendo en la instalación para que describa los métodos de muestreo y prueba y la frecuencia con la cual se deben realizar.</p>	<p>Art. 6 Los generadores están obligados a determinar si sus residuos son peligrosos. Para la determinación de residuos peligrosos, deberán realizar las pruebas y el análisis necesarios de acuerdo a la NOM-053-ECOL-1994 y el listado de la NOM-052-ECOL-1994. NOM-053-ECOL-1993 se refiere al procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. NOM-052-ECOL-1993 se refiere a las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismo y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. NOM-054-ECOL-1993 se refiere a la incompatibilidad de residuos peligrosos.</p>

TABLA 2.7

RCRA	RCDE/RCRA
<p>Respuesta a emergencia A cada ITAD se le requiere desarrollar un plan de contingencia diseñado para minimizar daños a la salud o al ambiente de fuegos, explosiones o fugas no planeadas de residuos peligrosos emitidos al aire, suelo y agua superficial. El plan de contingencia debe incluir lo siguiente: (1) Una descripción de las acciones requeridas del personal de la instalación en un evento de fuego, explosión o fuga. (2) Una lista de todo el equipo de emergencia existente en la instalación. (3) Un plan de evacuación para el personal de la instalación. (4) Nombres, direcciones y números telefónicos de personas calificadas para actuar como coordinadores de emergencia. (5) Una descripción de los arreglos con las autoridades locales para coordinar los servicios de emergencia. Las medidas de precaución del plan de contingencia deben llevarse a cabo inmediatamente en un evento de fuego, explosión o fuga de residuos peligrosos, en el cual podría amenazarse la salud o el ambiente. Se aplican reglas especiales a instalaciones localizadas en llanos inundables (porción de tierra sujeta a una posibilidad de inundación del 1% o mayor en un año dado por cualquier fuente). EPA requiere que cada una de tales instalaciones debe estar diseñada, construida, operada y mantenida para prevenir escapes de residuos peligrosos que resultaran de una "inundación de 100 años". Estos requerimientos no necesitan cumplirse; sin embargo, si el P/O demuestra que sigue: (1) El residuo puede y debe removerse a una localidad segura antes de que la inundación llegue a la instalación. (2) Si una liberación ocurre, no debe haber efectos adversos a la salud o al ambiente. EPA requiere que todos los P/O de una ITAD tengan cobertura de responsabilidad por sucesos accidentales en sus instalaciones que puedan causar lesiones o daños a terceras partes. La cobertura debe mantenerse en la cantidad de al menos un millón por suceso con un agregado anual de al menos dos millones para gastos legales. Los requerimientos de cobertura de responsabilidad pueden cubrirse de muchas maneras (el P/O puede obtener seguros; pasar pruebas financieras; obtener garantías corporativas, cartas de crédito o fianzas; establecer un fondo de confianza; o usar una combinación de estos mecanismos).</p>	<p>Art. 12 Los sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, reuso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final deberán presentar, previo al inicio de sus operaciones: I. Un programa de capacitación del personal responsable del manejo de residuos peligrosos y del equipo relacionado con éste. II. Documentación que acredite al responsable técnico. III. Un programa para atención a contingencias.</p>
<p>Reportes bienales Cada P/O de una ITAD tiene la obligación de someter a la EPA, en Marzo 1 de cada año por, un reporte bienal que cubra las actividades de la instalación durante el año calendario previo. Este reporte debe someterse a la EPA en el formato 8700-138 e incluye: (1) El nombre, dirección y el número de identificación de la EPA. (2) La naturaleza y cantidad de cada residuo generado o recibido. (3) El método de tratamiento, almacenamiento y disposición para cada residuo peligroso. (4) Si los residuos fueron generados fuera de la instalación, la información de identificación de los generadores.</p>	<p>Ver TABLA 4 (Art. 25 y Acuerdo donde se den a conocer los formatos para declarar residuos peligrosos).</p>

TABLA 2.7

RCRA	RLGEEPAMRP
<p>Monitoreo del agua subterránea Las regulaciones de EPA requieren que los PYO de una ITAD conduzcan monitoreo del agua subterránea bajo el perfil que ocupa. El programa de monitoreo, implementado por medio de pozos, debe incluir muestreos consistentes y procedimientos analíticos designados para proveer una indicación confiable de la calidad del agua subterránea. Si los constituyentes peligrosos se detectan en el agua subterránea, EPA especifica en los permisos de las instalaciones que se diseñan normas de protección de agua subterránea para asegurar que estos constituyentes no excedan los límites máximos. Se excluyen los constituyentes encontrados por EPA que sean incapaces de envenenar sustancial o potencialmente la salud o el ambiente. Si un norma de protección del agua subterránea, una vez establecida, se excede en una instalación particular, el poseedor u operador debe instituir un programa de acción correctiva.</p>	<p>El Reglamento no incluye el monitoreo del agua subterránea</p>
<p>Cierre de una instalación y responsabilidad financiera Cada ITAD debe formular un plan de cierre por escrito. Por lo menos, el cierre de una instalación particular debe realizarse en una forma que: (1) Minimice la necesidad de mantenimiento posterior. (2) Controle, minimice o elimine, hasta donde sea posible para proteger la salud o el ambiente, liberaciones de residuos peligrosos después del cierre, constituyentes peligrosos, lixiviados, escorrentías contaminadas o productos de descomposición de residuos peligrosos al agua subterránea o superficial o a la atmósfera, y (3) Cumplir con las regulaciones de EPA que especifican el cierre (40 CFR parte 264.110) El plan de cierre, sometido junto con la solicitud de permisos de una ITAD, debe ser aprobado por la EPA y debe incluir lo siguiente: (1) Una descripción de como cada unidad en la instalación será cerrada (y como el cierre final de la instalación como un todo se realizará) de acuerdo con los tres requerimientos descritos arriba. (2) Una estimación del inventario máximo de residuos peligrosos localizado en el sitio. (3) Los métodos utilizados durante el cierre, incluyendo los métodos para remover, tratar, almacenar o disponer de todos los residuos peligrosos. (4) Una descripción de los pasos necesarios para remover o descontaminar todos los residuos o artículos contaminados. (5) Un calendario de cierre de cada unidad de manejo de residuos peligrosos y para el cierre final de la instalación. Cada ITAD debe demostrar a la EPA su habilidad para pagar los costos eventuales de cierre de la instalación. Las regulaciones de EPA establecen un número de alternativas para asegurar recurso financiero para el cierre de la instalación, por ejemplo: (1) Establecer un fondo de cierre (2) Obtener una fianza de exención de riesgos que garantice el pago dentro de un fondo de reserva. (3) Asegurar una carta irrevocable de reserva de crédito. (4) Obtener un seguro de cierre. (5) Pasar una prueba financiera prescrita por la ley. (6) Obtener una garantía por escrito de cierre de las corporaciones de los poseedores u operadores de instalaciones. RCRA requiere que cada poseedor u operador de una ITAD prepare y mantenga una estimación escrita y detallada del costo de cierre de la instalación</p>	<p>El RLGEEPAMRP no incluye programas de cierre y de responsabilidad financiera para las ITAD's. Discrecionalmente la autoridad ambiental establece un programa de cierre al otorgar la licencia de funcionamiento de la ITAD.</p>

TABLA 2.7

RCRA	RLGEEPA/RRP
<p>Requerimientos posteriores al cierre Los P/O de unidades de disposición de residuos peligrosos tienen una obligación adicional para preparar planes escritos posteriores al cierre, los cuales como los planes de cierre se someten con la solicitud de permisos de EPA. El plan posterior al cierre debe identificar la naturaleza y frecuencia de las actividades conducidas por 30 años después del cierre de cada unidad de disposición, a menos que este periodo lo acorte o extienda la EPA. Estas actividades incluyen: (i) monitoreo y (ii) mantenimiento de los sistemas de confinamiento de residuos y el equipo de monitoreo. El plan debe identificar a una persona quien pueda ser contactada durante el largo periodo posterior al cierre. El aseguramiento financiero para el monitoreo posterior al cierre y su mantenimiento debe establecerse por los P/O, los métodos permitidos son los mismos que aquellos disponibles para el aseguramiento financiero en el cierre. Además, se requiere de los P/O que formulen estimaciones escritas, detalladas del costo anual del monitoreo y mantenimiento posterior al cierre.</p>	<p>El RLGEEPA/RRP no incluye programas de cierre y de responsabilidad financiera para ITAD's.</p>
<p>Existen regulaciones equivalentes</p>	<p>Art. 14 Para el almacenamiento y transporte de residuos peligrosos, el generador deberá envasarlos de acuerdo con su estado físico, con sus características de peligrosidad y su incompatibilidad, en envases: I. Cuyas dimensiones, formas y materiales reúnan condiciones de seguridad II. Identificados</p>
<p>Existen regulaciones equivalentes</p>	<p>Art. 15 Las áreas de almacenamiento deberán reunir las siguientes condiciones: I. Estar separadas de las áreas de producción, servicios, oficinas y de almacenamiento de materias primas o productos terminados II. Estar ubicadas en zonas donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones III. Contar con muros de contención, y fosas de retención para la captación de los residuos o de los líquidos IV. Los pisos deberán contar con trincheras o canales que conduzcan los derrames a las fosas de retención, con capacidad para contener una quinta parte de lo almacenado V. Contar con pasillos amplios que permitan el tránsito de montacargas mecánicas, electrónicas o manuales; así como a los grupos de seguridad y bomberos VI. Contar con sistemas de extinción contra incendios. Los hidrantes deberán mantener una presión de 6 Kg./cm² durante 15 minutos VII. Contar con señalamientos y letreros situados a la peligrosidad</p>
<p>Existen regulaciones equivalentes</p>	<p>Art. 16 Las áreas de almacenamiento cerradas deberán cumplir con: I. No deben existir conexiones con drenajes en el piso, válvulas de drenaje, juntas de expansión, etc. II. Las paredes deben estar construidas con materiales no inflamables III. Contar con ventilación natural o forzada. En la forzada debe existir una capacidad de recepción de por lo menos 6 cambios de aire por hora IV. Estar cubiertas y protegidas de la intemperie, con ventilación e iluminación a prueba de explosión</p>

TABLA 2.7

<p>Existen regulaciones equivalentes</p>	<p>Art. 17 Las áreas de almacenamiento abiertas deberán: I. No estar localizadas en sitios por debajo del nivel de agua almacenado en la mayor tormenta registrada en la zona, más un factor de seguridad de 1.5 II. Los pisos deben ser lisos y de material impermeable en la zona donde se guarden los residuos y de material antiderrapante en los pasillos. Estos deben ser resistentes a los líquidos peligrosos almacenados III. Contar con pararrayes IV. Contar con detectores de vapores peligrosos con alarma audible, cuando se almacenen residuos volátiles</p>
<p>Existen regulaciones equivalentes</p>	<p>Art. 18 En las áreas abiertas no deberán almacenarse residuos peligrosos a granel, cuando éstos produzcan líquidos</p>
<p>Existen regulaciones equivalentes</p>	<p>Art. 19 Queda prohibido almacenar residuos peligrosos: I. Incompatibles II. En cantidades que rebasen la capacidad instalada de almacenamiento III. En áreas que no reúnan las condiciones de los art. 15 y 18.</p>
<p>Existen regulaciones equivalentes</p>	<p>Art. 20 El almacenamiento de jales queda exceptuado de los art. 15 al 19.</p>

TABLA 2.8

TEMA: NORMAS DE TRATAMIENTO O DISPOSICIÓN

RCRA = Ley de Conservación y Recuperación de Recursos.

RLGEEPAMRP = Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos

RCRA	RLGEEPAMRP
<p>Título II, Subtítulo C, Sección 3004</p> <p>Normas de tratamiento para permitir la disposición en suelo o prohibición en suelo.</p> <p>RCRA fue reformada en 1984. La reforma se denomina de Residuos sólidos y peligrosos (HSWA por sus siglas en inglés), la cual introduce una serie de requerimientos que muestran la disposición en el suelo de los residuos peligrosos no tratados; éstos fueron quizá los cambios más importantes de HSWA a RCRA.</p> <p>HSWA introdujo una política de eliminación de disposición en suelo de residuos peligrosos no tratados.</p> <p>Esta disposición ha afectado a seis categorías de residuos específicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) Residuos líquidos peligrosos a granel o no envasados. (2) Residuos que contengan dioxinas y solventes gastados. (3) Residuos de la "Lista de California". (4) Una tercera de los residuos peligrosos remanentes. (5) Una segunda tercera de los residuos peligrosos remanentes. (6) Todos los residuos peligrosos remanentes. <p>RCRA fue reformada en 1984. La reforma se llama Hazard and Solid Waste Amendments (HSWA), la cual introduce un serie de requerimientos que muestran la disposición en la tierra de los residuos peligrosos; éstos fueron quizá los cambios más importantes de HSWA a RCRA.</p>	<p>No existe regulación equivalente</p>

TABLA 2.8

RCRA	RCDEPASIVO
<p>Prohibición de residuos específicos HSWA impone prohibición específica en la tierra de cierta clase de residuos peligrosos. "Disposición en la tierra" en este contexto se refiere a la colocación en un relleno sanitario, estancamiento superficial, pila de residuos, pozo de inyección, instalación de tratamiento de suelo, formación de domo de sal, formación de cama de sal o mina subterránea o caverna. Las acciones de disposición prohibidas son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) Disposición en rellenos sanitarios de residuos líquidos peligrosos a granel o no envasados. (2) Disposición en el suelo (excepto para inyección de pozos profundos) de solventes gastados halogenados y no halogenados listados en 40CFR Parte 261.31 (3) Disposición en suelo (excepto para inyección de pozos profundos) de residuos que contengan dioxinas, numerados F020-F023 en 40 CFR Parte 261.31 <p>Además, HSWA prohíbe la disposición de los siguientes residuos (las siguientes 5 fracciones, frecuentemente, se les refiere como la "Lista de California", ya que los residuos ahí establecidos estuvieron sujetos a una prohibición preexistente en el Estado de California):</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) Residuos líquidos que contengan cianuro libre en concentraciones mayores o iguales a 1,000 mg/l. (2) Residuos líquidos que contengan concentraciones de arsénico, cadmio, cromo, plomo, mercurio, níquel, selenio o talio arriba de niveles prescritos. (3) Residuos líquidos que tenga un pH de 2.0 o menor. (4) Residuos líquidos que contengan bifenilos policlorados en concentraciones mayores o iguales a 50 ppm. (5) Residuos que contengan compuestos orgánicos halogenados en concentraciones totales mayores o iguales a 1,000 mg/kg. <p>HSWA le indica a EPA la prohibición de la disposición de los siguientes residuos en pozos de inyección profunda, si dentro de lo razonable se puede determinar que tal disposición no puede proteger la salud y el ambiente durante el tiempo que los residuos peligrosos permanezcan ahí:</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) Residuos de la "Lista de California" (2) Residuos que contengan dioxinas numerados F020-F023 en 40 CFR Parte 261.31 (3) Solventes gastados listados en 40 CFR Parte 261.31 	<p>No existe regulación equivalente</p>

TABLA 2.8

RCRA	RLGEPAMRP
<p>Title II Subtitle C Section 3010 Calendario de residuos para normas de tratamiento. HSWA requiere de la EPA que evalúe, en tres etapas, las posibles prohibiciones de disposición en suelo de todos los residuos peligrosos no especificados en 42 U.S.C Parte 6924(d) o (e). Siendo larga la lista, las restricciones de disposición en suelo para al menos una tercera parte de estos residuos fue limitada para el 8 de agosto de 1988; la fecha límite para la siguiente tercera parte fue el 8 de junio de 1989; y las restricciones para todos los residuos remanentes fue limitada el 8 de mayo de 1990. A esas tres fechas límite corresponden estos residuos, que en lo sucesivo se conocen como los residuos de "primera tercera", "segunda tercera" y "tercera tercera" Si la EPA decide prohibir la disposición en suelo de un residuo particular, ésta debe especificar los métodos de tratamiento, los cuales (i) substancialmente disminuyan la toxicidad de los constituyentes del residuo o (ii) substancialmente reduzcan la probabilidad de migración de los constituyentes peligrosos del residuo hasta que se minimice la amenaza a la salud y al ambiente. Los residuos remanentes después de que éstos han sido tratados de acuerdo a lo recomendado por la EPA, están exentos de la prohibición de disposición.</p>	<p>No existe regulación equivalente</p>
<p>"Martillo suave" y "Martillo duro" EPA no cumplió con las fechas límite mencionadas arriba, para cierto número de residuos de la "primera tercera" y "segunda tercera". Como resultado, las restricciones de HSWA entraron en efecto. Los residuos podrían ser enviados sólo a confinamientos controlados o superficiales, si llenaban dos requerimientos: (1) La instalación cumple con todos los requerimientos tecnológicos mínimos para instalaciones nuevas. (2) El uso de la instalación de tratamiento, almacenamiento y disposición es la única alternativa real de tratamiento disponible de los residuos del generador. Estas restricciones automáticas toman efecto cuando la EPA no cumple las primeras fechas y actúan como provisiones de "martillo suave". Sin embargo, no cumplir la fecha límite de los residuos de "tercera tercera" resulta en una prohibición automática de la disposición en el suelo de tales residuos y se le conoce como "martillo duro".</p>	<p>No existe regulación equivalente</p>

TABLA 2.8

RCRA	RLGEPAMRP
<p>Extensión de fechas de prohibición. HSWA autoriza a la EPA proporcionar extensiones a la norma de tratamiento según las categorías de los residuos y si encuentran que hay insuficiente capacidad de tratamiento. Las prohibiciones de disposición en suelo pueden diferirse hasta por cuatro años. EPA puede emitir una variación, la cual pospone la fecha efectiva de la prohibición de disposición en suelo si encuentra que no existe una adecuada alternativa de tratamiento, recuperación o disposición que proteja la salud y el ambiente hasta una fecha posterior. La nueva fecha debe ser la más cercana en la cual esté disponible la capacidad alterna; sin embargo, la fecha no puede establecerse dos años después de la original. Existe una extensión para cada caso de un año adicional, si el solicitante demuestra que ha: (1) hecho un buen esfuerzo para localizar y contratar una instalación de tratamiento, recuperación o disposición para manejar el residuo de acuerdo con la fecha efectiva original; 2) conseguido una fianza obligatoria para proporcionar alternativas de tratamiento, recuperación o disposición que cumpla las normas de tratamiento o, si no están especificadas las normas se protegen la salud y el ambiente, y (3) concluido que la alternativa, razonablemente, no puede estar disponible para la fecha efectiva debido a las circunstancias más allá del control del solicitante. Una extensión se puede renovar una vez hasta por un año. Durante el término de una variación o extensión, los residuos afectados están sujetos a restricciones comparables a las del martillo suave. Así, los residuos sujetos a una extensión de la fecha límite sólo pueden ser dispuestos en un confinamiento controlado o superficial que cumpla con los requerimientos tecnológicos mínimos.</p>	<p>No existe regulación equivalente</p>
<p>Title II, Subtitle C, Section 3004 Normas técnicas EPA revisa las regulaciones que gobiernan el tratamiento, almacenamiento y disposición de los residuos desde la perspectiva de nuevas tecnologías disponibles. El proceso entero favorece el desarrollo innovativo de nuevas tecnologías efectivas de manejo de residuos peligrosos. Las normas tecnológicas mínimas se aplican bajo HSWA a todas las instalaciones nuevas de disposición, que manejen residuos peligrosos dentro y fuera de sus procesos. Como mínimo, cada nuevo confinamiento controlado o superficial autorizado después de noviembre 8 de 1984 debe (i) tener doble membrana, (ii) tener un sistema de colección de lixiviados entre las membranas, y (iii) tener un sistema de monitoreo de agua subterránea.</p>	<p>Normas Oficiales Mexicanas (Diario Oficial 22/Octubre/1993) NOM-055-ECOL-1993 Requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto de los radioactivos. NOM-056-ECOL-1993 Requisito para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos. NOM-057-ECOL-1993 Requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para residuos peligrosos. NOM-058-ECOL-1993 Requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos. Art. 30 Cuando sea necesario dar tratamiento previo a un residuo peligroso para su disposición final, éste deberá tratarse de acuerdo a los métodos previstos en las normas correspondientes.</p>

TABLA 2.9

TEMA: ACCIÓN CORRECTIVA

RCRA = Ley de Conservación y Recuperación de Recursos.

RLGEEPAMRP = Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos

RCRA	RLGEEPAMRP
<p>Title II, Subtitle C, Section 3004 La reforma de RCRA autoriza a la EPA requerir a los P/O de ITAD investigar y remediar contaminación de cualquier unidad de manejo de residuos sólidos (UMRS), los sólidos incluyen los peligrosos, localizados en su terreno. Los requerimientos incluyen remediación de los residuos peligrosos o los constituyentes derivados de todas las UMRs en cualquier instalación que requiera un permiso RCRA Parte C y 42 U.S.C. Parte 6928(h), los cuales le otorgan a EPA la autoridad para requerir remediación de fugas de residuos peligrosos en una instalación a la que se le ha otorgado un estatus intermedio (ver tabla 2.7 en instalaciones proyectadas de tratamiento, almacenamiento o disposición). Las UMRs incluyen confinamiento superficial, pilas de residuos, unidades de tratamiento de suelo, confinamientos controlados, incineradores, tanques y pozos de inyección. Las provisiones de acción correctiva incluyen contaminación externa y cualquier contaminación que ha migrado hacia fuera de los límites de la instalación. Cualquier ITAD contaminada que ha calificado, en cualquier tiempo, para obtener un estatus intermedio bajo HSWA debe llevar a cabo una acción correctiva. La directriz de HSWA incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> · ITAD existentes que han obtenido el estatus intermedio, · ITAD existentes que no llenan los requisitos para estatus intermedio, · ITAD nuevas que han llenado la solicitud del permiso RCRA Parte A y Parte B, · ITAD nuevas que deben tener pero no llenar las solicitudes de permiso RCRA Parte A y Parte B. <p>Cada ITAD que es incapaz de completar una acción correctiva previamente al recibir el permiso RCRA, debe someter un calendario de cumplimiento y probar que el propietario puede completar la limpieza necesaria del sitio. Cumplir las provisiones de acción correctiva de RCRA pueden ser costosas y pueden coartar severamente las operaciones de la instalación. Por ejemplo: RCRA no incluye reuniones y provisiones diversas de responsabilidad, excepto cuando hay riesgo inminente. En general, el propietario actual es financieramente responsable de cualquier limpieza, a menos que el propietario anterior haya causado la contaminación.</p>	<p>No hay regulación equivalente</p>

TABLA 2.10

TEMA: TANQUES SUBTERRÁNEOS

RCRA = Ley de Conservación y Recuperación de Recursos.

RLGEEPAMRP = Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos

RCRA	RLGEEPAMRP
<p>Title II, Subtitle I La reforma de RCRA denominada HSWA incluye la regulación de los tanques subterráneos de almacenamiento (TSA) que contienen cualquier sustancia definida como peligrosa en CERCLA (ver tabla 2.13) y el petróleo. Se define un TSA como un tanque que almacena sustancias reguladas y tiene al menos 10 por ciento de su volumen, incluyendo el contenido de las tuberías subterráneas conectadas. EPA regula los TSA, lo cual incluye registro, normas de funcionamiento técnico, protección a los tanques, diseño, construcción, instalación, detección de fugas y su notificación y notificación por venta. Los tanques que contienen residuos y material radioactivo están regulados por 40 CFR Parte 280 Subparte A, y las acciones correctivas en la Subparte f. Los tanques construidos en campo son cilindros verticales con una capacidad máxima de 50,000 galones. Los TSA mayores a 110 galones que almacenan aceite gastado para los generadores de emergencia están sujetos a todas las regulaciones de TSA excepto los requerimientos de detección de fuga. Cualquier TSA usado para tratamiento, separación o neutralización ácida está regulado por HSWA.</p>	<p>Sólo existen unas guías de PEMEX que establecen la instalación, operación y pruebas de hermeticidad de los tanques de almacenamiento de combustibles; sin embargo, no son normas oficiales mexicanas</p>

TABLA 2.10

RCRA	RLQCEPAMRP
<p>Excepciones Los TSA exceptuados para manejar residuos peligrosos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los TSA usados que almacenaron menos de 110 galones de sustancias reguladas. • Los tanques de protección de fugas de emergencia, los tanques de sobreflujo, los tanques secundarios utilizados para almacenamiento temporal. • Los TSA que contuvieron sustancias reguladas en baja concentración. • Los tanques de granjas y residencias con un volumen de no más de 1,100 galones y usados para combustible de uso privado. • Las fosas sépticas y los tanques que contienen sistemas de disposición semiprofundos. • Los sumideros, tanques de goteo, fosas de desnatación, colectores de aceite lubricante y otros recipientes directamente conectados a tuberías de aceite y gas regulado o plantas de gas. • Los tanques elevados del piso encerrados en cimientos, túneles y socavones. • Los tanques de aceite de calentamiento para proceso, generación de energía eléctrica y plantas de emergencia. (Cuando el aceite gastado se sustituye por aceite de calentamiento, el TSA está exceptuado; cuando el diesel se sustituye por aceite de calentamiento, el TSA no está exento de las normas). • Estanques superficiales que incluyen hoyos, estanques y lagunas. • Sistemas de colección de agua pluvial y agua residual que incluye el equipo necesario para coleccionar y transportar agua superficial de escurrimientos pluviales, domésticos, comerciales e industriales. • Tanques de proceso de flujo cortado, de espera, de pulso, de alimentación, de mezclado y de espera de material para aumentar concentración. • Trampas y líneas de unión relacionadas sólo a la producción de aceite y gas. • Sistemas eléctricos que usan aceite de enfriamiento a base de petróleo. • Fluidos a base de petróleo almacenado en tanques subterráneos de sistemas hidráulicos o en sistemas de aceite lubricante. 	<p>No hay regulación equivalente</p>
<p>RCRA establece que los propietarios de TSA deben notificar a la oficina estatal o municipal el tamaño, tipo, localización, edad y propósito. La notificación aplica a todos los TSA en uso, fuera de servicio pero que permanecen en el lugar. Los TSA abandonados antes de 1974 están exentos de la notificación. Los propietarios de TSA tienen 30 días desde el momento de la instalación para notificar formalmente a la oficina apropiada.</p> <p>Las regulaciones federales prohíben la instalación de TSA que no cubran los requisitos mínimo siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los TSA deben prevenir fugas accidentales debido a la corrosión o falla estructural para la operación de por vida del tanque. • Los TSA deben estar protegidos catódicamente contra la corrosión y diseñados para prevenir fugas accidentales. • Los TSA deben estar contruidos con un material compatible con el líquido contenido. 	<p>No hay regulación equivalente</p>

TABLA 2.10

RCRA	RLGEEPAMRP
<p>Normas de tanques nuevos Los tanques nuevos se definen como los instalados después del 22 de diciembre de 1988 y deben cubrir los siguientes cuatro requisitos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El propietario u operador debe certificar que el TSA está diseñado, construido e instalado apropiadamente y que cualquier porción subterránea del tanque o la tubería no se corroerá. Los tanques de acero deben estar protegidos catódicamente y recubiertos con material dieléctrico. • Los TSA deben incluir equipo de prevención de derrame y sobrellenado a menos de que no contenga más de 25 galones de líquido. • El sistema completo del TSA debe estar hecho, o recubierto de un material compatible con la sustancia almacenada. • Cada TSA debe estar equipado con un método de detección de fugas que monitoree liberaciones accidentales en un intervalo mínimo de 30 días. El sistema de detección de fugas debe cumplir las normas de funcionamiento con una probabilidad del 0.95 de detección y una probabilidad de alarma falsa de 0.05. Los sistemas de detección de fugas instalados después del 22 de diciembre de 1990 están exentos de las normas de probabilidad. <p>Los TSA instalados antes del 22 de diciembre de 1988 deben cumplir la protección a la corrosión, la prevención de sobrellenado y los requerimientos de detección de fugas. Cualquier TSA que no cumpla estas normas debe ser decomisado.</p> <p>Los TSA que contienen petróleo que durante la vida media de 10 años tengan protección inadecuada a la corrosión o equipo de prevención de sobrellenado o fuga, tienen dos opciones de detección de fuga; la prueba anual combinada con el control de inventario mensual o el monitoreo mensual de detección. Los requerimientos del monitoreo mensual de detección con capacidad mayor a 550 galones puede cumplirse con medición automática de presión, monitoreo de vapor, monitoreo de agua subterránea, monitoreo intersticial o cualquier otro aprobado por la EPA. Un medidor de presión manual sólo puede utilizarse en TSA con capacidad menor a 550 galones.</p> <p>Los TSA que contienen sustancias peligrosas debe venir equipados con sistema de detección de fugas. Además, cumplir las normas de tanques de petróleo, arriba descritas. A partir del 22 de diciembre de 1998, los TSA existentes deben actualizarse, reemplazar el método de detección de fugas o cumplir los requerimientos nuevos que incluyen contención secundaria capaz de capturar cualquier derrame accidental. El monitoreo intersticial debe conducirse mensualmente. Además, la tubería subterránea conectada a los TSA de sustancias peligrosas debe tener contención secundaria, estar presurizada y contar con detector de fuga automático.</p> <p>Los propietarios u operadores de TSA regulados deben mantener registro de pruebas, monitoreo y prueba de cumplimiento con reportes de liberación.</p>	<p>No hay regulación equivalente</p>

TABLA 2.10

RCRA	RLGEEPAMRP
<p>Fugas Los requerimientos específicos para el manejo de fugas confirmadas incluye lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Parar y contener la fuga inmediatamente. • Reportar cualquier liberación sospechosa a la oficina gubernamental apropiada en las primeras 24 horas. Las fugas de petróleo y sobrellenado de menos de 25 galones no tienen que reportarse si se contienen y limpian inmediatamente. • Si una tercera persona señala al propietario u operador una sospecha de fuga, el propietario debe reportarla inmediatamente. • Los propietario u operadores deben determinar inmediatamente la naturaleza y extensión de todas las liberaciones sospechosas de sustancias reguladas y reportar las liberaciones en siete días, a menos que la oficina gubernamental estipule un período más corto. <p>En cualquier investigación de fugas se debe incluir pruebas de hermeticidad en tanques y tuberías. Se satisfacen los requerimientos de la investigación, si no se detecta fuga y si no hay evidencia observable de una fuga, como un suelo decolorado. Sin embargo, si se detecta una liberación, el propietario u operador debe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prevenir fugas posteriores de sustancias peligrosas. • Reportar información en proceso y adicional de la fuga a la oficina gubernamental apropiada dentro de los 20 días después de que se ha confirmado la fuga. <p>Las acciones a largo plazo pueden ser ordenadas por las autoridades basados sobre descubrimientos iniciales. El aseguramiento a la exposición del sitio específico puede ser ordenado para determinar el nivel de limpieza requerido para proteger la salud y el ambiente.</p> <p>Todas las fugas y sobrellenados deben reportarse a la autoridad responsable. Cualquier fuga de petróleo, sobre el piso, mayor a 25 galones debe reportarse. Así como cualquier cantidad de petróleo fugado a un cuerpo de agua superficial resultante del reflejo de aceite. La severidad de las liberaciones en el suelo de sustancias reguladas, diferentes del petróleo, se determinan con respecto a las "cantidades de reporte". Las liberaciones superficiales mayores a la cantidad de reporte deben reportarse de acuerdo a las guías de TSA provistas por el Centro de Respuesta Nacional (CERCLA, SARA Título III) y la oficina estatal y local de emergencia.</p>	<p>No hay regulación equivalente</p>
<p>Clausura de tanques subterráneos de almacenamiento. Los TSA puede cerrarse temporal o permanentemente. Los propietarios de los tanques que son usados de tres a doce meses deben mantener su sistema de protección a la corrosión y su sistema de detección de fugas. Además, todas las líneas, excepto las de venteo, deben taparse. Los propietarios de TSA que han estado cerrados por más de 12 meses deben seguir los lineamientos para el cierre permanente, los cuales incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Notificar a la oficina gubernamental 30 días antes del cierre del TSA. • Vaciar los TSA de todos los líquidos, vapores peligrosos y lodos. • Remover los TSA o llenar con sustancias químicamente inerte como arena. • Determinar si el área circundante al TSA ha sido contaminada. Si los suelos o el agua subterránea están contaminados, se requieren acciones correctivas. 	<p>No hay regulación equivalente</p>

TABLA 2.10

RCRA	RLGEEPAMRP
<p>Fugas Los requerimientos específicos para el manejo de fugas confirmadas incluye lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Parar y contener la fuga inmediatamente. • Reportar cualquier liberación sospechosa a la oficina gubernamental apropiada en las primeras 24 horas. Las fugas de petróleo y sobrellenado de menos de 25 galones no tienen que reportarse si se contienen y limpian inmediatamente. • Si una tercera persona señala al propietario u operador una sospecha de fuga, el propietario debe reportarla inmediatamente. • Los propietario u operadores deben determinar inmediatamente la naturaleza y extensión de todas las liberaciones sospechosas de sustancias reguladas y reportar las liberaciones en siete días, a menos que la oficina gubernamental estipule un periodo más corto. <p>En cualquier investigación de fugas se debe incluir pruebas de hermeticidad en tanques y tuberías. Se satisfacen los requerimientos de la investigación, si no se detecta fuga y si no hay evidencia observable de una fuga, como un suelo decolorado. Sin embargo, si se detecta una liberación, el propietario u operador debe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prevenir fugas posteriores de sustancias peligrosas. • Reportar información en proceso y adicional de la fuga a la oficina gubernamental apropiada dentro de los 20 días después de que se ha confirmado la fuga. <p>Las acciones a largo plazo pueden ser ordenadas por las autoridades basados sobre descubrimientos iniciales. El aseguramiento a la exposición del sitio específico puede ser ordenado para determinar el nivel de limpieza requerido para proteger la salud y el ambiente.</p> <p>Todas las fugas y sobrellenados deben reportarse a la autoridad responsable. Cualquier fuga de petróleo, sobre el piso, mayor a 25 galones debe reportarse. Así como cualquier cantidad de petróleo fugado a un cuerpo de agua superficial resultante del reflejo de aceite. La severidad de las liberaciones en el suelo de sustancias reguladas, diferentes del petróleo, se determinan con respecto a las "cantidades de reporte". Las liberaciones superficiales mayores a la cantidad de reporte deben reportarse de acuerdo a las guías de TSA provistas por el Centro de Respuesta Nacional (CERCLA, SARA Título III) y la oficina estatal y local de emergencia.</p>	<p>No hay regulación equivalente</p>
<p>Clausura de tanques subterráneos de almacenamiento. Los TSA puede cerrarse temporal o permanentemente. Los propietarios de los tanques que son usados de tres a doce meses deben mantener su sistema de protección a la corrosión y su sistema de detección de fugas. Además, todas las líneas, excepto las de venteo, deben taparse. Los propietarios de TSA que han estado cerrados por más de 12 meses deben seguir los lineamientos para el cierre permanente, los cuales incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Notificar a la oficina gubernamental 30 días antes del cierre del TSA. • Vaciar los TSA de todos los líquidos, vapores peligrosos y lodos. • Remover los TSA o llenar con sustancias químicamente inerte como arena. • Determinar si el área circundante al TSA ha sido contaminada. Si los suelos o el agua subterránea están contaminados, se requieren acciones correctivas. 	<p>No hay regulación equivalente</p>

TABLA 2.10

RCRA	RI/GEEPAMRP
<p>Mantenimiento de registros y reportes. Los propietarios y operadores necesitan reportar a la oficina gubernamental sólo al principio y al fin del uso de los TSA. Cuando el TSA se instala, se debe llenar y someter una solicitud. 30 días antes del cierre del tanque, la oficina gubernamental debe ser notificada una vez más. Una excepción son las fugas y goteos, los cuales deben reportarse en las primeras 24 horas. Las fugas de petróleo y los sobrellenados de más de 25 galones no deben reportarse si las liberaciones se contienen y limpian inmediatamente. Los registros deben mostrar el cumplimiento de la instalación en cuatro áreas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detección de goteos, funcionamiento y mantenimiento. • Inspección del sistema de protección de corrosión por los últimos dos años de servicio. • El funcionamiento apropiado y la documentación de cualquier reparación o actualización. • La retención de registros por lo menos de los últimos tres años después del cierre. 	<p>No hay regulación equivalente</p>
<p>Requerimientos de responsabilidad financiera EPA desarrolla guías para asegurar que los propietarios u operadores pueden pagar por las acciones correctivas y compensar terceras personas por lesiones corporales y daños a la propiedad debidas a una liberación accidental. No se han emitido reglamentos finales para los TSA de productos químicos. Tanto el propietario u operador de un TSA de petróleo debe demostrar habilidad financiera para pagar "por ocurrencia" y por "agregado anual". Por ocurrencia se refiere a la cantidad de dinero que debe estar disponible para pagar el costo de una liberación accidental; agregado anual es la cantidad de dinero que debería requerirse para pagar por la liberación accidental que puede ocurrir dentro de 12 meses. El nivel de habilidad financiera para demostrar un evento por ocurrencia y por agregado anual varía dependiendo de las siguientes condiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si el propietario u operador es un distribuidor de petróleo. • Si el volumen mensual manejado por el TSA es menor o igual a 10,000 galones, o más de 10,000 galones. • Si hay 100 TSA o menos, o si es mayor de 100 TSA. <p>Para determinar la cantidad de cobertura requerida, el propietario u operador debe incluir todos los TSA bajo su propiedad o control. Cualquier firma con un valor neto de al menos \$10 millones, puede asegurarse a sí mismo si puede pasar una de las dos pruebas denominadas "fila uno" y "fila dos". Si no, los requerimientos de responsabilidad financiera pueden alcanzarse de diferentes maneras:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Procurar cobertura de seguros de una firma de seguros o un grupo de retención de riesgo. • Obtener una garantía para la cantidad requerida de una matriz corporativa o de una firma asociada. La otra parte debe cumplir los requerimientos de responsabilidad financiera. • Comprar una fianza que cubra la cantidad estimada de dinero. • Obtener una carta de crédito por la cantidad estimada. • Establecer un fondo de confianza. <p>Cualquier combinación de estas condiciones puede ser utilizado para llenar los requerimientos de responsabilidad financiera. Sin embargo, cumplir los requerimientos de responsabilidad financiera no limita una responsabilidad financiera de una empresa en el caso de una liberación accidental o una fuga de un tanque. tal cobertura es necesaria para proteger a los propietarios contra el costo total de la reclamación.</p>	<p>No hay regulación equivalente</p>

TABLA 2.11

TEMA: RESPONSABILIDAD Y ACCIONES DE SANCIÓN

RCRA = Ley de Conservación y Recuperación de Recursos.

RLGEEPAMRP = Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos

RCRA	RLGEEPAMRP
<p>Title II, Subtitle C, Section 3008 Responsabilidad y acciones de sanciones Un generador quien ha manejado apropiadamente y dispuesto sus residuos peligrosos en una instalación autorizada puede aún ser requerido para contribuir con fondos para limpiar la instalación de disposición en el futuro. El gobierno federal puede ordenarlo bajo RCRA o CERCLA. Implementar prácticas apropiadas en una instalación autorizada por RCRA no es garantía de incurrir en responsabilidad financiera por prácticas pasadas. Las sanciones imponen multas civiles máximo de \$25,000 por día por violación. El tener conocimiento de tratar, almacenar y transportar en una instalación no autorizada o disponer residuos peligrosos sin el permiso de RCRA puede resultar en una multa penal. Las multas penales pueden ser de \$50,000 por día por violación y pueden incluir una sentencia de 5 años de prisión. Si la parte responsable por la actividad ilegal sabe que puso en peligro inminente de muerte o daño serio, la multa penal puede expandirse a un máximo de \$250,000 por un individuo y \$1 millón por una corporación. Los individuos puede permanecer en prisión hasta 15 años. Finalmente, las sanciones de EPA pueden resultar en la clausura de la instalación a través de la suspensión del permiso de operación RCRA.</p>	<p>Art. 58 De las medidas de control y de seguridad y sanciones. Las infracciones de carácter administrativo serán sancionadas con una o más de las siguientes sanciones: I. Multa por el equivalente de veinte a veinte mil días de salario mínimo general vigente en el D.F., en el momento de imponer la sanción; II. Clausura temporal o definitiva, parcial o total, cuando conociéndose la peligrosidad de un residuo peligrosos, en forma dolosa no se dé de éste el manejo previsto por el reglamento y las normas correspondientes, y III. Arresto administrativo hasta por treinta y seis horas. Art. 59 La Secretaría podrá revocar las autorizaciones que hubiere concedido: Si una vez impuestas las sanciones a que se refieren los artículos anteriores y vencido el plazo en su caso concedido para subsanar la o las infracciones aún subsistieran, podrán imponerse multas por cada día que transcurra sin obedecer el mandato, sin que el total de las multas que en estos casos se imponga, excedan de veinte mil días de salario mínimo general vigente en el D.F. en el momento de imponer la sanción. En caso de reincidencia, el monto de la multa podrá ser hasta por dos veces el monto originalmente impuesto, sin exceder del doble del máximo permitido. En los casos en que el infractor solucionare la causa que dio origen al desequilibrio ecológico o deterioro al ambiente, la Secretaría podrá modificar o revocar la sanción impuesta. Reincidencia significa incurrir dos veces en un mismo año.</p>

TABLA 2.11

RCRA	RLGEEPAMRP
Mencionado en el cuadro inmediato superior	<p>Art. 184 de la LGEEPA De los delitos de orden federal. Se impondrá pena de tres meses a seis años de prisión y multa por el equivalente de 1,000 a 20,000 días de salario mínimo general vigente en el D.F., al que sin autorización de la Secretaría o contraviniendo los términos en que ésta haya sido concedida, fabrique, elabore, transporte, distribuya, comercie, almacene, posea, use, reuse, recicle, recolecte, trate, deseché, descargue, disponga o en general realice actos con materiales o residuos peligrosos que ocasionen o puedan ocasionar graves daños a la salud pública, a los ecosistemas o sus elementos. Igual pena se impondrá a quien contraviniendo los términos de la autorización que para el efecto hubiere otorgado la Secretaría, importe o exporte materiales o residuos peligrosos.</p>

TABLA 2.13

TEMA: DEFINICIÓN DE SUSTANCIAS PELIGROSAS

CERCLA = Ley de Responsabilidad, Indemnización y Amplia Respuesta Ambiental.

RLGEEPAMRP = Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos

CERCLA	LGEEPA
<p>Title I, II En CERCLA las sustancias peligrosas se definen para incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Todos los contaminantes tóxico y las sustancias listadas en la Ley de Agua Limpia. • Los residuos peligrosos regulados en RCRA. • Cualquier contaminante peligroso del aire regulado en la Ley del Aire Limpio. • Los compuestos químicos designados como peligrosos inminentes en la Ley de Control de las Sustancias Tóxicas. <p>CERCLA excluye el petróleo crudo, los productos del petróleo y los productos del gas natural, los cuales en caso de fuga se controlan de conformidad con la Ley de Agua Limpia.</p> <p>La EPA ha establecido cantidades de reporte para 719 materiales y residuos peligrosos y 1,500 radionucleídos.</p>	<p>No existe regulación equivalente</p>

TABLA 2.14

TEMA: NOTIFICACIÓN DE CONTAMINACIÓN

CERCLA = Ley de Responsabilidad, Indemnización y Amplia Respuesta Ambiental

RLGEEPA = Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos

CERCLA	LGEPA
<p>Title I, II El primer paso en el proceso del Superfondo incluye la identificación de los sitios que pueden estar contaminados con sustancias peligrosas. Los dos requerimientos impuestos a los propietarios u operadores de instalaciones y recipientes para identificar sitios contaminados son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • los requerimientos de reporte de liberación para instalaciones y recipientes, y • la notificación de la existencia de sitios de disposición de residuos peligrosos por propietarios y operadores de estas instalaciones. 	<p>No existe regulación equivalente</p>
<p>Liberación de sustancias peligrosas El Superfondo requiere a los propietarios y operadores de instalaciones y recipientes que quien sepa de cualquier liberación de sustancias peligrosas reporte inmediatamente al Centro de Respuesta Nacional todas las liberaciones que sean igual o excedan las Cantidades de Reporte (CR) establecidas por la EPA. La omisión de notificar al Centro Nacional de Respuesta en el evento de una liberación, o el someter información falsa o incompleta, es castigada con multa o cárcel de no menos de tres años, o cinco años por subsecuentes ocasiones. Además, la notificación de una liberación no puede usarse en contra de la persona que la dio; a menos que sea falsa. Después de que se reporta una fuga o liberación, la EPA notifica a otras oficinas gubernamentales y empieza cualquier respuesta a emergencia o acción de limpieza. Aquellos responsables de la liberación son responsables de los costos asociados con la remoción y abatimiento de las fugas. Los sitios que han sido contaminados severamente por liberaciones pueden evaluarse posteriormente para integrar la lista de los sitios del Superfondo.</p>	<p>No existe regulación equivalente</p>
<p>Identificación de los sitios de tratamiento, almacenamiento y disposición. Todos los propietarios y operadores (incluyendo los anteriores) de instalaciones de tratamiento, almacenamiento y disposición (ITAD) deben notificar la localización del sitio, la cantidad y tipo de material y cualquier liberación conocida o sospechosa. No existe obligación de reportar la operación de una instalación de residuos peligrosos con un permiso RCRA. EPA ha identificado cerca de 30,000 sitios en la base de datos de CERCLA.</p>	<p>No existe regulación equivalente</p>

TABLA 2.15

TEMA: LIMPIEZA

CERCLA = Ley de Responsabilidad, Indemnización y Amplia Respuesta Ambiental

RLGEEPAMRP = Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos

CERCLA	LGEEPA
<p>Title I, II</p> <p>Acciones de remoción y remediación</p> <p>El Superfondo distingue dos tipos de acciones de respuesta para la limpieza:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las acciones de remoción- acciones a corto plazo, de alcance limitado, llevadas a cabo generalmente por la EPA cuando hay una liberación reportada de sustancias peligrosas. • Las acciones de remediación- las acciones diferentes a las de remoción. <p>No se consideran acciones de remoción y remediación, las originadas por los siguientes tipos de liberación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • de sustancias naturales que no han sido alteradas por actividades humanas, en lugares donde se encuentran naturalmente. • de productos, los cuales son parte de construcciones residenciales, estructuras de negocios o comunidades que resultan de la exposición limitada al interior de estas estructuras. • de fuentes de abastecimiento de agua potable pública o privada debida al deterioro del sistema por el uso normal. <p>Acciones de remoción - Autoridad de riesgo inminente.</p> <p>Cuando una liberación o amenaza sustancial de una liberación al ambiente presenta un peligro inminente a la salud o al bienestar, la EPA puede remover o arreglar por medio de acciones de remoción la contaminación. Bajo SARA, las acciones de remoción están limitadas generalmente a aquellas que no toman más de un año o tienen un costo menor a los \$2 millones. Sin embargo, hay excepciones que permiten a la autoridad continuar las acciones de remoción en acciones permanentes de remediación de sitio.</p> <p>Cuando la EPA determina que una liberación amenaza inminentemente la salud, el bienestar o el ambiente, el Procurador General emite una orden para forzar al propietario a detener la liberación y/o prevenir liberaciones futuras. La corte considera diversos factores para determinar cuando existe riesgo inminente.</p> <p>SARA establece también un mecanismo para reembolsar al Superfondo los costos en los que incurrió la persona que recibió y cumplió con tal orden. Para obtener reembolso, sin embargo, esta parte debe demostrar, con evidencias, que no es responsable de tales costos.</p>	<p>No hay regulación equivalente</p>

TABLA 2.15

CERCLA	LQEEPA
<p>Acción de remediación.</p> <p>Además de las provisiones anteriores por riesgo inminente, el Superfondo establece prioridades para la limpieza de sitios severamente contaminados a través de liberaciones y prácticas pasadas de disposición de residuos, utilizando un sistema que consiste en ordenar los riesgos. La EPA ha establecido la Lista Nacional de Prioridades (LNP), como parte del Plan de contingencia (PC), esta lista de sitios contaminados está ordenada a partir del sitio más peligrosos con el fin de controlar los gastos en la limpieza. La LNP incluye sitios abandonados y no controlados de residuos peligrosos, los cuales la EPA actualiza periódicamente. El Plan de Contingencia excluye los sitios sujetos por la jurisdicción de la EPA bajo RCRA, donde los operadores de tales instalaciones ya fueron requeridas en sus permisos para prevenir y limpiar contaminación.</p> <p>El Sistema de ordenamiento (SO) consiste en diversas metodologías analíticas para estimar los riesgos potenciales a la salud que pose un sitio, a través de cinco rutas potenciales de exposición:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Agua subterránea · Agua superficial · Aire · Contacto directo con materiales · Fuego y explosión <p>El SO usa un proceso de pesado para asegurar que un riesgo alto, vía cualquiera de una o más de las rutas descritas arriba, tenderá a producir un valor alto y así tener una alta prioridad para su limpieza. Los sitios que reciben el valor más alto bajo el SO se colocan en la LNP y así se vuelve elegible para que les realicen actividades de limpieza, financiadas por el Superfondo.</p> <p>Aunque el SO es el mecanismo principal para listar sitios en la LNP, cada estado debe designar un sitio con un alto valor para su limpieza. Además, los sitios que se reconocen como una amenaza significativa a la salud, al bienestar o al ambiente pueden incluir sesgos en las conclusiones del SO.</p>	<p>No hay regulación equivalente</p>

TABLA 2.15

CERCLA	LGEPA
<p>Evaluación del sitio, selección de la acción de remediación y normas de limpieza.</p> <p>En 1988, SARA endureció los requerimientos de limpieza para sitios de manejo de residuos peligrosos. SARA requirió a EPA que en 1991 iniciara actividades de limpieza en al menos 375 sitios de la LNP. SARA también incluyó calendarios estrictos para la limpieza de instalaciones federales.</p> <p>El proceso de la evaluación del sitio y la selección de la limpieza (o Investigación de Remediación/Estudio de Factibilidad) generalmente se denominan proceso RI/FS. La investigación de la remediación cubre las actividades de aseguramiento del sitio, bajo las cuales la oficina gubernamental evalúa la naturaleza y extensión de la contaminación del sitio y las condiciones generales del sitio. Se inicia la identificación de posibles métodos de limpieza.</p> <p>La acción de remediación seleccionada debe lograr un grado especificado de limpieza y control de liberaciones futuras, las cuales aseguren protección a la salud y al ambiente. Durante la investigación, la EPA considera los estándares de limpieza que va a imponer, tomando en cuenta el riesgo que el sitio posee a la salud y al ambiente, así como "los requerimientos apropiados, aplicable o relevantes" (RAAR) para la calidad ambiental encontrada en otras leyes ambientales estatales y municipales. Esto incluye la selección de una acción de remediación que facilitará la obtención del nivel máximo de contaminante establecido en la Ley de agua potable y en los criterios de calidad del agua. Aunque los estándares federales, estatales y municipales están incorporados dentro de las decisiones en la selección de una acción de remediación, no se requieren permisos federales, estatales o municipales para las acciones de limpieza del Superfondo.</p> <p>En el proceso del estudio de factibilidad, se desarrollan y evalúan las opciones de limpieza completa para seleccionar las alternativas. SARA especifica una lista de nueve factores mínimos, los cuales EPA debe considerar para asegurar las acciones de remediación cuando se evalúan y seleccionan las alternativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Protección total de la salud y el ambiente. • Cumplimiento de los requerimientos apropiados, aplicables o relevantes (RAAR). • Efectividad y permanencia a largo plazo. • Reducción de toxicidad, movilidad o volumen a través de tratamiento. • Efectividad a corto plazo. • Facilidad para implementarse. • Costo. • Aceptación estatal. • Aceptación de la comunidad. <p>Estos criterios se aplican en dos pasos. Inicialmente, las alternativas para ser consideradas deben cumplir los dos primeros criterios. Luego, los criterios restantes se usan para ordenar alternativas supervivientes, con el peso mayor dado a la efectividad y permanencia a largo plazo y a las reducciones en toxicidad, movilidad o volumen.</p>	<p>No hay regulación equivalente</p>

TABLA 2.15

CERCLA	LGEEPA
<p>SARA establece que se prefieren los métodos de limpieza en los cuales se considera el tratamiento "permanente y significativo para reducir el volumen, toxicidad o movilidad de las sustancias peligrosas sobre las acciones de remediación que no incluyan tales tratamientos". En otras palabras, las soluciones permanentes para los problemas de residuos peligrosos se prefieren en la limpieza de sitios, en oposición a la mera contención o redistribución de materiales contaminados. Consistente con el énfasis de las tecnologías de tratamiento, SARA no favorece el transporte y disposición externos de sustancias peligrosas. Este menosprecio por la disposición en sitio tiene sentido según el propósito de CERCLA. De otra manera, el programa sólo cambiaría material contaminado de un lugar a otro.</p> <p>EPA aprueba los planes de limpieza, incluyendo los estándares de limpieza, en un documento llamado el Registro de Decisión (ROD). Las limpiezas finales deben reducir la contaminación a niveles que cumplan los estándares de las leyes de agua limpia y agua potable; así como los estándares más estrictos de los RAARs</p>	<p>No hay regulación equivalente</p>
<p>Contratistas para la limpieza</p> <p>CERCLA provee que los contratistas para la acción de respuesta (CAR) de Superfondo no son responsables de daños, costos, lesiones, gastos u otras responsabilidades resultantes de una liberación actual no causada por la negligencia o conducta intencional de los CARs.</p> <p>CERCLA otorga a EPA la autoridad discrecional para indemnizar a los CARs por la liberación de sustancias peligrosas o contaminantes, es decir la EPA ofrece un sustituto de seguro comercial de contaminación.</p> <p>Para ser elegible por la EPA para una indemnización, un CAR debe haber hecho esfuerzos notables para obtener la cobertura de seguro para fuentes no federales. La meta de las guías es asegurar que un grupo de CAR calificados estén dispuestos para trabajar en sitios de Superfondo. Sin embargo, la EPA no ofrece indemnización si recibe un número suficiente de propuesta calificadas u ofertas y no se ofrecen respuestas. Muchos CAR están preocupados, ya que la cobertura de responsabilidad es de \$50 millones y es insuficiente, dado el alto riesgo de responsabilidad a la cual están expuestos. El término de la cobertura ofrecida por la EPA es por 10 años.</p>	<p>No hay regulación equivalente</p>

TABLA 2.16

TEMA: SUPERFONDO

CERCLA = Ley de Responsabilidad, Indemnización y Amplia Respuesta Ambiental

RLGEEPAMRP = Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos

CERCLA	LGEEPA
<p>Title I, II Superfondo CERCLA creó un fondo sustancial para financiar la limpieza de sitios donde no se pueden identificar las partes responsables y cubrir los costos del proceso de evaluación RI/FS. El superfondo fue establecido en \$1.6 billones para sus primeros cinco años; SARA amplió el fondo a \$8.5 billones para los siguientes cinco años. El Superfondo fue financiado originalmente por un impuesto al petróleo crudo nacional, productos de petróleo importados y ventas de ciertos productos químicos. SARA elevó el impuesto al petróleo. El petróleo importado y nacional está cargado de un impuesto de 9.7 centavos por barril. Cuando no se localiza a las partes responsables, el dinero del Superfondo está disponible en 90% del total de las actividades de limpieza en estados que contribuyen con el 10% remanente. En estados donde los sitios están en la lista nacional de prioridades, la división de costos entre la federación y el estado es de 50:50.</p>	<p>No hay regulación equivalente</p>
<p>Reclamación contra el Superfondo. Bajo SARA, los gobiernos locales que llevan a cabo medidas de emergencia temporal (tales como muros de seguridad y respuestas a fuegos y explosiones) para prevenir o mitigar atentados a la salud y al ambiente de liberaciones, puede ser reembolsados por costos de respuesta al Superfondo. Los reembolsos pueden ser hechos hasta por \$25,000 para una sola respuesta. SARA establece que el costo de las actividades de ejecución puede ser reembolsada por el Superfondo. La EPA emitió una regla final para establecer procedimientos para llenar, evaluar y resolver reclamaciones contra el Superfondo. Estos procedimientos, conocidos como Procedimientos de Reclamación de Respuestas (PRR), aplican a reclamaciones sometidas a reembolso del Superfondo por un individuo, entidad privada, parte potencialmente responsable o entidad extranjera elegible para someter una reclamación por costos de respuesta incurridos como resultado de cumplir el plan nacional de contingencia. Para alentar la limpieza de terceras partes, CERCLA provee un derecho privado de acción para cualquier persona que incurra en costos de respuesta consistente con el plan nacional de contingencia. Sin embargo, la legislación no es clara si se necesita aprobación de la EPA para calificar en un reembolso de los costos de respuesta; ya que la corte obtiene la mitad.</p>	<p>No hay regulación equivalente</p>

TABLA 2.17

TEMA: PROGRAMA PARA FUGAS DE PETRÓLEO PARA TANQUES SUBTERRÁNEOS DE ALMACENAMIENTO

RCRA = Ley de Conservación y Recuperación de Recursos.

RLGEEPAMRP = Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos

RCRA	RLGEEPAMRP
<p>RCRA, Title II, Subtitle I SARA establece un programa donde la EPA puede iniciar las acciones correctivas en respuesta a ciertos goteos de tanques de petróleo. El programa se financia por un fondo de \$500 millones. Este programa es esencialmente como el de CERCLA, está restringido a liberaciones de petróleo. EPA tiene la autoridad de financiar acciones correctivas en respuesta a un goteo de tanques de petróleo una vez que el programa propuesto entra en efecto.</p>	<p>No hay regulación equivalente</p>

TABLA 2.18

TEMA: RESPONSABILIDADES

CERCLA = Ley de Responsabilidad, Indemnización y Amplia Respuesta Ambiental

RLGEEPAMRP = Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos

CERCLA	LGEEPA
<p>Partes responsables y sus responsabilidades. Aunque puede ser difícil averiguar sobre muchas de las partes responsables de sitios contaminados, el Superfondo incluye provisiones extensivas para la identificación de tales partes. La EPA y las oficinas gubernamentales estatales buscan identificar a "partes potencialmente responsables" (ppr), quienes pueden ser requeridas para financiar actividades de limpieza, tanto directamente o a través de reembolso de gastos.</p>	<p>No hay regulación equivalente</p>
<p>Partes responsables Los propietarios y operadores de recipientes o instalaciones desde las cuales ocurren liberaciones, se consideran PPRs. Estos propietarios y operadores se descubren a través de los requerimientos de reporte de liberación. Sin embargo, los PPRs pueden identificarse a través de los requerimientos de notificación de sitios de disposición de residuos peligrosos mencionados previamente. Un PPR puede ser cualquier persona quien:</p> <ul style="list-style-type: none"> • actualmente posee u opera una instalación donde se han o se están liberando sustancias peligrosas (Incluye actuales propietarios de propiedades previamente contaminadas); • poseyó u operó un instalación donde ocurrió la disposición de materiales contaminados; • arregló el tratamiento, disposición o transportación de una sustancia peligrosa a la instalación de la cual la liberación ha ocurrido o puede ocurrir; • transportó un residuo peligroso a una instalación en la cual ocurrió una liberación. <p>CERCLA requiere solamente de una liberación pasada o presente en una instalación para imponer responsabilidad (no se considera negligencia u otro mal proceder). Las partes identificadas pueden mantenerse responsables por gastos de limpieza, a pesar de que los procedimientos seguidos al momento de la disposición fueron razonables y cumplían los requerimientos regulatorios vigentes. Debido a la estricta naturaleza de responsabilidad de CERCLA, se ha vuelto una práctica rutinaria en la transferencia de cualquier propiedad comercial, el aseguramiento de tal sitio. Los compradores que ignoran esta práctica pueden verse sujetos bajo responsabilidades potencialmente grandes. Las provisiones de responsabilidad del Superfondo son tan amplias que aún los gobiernos estatales pueden hacerse acreedores a responsabilidad por gastos de respuesta. El Superfondo es retroactivo en las partes responsables relacionado a los costos de remediación, aunque la disposición de sustancias peligrosas ocurriera antes de que se emitiera CERCLA. El Superfondo evita de la responsabilidad a cualquier persona quien presta asistencia, asesora, de acuerdo con el plan de contingencia, o dirige la coordinación. Sin embargo, la inmunidad no aplica en actos de negligencia o mala conducta intencional.</p>	<p>No hay regulación equivalente</p>

TABLA 2.18

CERCLA	LGEEPA
<p>Responsabilidades. Bajo el Superfondo, las partes responsables son finalmente responsables por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Todos los costos de una remoción o remediación incurrida por el gobierno federal o estatal consistente con el plan nacional de contingencia; • Cualquier otro costo innecesario incurrido por cualquier otra persona consistente con el plan nacional de contingencia; • Daños por lesiones, destrucción o pérdida de recursos naturales y el costo de la posesión de tales daños. <p>SARA establece responsabilidad por el costo del interés de las actividades de respuesta. Sin embargo, el Superfondo establece límites en los montos de acuerdo al tipo de instalación involucrada. Estos límites son como siguen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recipientes - el mayor de \$300 por tonelada bruta o \$5 millones. • Vehículos automotores (incluyendo aviones) - \$5 millones. • Tuberías - \$50 millones • Otras instalaciones, incluyendo recipientes de incineración - Los costos de respuesta mas \$50 millones por cualquier daño. 	<p>No hay regulación equivalente</p>
<p>Responsabilidad del que presta y la excepción del interés de seguridad. El término propietario u operador, sin embargo, está definido para excluir específicamente cualquier persona, quien, sin participar en el manejo de una instalación, mantiene indicios de propietario primario para proteger su interés de seguridad en la instalación. Esta provisión, conocida como la excepción del interés de seguridad, puede ser invocado para cubrir a acreedores asegurados de responsabilidad como propietario u operador bajo CERCLA. Una gran interés se ha elevado con respecto al significado exacto de la excepción, y en particular sobre los términos i) participar en el manejo de una instalación, y ii) mantener indicios de propietario primario para proteger un interés de seguridad.</p>	<p>No hay regulación equivalente</p>
<p>Regla de responsabilidad del que presta a la EPA. Los factores transitorios incrementaron el riesgo a los que prestan, ya que estarían sujetos a la responsabilidad de CERCLA cuando intentaran proteger sus intereses, y ésto resultó en un clamor de reforma de las instituciones financieras y de los que prestan. Muchos comentarios sobre el tema exageraron las implicaciones de los factores transitorios y causó confusión adicional e inquietud. La EPA y el Congreso fueron cabildados para aminorar los resultados del posible daño de los factores transitorios. Consecuentemente, la EPA publicó una regla final clarificando el alcance de la excepción del interés de seguridad de CERCLA y especificando un rango de actividades que un acreedor asegurado podría comprometer, sin perder la protección de la excepción. La regla provee certidumbre a los que prestan al vigilar los factores transitorios. Una razón de la premura de la EPA por promulgar esta regla fueron los problemas en los que metía a la Corporación de Resolución de Confianza (CRC) y a la Corporación Federal del Seguro de Depósito (CFSD). La CRC y la CFSD fueron creadas por el congreso para manejar instituciones en bancarota y ahora son conservadores y receptores de muchos bienes raíces, los cuales indudablemente incluyen</p>	<p>No hay regulación equivalente</p>

TABLA 2.18

CERCLA	LGEPA
<p>terrenos contaminados, una regla clara sobre el tema despejaría cualquier ansiedad que estas instituciones podrían haber tenido como una consecuencia en la caída de los ahorros y préstamos. La regla de excepción del interés de seguridad es tan amplia que podría ser construida en contravención directa del intento del congreso con respecto a la responsabilidad de CERCLA; no hay duda de que algunas partes de la regla contradicen la opinión de los factores transitorios.</p> <p>Las provisiones clave de la regla son aquellas que definen la frase "participación en el manejo". El término está limitado específicamente a la participación actual en el manejo y operación de una instalación, y excluye "la mera capacidad para influir, o la habilidad para influir, o el derecho no ejercido para controlar las operaciones de una instalación". Cuando el deudor está en posesión de la instalación, la parte asegurada se considera estar participando en el manejo, sólo si al menos una de las siguientes circunstancias aplica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La parte asegurada ejercita el control de decisión sobre el cumplimiento ambiental del deudor, así que la parte asegurada ha tomado la responsabilidad del manejo o de las prácticas de disposición de las sustancias peligrosas del deudor. • La parte asegurada ejercita el control a un nivel comparable al de un gerente de la empresa del deudor, así que la parte asegurada ha asumido o manifestó la responsabilidad por el manejo general de la empresa circunscrita a la toma de decisiones del día a día de la empresa con respecto a i) cumplimiento ambiental, o ii) todos los otros aspectos operacionales de la empresa diferentes al cumplimiento ambiental. <p>En el segundo tema mencionado arriba, "los aspectos operacionales" se definió incluir funciones como de un gerente de planta u operaciones, jefe de operaciones, oficial u oficial ejecutivo en jefe. Los aspectos operacionales no incluyen "aspectos financieros o administrativos", los cuales circundan funciones similares a aquellas de un crédito, cuentas, o manejo de personal o contraloría.</p> <p>La regla va sobre actividades específicas de las partes aseguradas que no constituyen participación en el manejo para el propósito de la excepción del interés de seguridad. Estas actividades incluyen la conducción o requerimiento de una inspección ambiental de un prospecto de planta de un deudor. También están incluidas las actividades de la "política" o "trabajo" realizado previo a la clausura, provisión que la parte asegurada no participa en tal acción en el manejo de la instalación descrita arriba. Las actividades de "política" incluyen requerimientos del deudor para limpiar la instalación o cumplir con las leyes ambientales aplicables y monitorear o inspeccionar la instalación, el negocio del deudor o la condición financiera. Las actividades de "trabajo" son aquellas emprendidas por la parte asegurada para prevenir, curar o mitigar una falta por el deudor o para preservar o prevenir la disminución de el valor de la seguridad. Reestructurar o renegociar los términos de un interés de seguridad y proveer financiamiento específico o general u otros dispositivos o sugerencias son ejemplos de las actividades de trabajo. Las actividades posteriores a la clausura también se preparan. En CERCLA se usa "indicio de propiedad", el cual incluye títulos legales o equiparables adquiridos via clausura. Estos indicios son juzgados para ser mantenidos después de la clausura primeramente para proteger un interés de seguridad si las dos siguientes condiciones son verdad:</p>	

TABLA 2.18

CERCLA	LGEPA
<ul style="list-style-type: none"> • El propietario emprende para privarse así mismo de la propiedad "de una manera razonablemente rápida", utilizando medios comerciales que son relevantes o apropiados". • El propietario no participa en el manejo previo a la clausura. <p>Un propietario establece afirmativamente que el indicio de propietario continua para ser mantenido primeramente para proteger un interés de seguridad cuando dentro de los doce meses siguientes a la clausura:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lista la instalación con un corredor, distribuidor o agente con el tipo de propiedad en cuestión. • Anuncia la instalación al menos mensualmente en una publicación o periódico especificado en la regla. <p>Un propietario que aumenta el precio, rechaza o incumple una oferta de consideraciones justas por la propiedad; cae fuera de la excepción del interés de seguridad.</p> <p>Un propietario que no participa en el manejo previo a la clausura y que de otra forma cumple con las reglas mencionadas con respecto a la clausura posterior, puede conducir a cualquiera de las siguientes actividades sin evitar la excepción del interés de seguridad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vender o rearendar la propiedad mantenida bajo prosecución para un arrendamiento en una transacción financiera. • Mantener actividades de negocio. • Liquidar o terminar operaciones. • Empezar una acción de respuesta bajo CERCLA. • Tomar medidas para preservar, proteger o preparar el activo asegurado previamente a la venta u otra disposición. <p>Tal propietario incurrirá en responsabilidad de CERCLA con respecto a un instalación al poseerla después de la clausura sólo si existe alguna de las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arreglo para disponer o tratar una sustancia peligrosa, como la provee CERCLA. • Aceptar la transportación y disposición de las sustancias peligrosas en una instalación seleccionada por el propietario, como lo provee CERCLA; <p>Un propietario no incurre en responsabilidad por virtud de tomar cualquier acción de respuesta bajo CERCLA o bajo la dirección de un coordinador de contingencia.</p> <p>La regla es clara en que los demandantes hagan la petición bajo CERCLA y tengan que establecer que el demandado es responsable como un propietario u operador.</p>	
<p>Contribución</p> <p>Cualquier persona encontrada responsable de los costos de respuesta puede buscar contribuciones de otros responsables o de partes potencialmente responsables. Una corte puede asignar equitativamente esos costos entre las partes responsables.</p> <p>Las reclamaciones por contribuciones no pueden presentarse contra las partes que resolvieron sus responsabilidades ante la EPA o a un estado autorizado en un asentamiento aprobado judicial o administrativamente. Esta prohibición en las reclamaciones de contribuciones contra las partes asentadas ha sobrevivido un número de desafíos legales. Además, para gozar de inmunidad de las reclamaciones de contribuciones, las partes asentadas también tienen el derecho de buscar contribuciones de partes responsables no asentadas.</p>	<p>No hay regulación equivalente</p>

TABLA 2.18

CERCLA	LGEPA
<p>Defensas</p> <p>El Superfondo no impone responsabilidad cuando una liberación ha sido causada por un "acto de dios" o un acto de guerra. Tampoco hay responsabilidad cuando la única causa de una liberación es el acto de una tercera parte (otros diferentes de un empleado, agente o contratista independiente del demandante). Sin embargo, el demandante debe proporcionar la información de que se ejerció el cuidado debido y se tomaron las precauciones contra actos previsibles. Estas defensas no están disponibles a las personas que no cumplieron con el reporte de liberaciones.</p> <p>SARA agregó una defensa importante para los propietarios que adquirieron un predio y descubrieron subsecuentemente que se dispusieron sustancias peligrosas en la propiedad sin su conocimiento. Esto se refiere como la "defensa del propietario inocente". Esta defensa está disponible sólo si una persona adquirió una propiedad después de la disposición o colocación de las sustancias peligrosas, ejerció debido cuidado con respecto a las sustancias y tomó precauciones razonables contra actos previsibles u omisiones de terceras partes. El propietario debe establecer al menos una de las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El o ella no sabían y "no tuvieron razón para saber" de la presencia de sustancias peligrosas en la propiedad cuando la adquirieron. • El propietario es una entidad gubernamental que adquirió la propiedad involuntariamente o por dominio eminente. • La propiedad fue adquirida por herencia o legado. <p>La corte considerará una variedad de factores para asegurar el nivel de conocimientos o inocencia del propietario, incluyendo un conocimiento o experiencia especializados y la habilidad para detectar contaminación por medio de una auditoría ambiental. Conforme aumenta la conciencia de la probabilidad de la contaminación de un sitio, la viabilidad de la defensa se angosta.</p>	<p>No hay regulación equivalente</p>

TABLA 2.19

TEMA: PROCEDIMIENTOS DE CONVENIO

CERCLA = Ley de Responsabilidad, Indemnización y Amplia Respuesta Ambiental

RLGEEPAMRP = Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos

CERCLA	LGEEPA
<p>Title I, II El Superfondo también incluye provisiones extensas para negociaciones y convenios entre las partes responsables y la EPA. La EPA dirige entrar en convenio cuando hay interés público y cuando es urgente la limpieza. Si la EPA decide no entra en convenio con una parte responsable, debe notificar esa parte de su decisión y las razones por las cuales no es apropiado un convenio. Cuando hay diversas partes potencialmente responsables por la contaminación de un sitio, el convenio de la responsabilidad de una parte reduce la responsabilidad potencial de los otros por el número de convenios. Esta regla ha sido criticada por eliminar a las partes no convenidas en el riesgo al poseer una porción desproporcionada de responsabilidad, ya que la cantidad acordada en el convenio puede ser menor que la porción justa de la parte acordada de responsabilidad. La EPA ha aplicado estas provisiones para permitir a las partes responsables que hicieron contribuciones menores a la contaminación (por ejemplo, aquellos quienes enviaron menores cantidades de residuos peligrosos a una instalación) para firmar los acuerdo denominados "de minimis" bajo los cuales acordaron contribuir con una cantidad fija, pequeña para los costos de limpieza.</p>	<p>No hay regulación equivalente. Sin embargo, la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente ha establecido discrecionalmente convenios de cumplimiento con las empresas más contaminantes y exportadoras cuando éstas han entrado al régimen de auditoría ambiental y les ha detectado incumplimientos ambientales que requieren acción.</p>
<p>Requerimientos de responsabilidad financiera. El Superfondo requiere a los propietarios y operadores de recipientes mayores a 300 toneladas brutas mantener evidencia de responsabilidad financiera en la cantidad de \$300 por tonelada bruta. Sin embargo, los recipientes que transportan sustancias peligrosas como cargo deben mantener una responsabilidad financiera mínima de \$5 millones o \$300 por tonelada bruta, lo que sea mayor. La responsabilidad financiera se demuestra a través de seguros, garantías, fianzas o calificaciones como autoasegurado. Si un propietario u operador posee, opera o carga más de un recipiente, la cobertura de responsabilidad máxima aplicable al recipiente más grande es todo lo que se necesita para todos los recipientes que se tienen u operan. La EPA establece requerimientos de responsabilidad financiera adicional para los recipientes de incineración. Estos requerimientos de responsabilidad financiera bajo CERCLA son adicionales a aquellos especificados bajo RCRA. La EPA determina las cantidades apropiadas de responsabilidad financiera requerida para recipientes de incineración y las instalaciones. Todas las reclamaciones contra propietarios y operadores por liberaciones pueden ser declaradas directamente contra los garantes. Una responsabilidad total del garante está limitada a los montos de la póliza del seguro, garantía, fianza, carta de crédito u otro instrumento aplicable.</p>	

CAPITULO 3. IDENTIFICACION DE LA CONTAMINACION DEL SUELO

La contaminación del suelo debida al mal manejo de las materias primas peligrosas y de la disposición de los residuos peligrosos industriales es la que mayor atención ha despertado en los medios científicos y gubernamentales de los países industrializados y subdesarrollados. Los residuos peligrosos se han dispuesto indiscriminadamente por años; sin embargo, lo más crítico es su impacto potencial al agua del subsuelo, un recurso de por sí escaso, el cual es abastecido a la población a través de pozos profundos y cuerpos de agua.

La razón de tal interés obedece al peligro de dañar infinidad de ciclos biológicos y atender indirectamente contra la salud humana. La disposición de sustancias peligrosas y residuos, cualquiera que sea su naturaleza, se acompaña de fenómenos complejos de interacciones entre los constituyentes de las sustancias y de los residuos, las aguas de lluvia que se infiltran entre la masa de las sustancias y residuos, las condiciones hidrogeológicas del sitio, las etapas bioquímicas de la degradación de las sustancias y residuos y, finalmente, el sustrato constitutivo del sitio.

Al ocurrir la contaminación del suelo, el transporte vertical continuará hasta que una o más de las siguientes condiciones se cumplan: (a) todos los contaminantes se dispersen por completo y sean absorbidos por los materiales del subsuelo; (b) los contaminantes alcancen una formación arcillosa impermeable a través de la cual no puedan penetrar, o (c) los contaminantes establezcan contacto con el agua subterránea.

Al alcanzar los contaminantes el agua subterránea, tienden a mezclarse dentro de la zona capilar y ser transportados en la misma dirección que el agua. Asimismo, algunos tienden a disolverse en una extensión limitada en el manto freático. El grado de movilidad depende también del contenido de materia orgánica, de la composición mineral del acuífero y la porosidad del terreno.

La contaminación de los mantos acuíferos es sumamente importante, ya que puede recorrer enormes extensiones subterráneas e incluso rebasar límites fronterizos. Esta migración puede tardar décadas y contaminar las aguas utilizadas para la agricultura, ganadería, usos domésticos e industriales, provocar la erosión de suelos y poner en peligro la fauna y flora, así como la estabilidad de múltiples actividades socioeconómicas.

Por otro lado, la volatilización de compuestos orgánicos con alta presión de vapor y la dispersión de polvos y cenizas por los vientos son otras rutas potenciales de contaminación del medio ambiente. La vaporización y dispersión en los sitios de disposición puede alterar las condiciones atmosféricas normales y alcanzar niveles de riesgo ambiental (Soto, 1995).

La identificación de la contaminación del suelo, por lo tanto, es el primer paso para conocer las condiciones de un sitio, prever riesgos ambientales futuros y dar los fundamentos para establecer la estrategia de restauración del suelo, en caso necesario.

A continuación se indica una metodología de identificación de la contaminación del suelo seguida en México por un consultor autorizado por PROFEPA; la cual comparativamente con otros criterios norteamericanos de muestreo (Douglas, 1992; Everett, 1993; Triegel, 1988 y USEPA, 1985) puede utilizarse.

La identificación de la contaminación del suelo se menciona en la etapa de Desarrollo en Campo de una auditoría ambiental, la cual se describe brevemente en el Capítulo 1 de esta tesis. Sin embargo, entre las labores desarrolladas en la etapa 2 de la auditoría ambiental se efectúa una evaluación histórica del sitio y de la planta industrial, donde se recopila información actual y pasada, se hace una inspección visual, se entrevista a los trabajadores, etc. Asimismo, se recomienda muestrear y analizar el suelo superficial, semiprofundo y gas del subsuelo donde se efectuaron o realizan operaciones con sustancias peligrosas y se dispusieron o disponen residuos peligrosos.

Por lo tanto, en este capítulo se recomienda una metodología para identificar y muestrear la contaminación del suelo superficial, semiprofundo y gas del subsuelo durante una auditoría ambiental básica. Así como, se mencionan los parámetros y métodos analíticos recomendables para este tipo de muestras. La metodología recomendada es una adaptación que requiere revisarse, pero sólo puede desecharse o aceptarse cuando se ha utilizado y documentado.

3.1 MUESTREO Y ANALISIS DEL SUELO SUPERFICIAL Y SEMIPROFUNDO

3.1.1 Identificación de los puntos de muestreo

Para una adecuada selección de los puntos de muestreo en instalaciones que se encuentran operando, cerradas o abandonadas se realiza un recorrido del área de estudio con el objeto de determinar si existen zonas en las cuales se localicen:

- A) Áreas visiblemente contaminadas por derrames o fugas, mala disposición de residuos o mal manejo de sustancias
- B) Áreas de almacenamiento de combustibles y lubricantes
- C) Zonas de carga y descarga de combustibles
- D) Áreas de tránsito de vehículos
- E) Áreas verdes dentro y fuera del predio
- F) Áreas aparentemente no contaminadas (de referencia)

Además, se identifican aquellas áreas, que aunque no presentan evidencia física detectable de estar contaminadas, pueden estarlo debido a su localización:

G) Cerca de entradas o salidas de áreas de almacenamiento o de áreas de proceso en las que se manejen materiales como polvos, solventes, aerosoles, capaces de generar contaminación sobre áreas no pavimentadas cercanas.

H) En áreas que se encuentren en declive corriente abajo de un área donde se manejen materiales peligrosos, que en caso de derrames puedan contaminar el área.

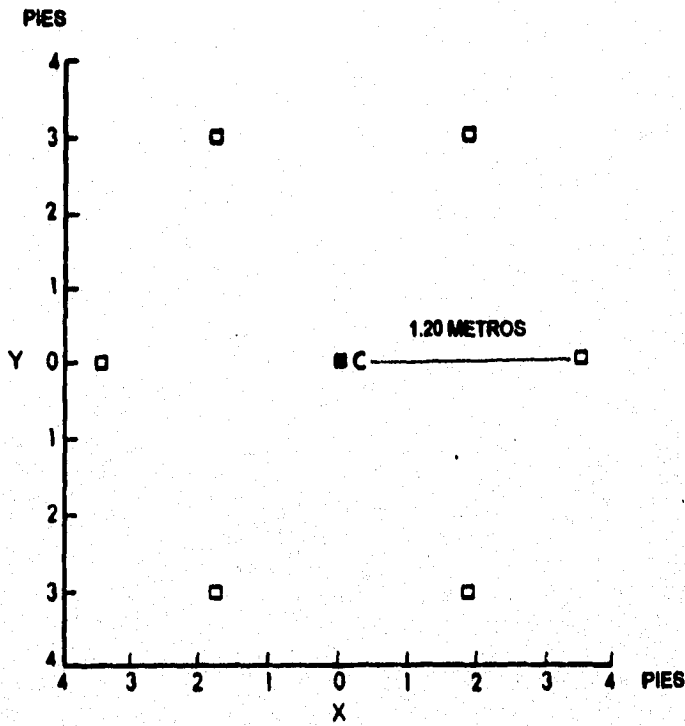
Una vez detectada el área de estudio se procede a determinar su extensión por medio de una inspección visual y evaluación numérica:

- Si el área contaminada es pequeña (menor de 3m^2), toda el área se marca con una rejilla en forma circular, dentro de la cual se dibujan y numeran círculos aleatorios de donde se selecciona, por medio de una tabla de números aleatorios, el sitio para tomar las muestras representativas.
- Si el área contaminada es suficientemente grande (mayor de 170m^2), toda el área se marca con una rejilla cuadrada, dentro de la cual se dibujan y numeran cuadrados de donde se seleccionan, por medio de una tabla de números aleatorios, los sitios para tomar las muestras representativas.
- Si el área contaminada es de tamaño regular (de 3m^2 a 144m^2), toda el área se marca con una rejilla hexagonal, la cual minimiza el área circular y funciona bien para ciertos problemas de muestreo de suelo (USEPA, 1985). La rejilla hexagonal puede tomar tres tamaños, según el diámetro del área contaminada. Si el área contaminada tiene un radio de 1.20 m, el hexágono tiene sólo 7 puntos (ver figura 3.1). Si el radio del área contaminada es de 3 m, el hexágono es de 19 puntos (ver figura 3.2). Finalmente, si el radio del área contaminada es de 12 m, el hexágono es de 37 puntos (ver figura 3.3).
- No se recomienda tomar muestras al azar, sin un patrón definido; ya que el personal que lo realice debe tener gran experiencia en estos muestreos y para el tipo de contaminación de que se trate. Además de que las muestras tomadas así no serían confiables al efectuar el análisis estadístico.

Una vez determinada la extensión del área contaminada, se procede a elegir el número de muestras, el cual depende del costo del análisis de cada una de las muestras, la confiabilidad de detección deseada del área contaminada y el objetivo de la auditoría, el cual indica que "ninguna auditoría puede ni debe implicar una verificación completa de todas las operaciones efectuadas en el período que se examina" (Diflissi et al, 1991).

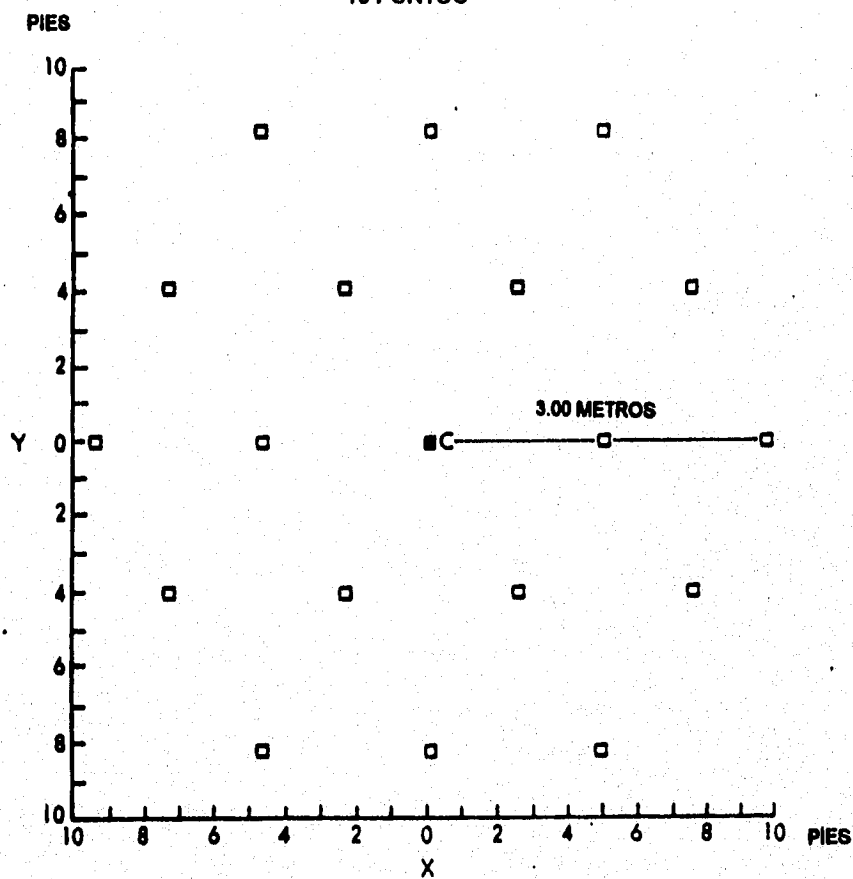
En la siguiente tabla se muestra el tamaño recomendado de muestras individuales:

FIGURA 3.1 LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO EN UNA REJILLA DE 7 PUNTOS



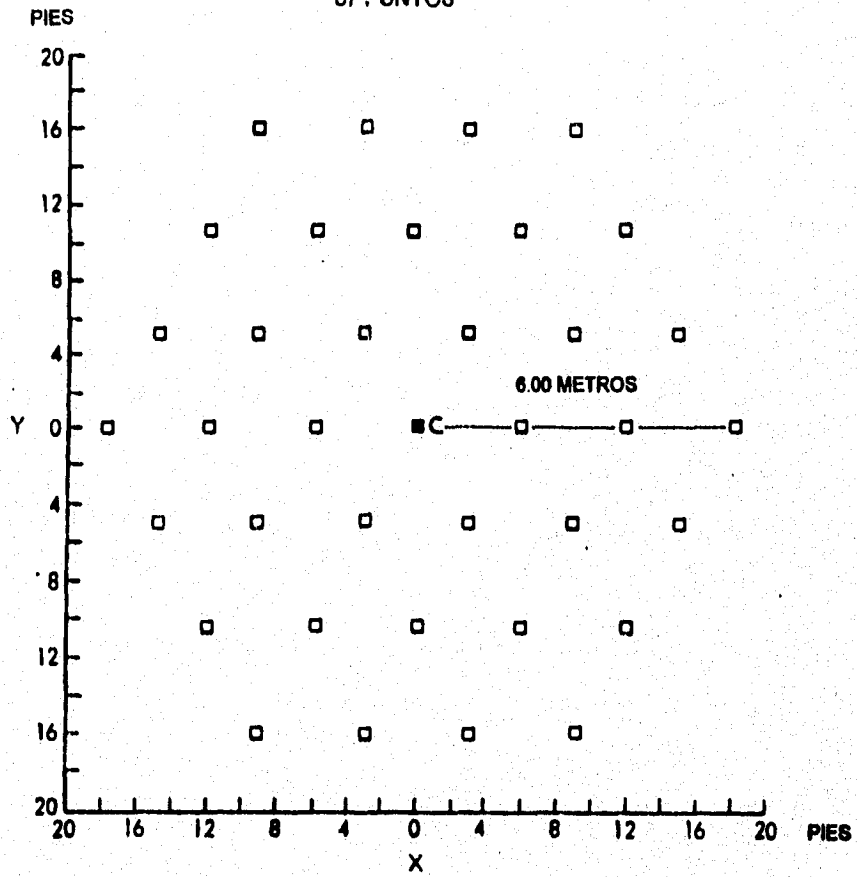
Se supone que el límite exterior del área contaminada está a 1.20 m del centro "C" del sitio.

FIGURA 3.2 LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO EN UNA REJILLA DE 19 PUNTOS



Se supone que el límite exterior del área contaminada está a 3.00 m del centro "C" del sitio.

FIGURA 3.3 LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO EN UNA REJILLA DE 37 PUNTOS



Se supone que el límite exterior del área contaminada está a 6.00 m del centro "C" del sitio.

TAMAÑO RECOMENDADO DE MUESTRAS INDIVIDUALES

RADIO DEL ÁREA CONTAMINADA (m)	TAMAÑO DE MUESTRA
menor de 1.20	7
1.20 - 3.0	19
mayor de 3.0	37

Por otro lado, se puede emplear la estrategia de formar muestras compuestas; lo cual, por una lado, permite reducir sustancialmente los costos de análisis; y por el otro, determinar que al menos una muestra tiene una concentración arriba del límite permisible del contaminante. Es decir, si la concentración del contaminante en la muestra compuesta es suficientemente alto, se puede concluir que está presente una muestra contaminada; si por el contrario, el nivel es suficientemente bajo, todas las muestras individuales están limpias. Para resultados intermedios, las muestras que forman la compuesta deberán analizarse individualmente.

ESTRATEGIA DE MUESTRAS COMPUESTAS

NO. DE MUESTRAS COLECTADAS	AGRUPACIÓN
7	UN GRUPO DE 7
19	UN GRUPO DE 10, UNO DE 9
37	TRES GRUPOS DE 9, UNO DE 10

Como se observa en la tabla anterior, el número de muestras se reduce considerablemente, sin poner en riesgo el objetivo y la confiabilidad del muestreo. En las figuras 3.4, 3.5 y 3.6 se presenta un ejemplo de agrupamiento de muestras para 19 puntos y para 37.

Los valores recomendados de las dos tablas anteriores se basan en cálculos probabilísticos (USEPA, 1985), los cuales se muestran esquemáticamente en la figura 3.7 para diferentes niveles de contaminación y para un porcentaje de área contaminada dada. Para niveles cercanos al valor límite y para porcentajes bajos del área contaminada, la probabilidad de detección es baja. Cuando el nivel es alto y el porcentaje del área contaminada es grande, la probabilidad de detección se acerca al 100%. Para áreas pequeñas con alta concentración, la capacidad de detección es modesta. Similarmente, para grandes áreas contaminadas cercanas al valor límite. La razón de estos resultados es el haber utilizado un coeficiente de 0.5% de confianza para la hipótesis de "hallazgo falso de no cumplimiento"

3.1.2 Toma de muestras de suelo superficial y semiprofundo

Para realizar esta actividad, se utiliza un muestreador de suelo diseñado específicamente para el muestreo de suelos tóxicos o ligeramente contaminados. El equipo debe estar constituido básicamente por manerales, extensiones,

FIGURA 3.4 DOS GRUPOS COMPUESTOS PARA 19 PUNTOS DE MUESTREO

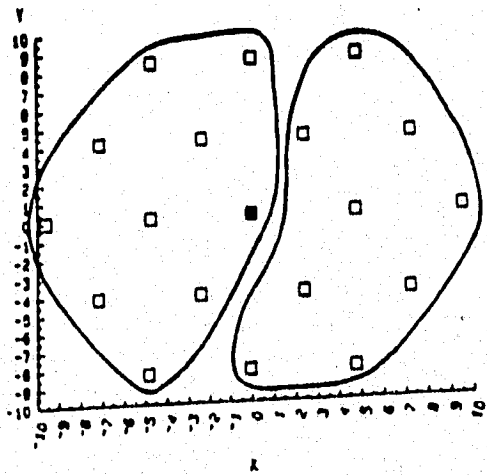


FIGURA 3.5 SEIS GRUPOS COMPUESTOS PARA 19 PUNTOS DE MUESTREO

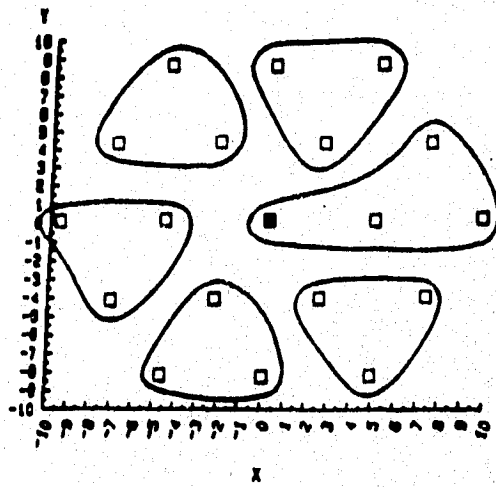


FIGURA 3.6 CUATRO GRUPOS COMPUESTOS PARA 37 PUNTOS DE MUESTREO

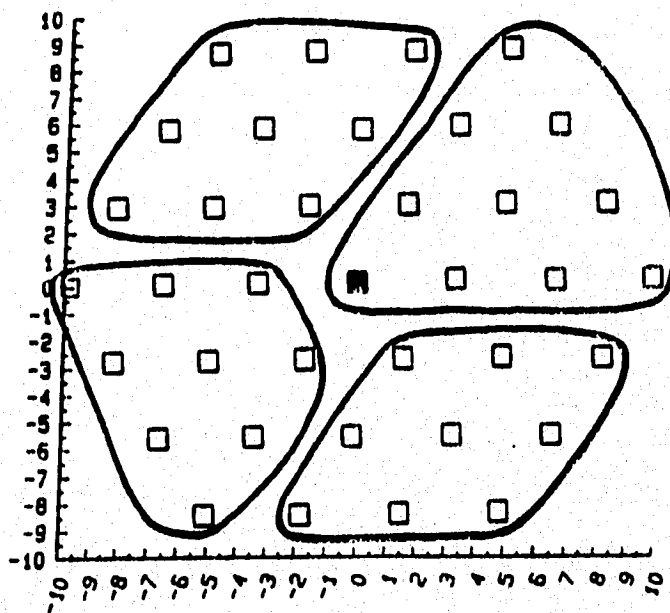
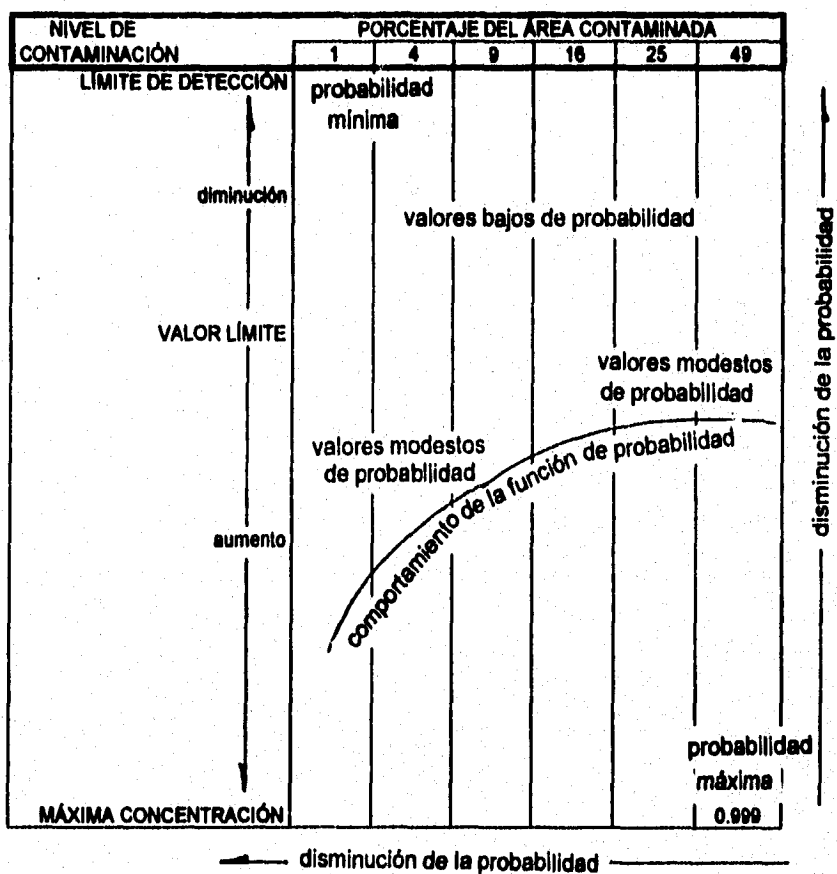


FIGURA 3.7 PROBABILIDAD DE DECLARAR UN INCUMPLIMIENTO DE UN VALOR LÍMITE PARA 7, 19 Ó 37 PUNTOS CON 1 Ó 2 AGRUPAMIENTOS DE MUESTRAS COMPUESTAS



LA PROBABILIDAD AUMENTA PARA PORCENTAJES BAJOS DEL ÁREA CONTAMINADA Y CERCA DEL VALOR LÍMITE, CONFORME AUMENTA EL NÚMERO DE AGRUPAMIENTOS DE MUESTRAS COMPUESTAS

barrenadores (augers) intercambiables de acero inoxidable, diseñados para distintos tipos de suelo: barro, arena y otros materiales regulares; un muestreador de tipo cuchara partida y las herramientas necesarias para su uso.

Antes de iniciar las actividades de muestreo, tanto los barrenadores como el tubo muestreador partido se lavan con jabón líquido y se enjuagan con agua destilada. Posteriormente se enjuagan con solvente.

Una vez realizado lo anterior, se eliminan las posibles interferencias que se encuentren en la superficie del terreno. Se selecciona el barrenador adecuado al tipo de suelo a muestrear. Se introduce el barrenador hasta conseguir la profundidad deseada; es decir, de 0 a 15 cm para suelo superficial y de 30 a 50 cm para suelo semiprofundo. En caso de no lograr estas profundidades por las condiciones del suelo, sólo se hace la anotación de la profundidad alcanzada en la bitácora de campo.

Las muestras son manipuladas con seguridad a fin de evitar posibles riesgos a la salud e interferencias de contaminación en éstas. Se registran todas sus características. Asimismo, se almacenan, conservan y registran según el tipo de análisis a realizar

3.1.3 Análisis

Las muestras colectadas en el sitio de estudio, posteriormente se analizan en el laboratorio bajo las técnicas analíticas especificadas en la normatividad mexicana; en caso de no existir ésta, se utilizan los métodos de la Agencia de Protección Ambiental¹³ de los Estados Unidos de Norteamérica (USEPA). A continuación se mencionan los parámetros más comunes que pueden analizarse a un suelo contaminado, el método de referencia y la técnica analítica utilizados.

PARAMETRO	METODO	TECNICA
Metales (Cd, Cr, Pb, Ba, Cu, Ni, Zn)	NMX-AA-51-81 EPA 6010	Absorción atómica con espectrofotómetro de plasma
Metales (Hg)	NMX-AA-51-81 EPA 7471	Absorción atómica con vapor frío
Metales (Plomo)	NMX-AA-51-81 EPA 7421	Absorción atómica con horno de grafito

¹³ Environmental Protection Agency (USEPA)

No metales (Arsénico)	NMX-AA-51-81 EPA 7060	Absorción atómica con horno de grafito
No metales (Selenio)	NMX-AA-51-81 EPA 7740	Absorción atómica con horno de grafito
Bifenilos policlorado (PCB's) y pesticidas organoclorados	EPA 8080	Cromatografía de gases con detector de captura de electrones
Hidrocarburos totales del petróleo ¹⁴ (TPH)	EPA 8015 modificado analizado como diesel	Cromatografía de gases
Compuestos orgánicos volátiles	EPA 8240	Cromatografía de gases
Compuestos orgánicos semivolátiles extractables	EPA 8270	Cromatografía de gases
Compuestos orgánicos halogenados	EPA 8010	Cromatografía de gases con detector de hidruros
Compuestos aromáticos volátiles	EPA 8020	Cromatografía de gases con detector de fotoionización
Hidrocarburos clorados	EPA 8120	Cromatografía de gases con detector de captura de electrones
Grasas y aceite	EPA 9070/ 9071	Gravimétrico
pH	EPA 9045	Electrométrico
Punto de ebullición	EPA 1010	Copa cerrada de Pinsky-Marten
Cianuro / Sulfuro	EPA Reactividad	Titulación colorimétrica acidificada
Fluoruro	EPA 340.1/ 340.2	Destilación Bellack

3.2 MUESTREO Y ANALISIS DE GAS DEL SUBSUELO

3.2.1 Identificación de los puntos de muestreo

La localización de los puntos de muestreo se lleva a cabo como se menciona en la sección 3.1.1.

¹⁴ Total Petroleum Hydrocarbons (TPH)

3.2.2 Toma de muestras de gas/agua de subsuelo

En cada uno de los puntos de muestreo determinados se realiza la toma de muestras de gas del suelo o, en su caso, la mezcla de líquidos existentes en el subsuelo.

Con el fin de coleccionar las muestras (Figura 3.8), se utilizan tubos de acero galvanizado (cédula 40, 3/4 de pulgada) de unos tres metros de largo, los cuales se introducen en la tierra por medio de un tirador manual o hidráulico hasta la profundidad que permite el terreno. Se registra dicha profundidad en la bitácora de campo.

Posteriormente, se coloca un adaptador en la parte superior del tubo y la bomba de vacío se conecta al tubo de acero anteriormente introducido, por medio de un tubo de polietileno. La bomba de vacío se enciende y se verifica la presión manométrica antes de coleccionar el gas del suelo. Como la tasa de flujo depende de la resistencia a fluir, el tiempo de evacuación se ajusta hasta asumir que el volumen adecuado ha sido extraído. Si se encuentran líquidos en el subsuelo a la profundidad en que se realiza el muestreo, éstos se capturan por medio de la trampa de la bomba de vacío, se almacenan y conservan en recipientes de 100 mililitros para su análisis posterior.

Mientras la bomba de vacío se encuentra encendida, se introduce un adaptador especial acoplado a una jeringa de plástico de 35 mililitros. Por medio de la jeringa, se extraen 120 mililitros de muestra del gas del suelo, la cual se almacena en tubos herméticos de aluminio para su posterior análisis en el laboratorio.

La muestra de gas del suelo extraída solamente tiene contacto con la parte metálica superficial del tubo de extracción y nunca existe contacto alguno con otras partes del sistema (tubo de polietileno, diafragma de la bomba, etc.) que pudieran absorber los componentes del gas.

Después de tomar las muestras de gas de suelo, se toma una muestra de aire atmosférico en el sitio de estudio, con el fin de determinar la concentración de referencia para el análisis de los gases de subsuelo.

En cada uno de los puntos de muestreo, se registran los datos para la identificación de la muestra y de la prueba en general, como son: la hora, el número de identificación de la muestra, su localización, la profundidad del muestreo, la presión manométrica registrada en la bomba de vacío y las observaciones sobre las condiciones de la superficie.

3.2.3 Análisis

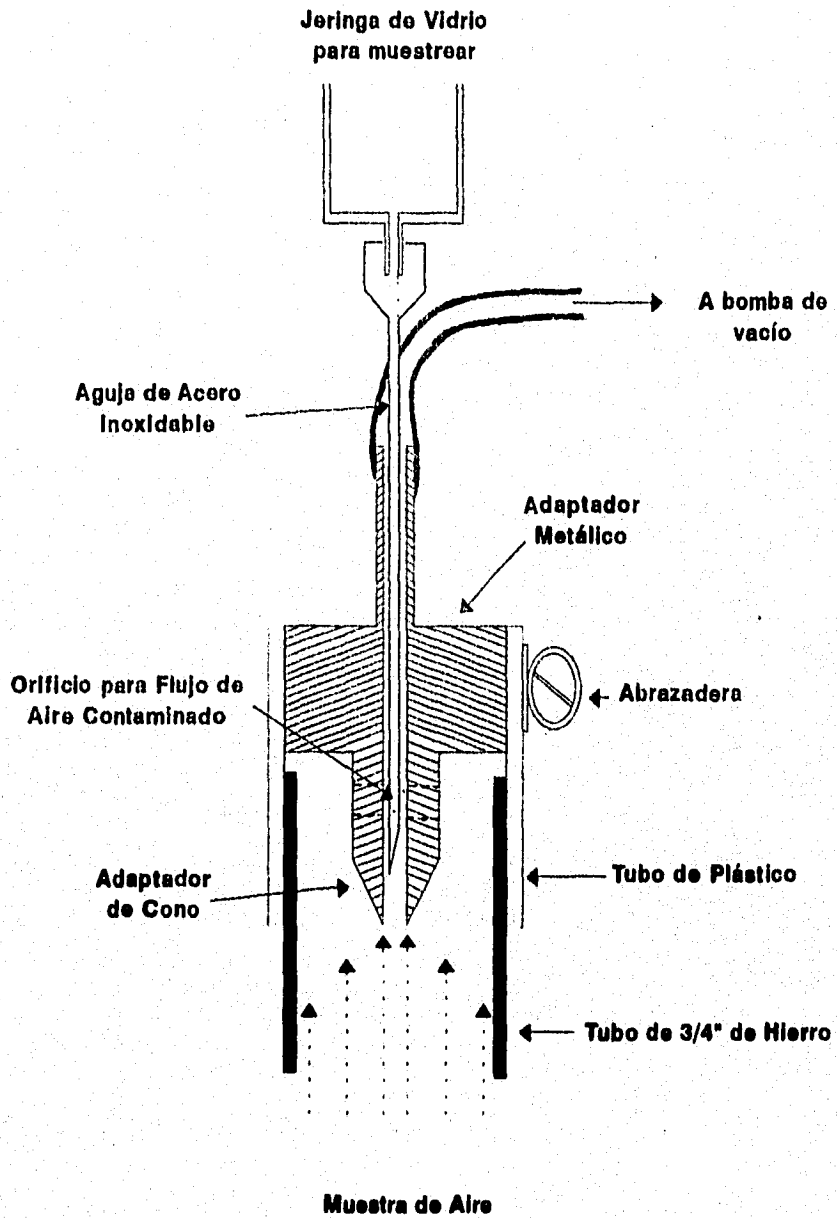
Las muestras colectadas en el sitio de estudio se analizan, ya sea en campo o en el laboratorio, con un cromatógrafo de gases; el cual está equipado con un detector de captura de electrones (ECD), un detector de ionización de flama (FID), un detector de fotoionización (PID), y/o un detector de conductividad térmica. El equipo integra los datos analizados y grafica los cromatogramas para su interpretación posterior.

Los siguientes parámetros se recomiendan analizar en la determinación indirecta de contaminación de suelos por derrames o fugas de compuestos orgánicos: benceno, tolueno, etilbenceno, xilenos (mezcla conocida como BTEX); hidrocarburos volátiles totales (HCVT) de cadenas de carbono de cinco a nueve (C5-C9) e HCVT de (C10-Cx) y solventes halogenados como tricloroetano, tricloroetileno y percloroetileno.

Previamente al análisis de las muestras, se realiza la calibración del equipo para eliminar posibles errores acarreados por el equipo mismo. Para la calibración se realizan pruebas con nitrógeno gaseoso, agua estándar para este fin y una solución de BTEX y HCVT de 1000 microgramos por litro.

Para el análisis de los líquidos extraídos durante el muestreo, dependiendo del grado de concentración de contaminantes en el mismo, se puede tomar una alícuota y analizar por inyección directa al equipo de análisis o bien, se procede a hacer una dilución de la muestra de líquido, para posteriormente propiciar su volatilización. El gas generado en esta volatilización se acumula en la parte superior del recipiente y consecuentemente se colecta para realizar sobre éste, el análisis mediante el equipo mencionado anteriormente.

FIGURA 3.8 EQUIPO DE MUESTREO PARA GAS DE SUBSUELO



CAPITULO 4. RESULTADOS DE CONTAMINACION DE SUELO EN CUATRO INSTALACIONES INDUSTRIALES

Por medio del uso apropiado de la actividad conocida como auditoría ambiental básica, descrita en el capítulo 1, se puede detectar la contaminación de un suelo, hayan sido las causas de ésta el derrame de sustancias peligrosas o la inapropiada disposición de residuos peligrosos, el almacenamiento o su manejo. Asimismo, siguiendo las etapas de la auditoría ambiental se puede definir la metodología para identificar el nivel de contaminación existente en el suelo, descrita en el capítulo 3. Finalmente, identificado el nivel de contaminación del suelo se puede comparar con valores de referencia o típicos, si existen, para determinar el grado de contaminación que tiene.

A continuación, se presentan los resultados de la contaminación del suelo de cuatro plantas industriales que se encontraban operando normalmente, realizados bajo el régimen de auditoría ambiental básica. Los datos se detectaron en cuatro empresas que se localizan en diferentes estados de la República Mexicana y ya son conocidos por la autoridad correspondiente.

Debido a la confidencialidad en torno a las empresas auditadas, sólo se ofrecen detalles generales del giro, materias primas o residuos de éstas que se consideran pudieron haber ocasionado el tipo de contaminación que se menciona. No se presentan los diagramas de localización de los puntos de muestreo, tampoco las evidencias fotográficas del lugar, ni la información de otros hallazgos detectados durante la auditoría; sólo se presentan los resultados de los análisis relativos a la contaminación del suelo, por considerarse relevantes y poco conocidos en el medio mexicano.

El análisis estadístico realizado a los resultados analíticos está basado en los comentarios de Kotz y Johnson, 1982; quienes recomiendan que en una tabla de análisis químicos es más confiable determinarles la mediana (valor de la variable que divide una distribución de frecuencias acumuladas en dos partes iguales), utilizando el valor del percentil 50 (P_{50}) y la desviación estándar (distancia entre el percentil 84 y 50), denominada "s". Asimismo, utilizando técnicas estadísticas convencionales, se puede determinar el coeficiente de variabilidad (CV) útil para comparar en por ciento las dispersiones de varios grupos de datos.

$$CV = (s/P_{50})100$$

4.1 CONTAMINACION POR HIDROCARBUROS

La planta 1 se refiere a un Taller de mantenimiento de fuerza motriz. Los productos son servicios, los cuales incluyen inspecciones y reparaciones semanales, bimestrales, semestrales, anuales, bianuales y de treinta y seis meses a las locomotoras. Así como, reparaciones ligeras y medianas, conversiones de furgones, adaptaciones o modificaciones especiales a los carros de ferrocarril.

Las materias primas utilizadas son: 47,000 L al mes de diesel para cargar y limpiar las locomotoras; 3,600 L al mes de aceite lubricante para cambiar en los motores de las locomotoras y 600 L al mes de supermexolina para mover los arzones que supervisan las vías.

Durante la auditoría ambiental al Taller se detectaron -al revisar la información disponible, entrevistar al personal y efectuar recorridos por la instalación- problemas de contaminación de suelos ocasionados por disposición inadecuada de residuos peligrosos y por derrames o fugas de combustibles en áreas de almacenamiento, manejo, carga y descarga de los mismos.

El tipo de muestreo de gas/agua de subsuelo y el análisis cromatográfico. Así como, la localización de los puntos de muestreo se definieron considerando los criterios descritos en las Secciones 3.1 y 3.2 del capítulo anterior.

Finalmente, debido a la notable saturación del suelo con combustible, se analizaron 32 muestras tomadas de 24 puntos diferentes. A continuación se presentan los puntos de muestreo y el área de localización.

Puntos de muestreo	Localización
1	Área de mantenimiento de locomotoras
2	Área verde
3	Área de comedor
4, 5, 8 y 9	Área de tanques elevados de almacenamiento de diesel, agua desmineralizada y aceite
6	Área de la escuela de capacitación
7	Área de almacenamiento de detergente, diesel y agua
10 y 11	Área del tanque de almacenamiento de diesel
13	Área de almacenamiento de aceite de reuso
12, 14, 15, 16 y 17	Área del tanque elevado de agua y del área de almacenamiento de residuos peligrosos
18	Área del taller mecánico
19	Área de tanques elevados de almacenamiento de agua desmineralizada y diesel
20	Área del taller de herrería
21	Área del taller de carpintería
22	Área del taller de reparaciones (nuevo y fuera de servicio)

De las 32 muestras que se colectaron, 2 fueron de aire atmosférico tomadas como referencia; 15 muestras individuales que fueron de: gas (puntos 4, 6, 8, 12, 14, 16, 17, 19 - 22) ó de líquido (puntos 2, 5, 9, 13 y 18); y 7 muestras que presentaron gas y líquido cuando se extrajeron (puntos 1, 3, 7, 8, 10, 11 y 15). A continuación se indica el tipo de muestra colectada, el procedimiento de análisis y la profundidad a la que se tomaron las muestras.

Punto de muestreo	Tipo de Muestra	Procedimiento de Análisis	Profundidad de colección (metros)
Aire	Gas de suelo	Inyección directa	N.A.
Aire	Gas de suelo	Inyección directa	N.A.
1	Gas de suelo	Inyección directa	1.07
	Muestra líquida	Volatilización	1.07
2	Muestra líquida	Volatilización	1.53
3	Gas de suelo	Inyección directa	1.37
	Muestra líquida	Volatilización	1.37
4	Gas de suelo	Inyección directa	1.22
5	Muestra líquida	Volatilización	1.37
6	Gas de suelo	Inyección directa	0.92
7	Gas de suelo	Inyección directa	1.07
	Muestra líquida	Volatilización	1.07
8	Gas de suelo	Inyección directa	1.22
	Muestra líquida	Volatilización	1.22
	Muestra líquida	Inyección directa	1.22
9	Muestra líquida	Volatilización	1.37
10	Gas de suelo	Inyección directa	1.37
	Muestra líquida	Volatilización	1.37
11	Muestra líquida	Volatilización	1.53
	Muestra líquida	Inyección directa	1.53
12	Gas de suelo	Inyección directa	1.22
13	Muestra líquida	Inyección directa	1.37
14	Gas de suelo	Inyección directa	1.37
15	Muestra líquida	Volatilización	1.68
	Muestra líquida	Inyección directa	1.68
16	Gas de suelo	Inyección directa	1.37
17	Gas de suelo	Inyección directa	1.22
18	Muestra líquida	Inyección directa	1.53
19	Gas de suelo	Inyección directa	0.92
20	Gas de suelo	Inyección directa	1.22
21	Gas de suelo	Inyección directa	1.83
22	Gas de suelo	Inyección directa	1.37

N/A: No aplica

4.1.1 Resultados

Los resultados de los análisis de las 32 muestras se indican en la Tabla 4.1, los cuales se presentan por punto de muestreo y a los que se les analizaron los siguientes parámetros: benceno, tolueno, etilbenceno, xilenos, hidrocarburos volátiles totales de cadena de cuatro carbonos a nueve (C4-C9) e hidrocarburos volátiles totales de cadena de diez carbonos y más (C10-Cx). A continuación se presentan los límites de detección para cada uno de los parámetros analizados:

Compuesto	Límite de Detección (µg/l)
Benceno	0.03
Tolueno	0.05
Etilbenceno	0.09
Xilenos	0.1
HCVT (C ₄ -C ₉)	0.1
HCVT (C ₁₀ -C _x)	0.1
1,1-DCA	0.2
1,2-DCA	0.08
TCA	0.0002
TCE	0.0008
PCE	0.0006

Debido a que no existe regulación (véase Capítulo 2), ni estándares mexicanos que regulen los límites de contaminantes contenidos en el subsuelo; es necesario, utilizar criterios generales para determinar el grado de contaminación del terreno ocupado por el Taller. Los criterios para la interpretación de los resultados son:

- A) Los resultados de las muestras de aire atmosférico colectadas en el sitio se consideran un factor de referencia para determinar el grado de exceso en la concentración de contaminantes para los distintos parámetros analizados en las muestras de gas de suelo. Cuando la concentración de contaminantes en las muestras de gas de suelo, excede el factor de referencia impuesto por los resultados del aire atmosférico, se considera que existe contaminación en el suelo.
- B) Cuando la concentración de contaminantes en las muestras líquidas de suelo, exceden el límite de referencia del aire atmosférico y están por encima de los 1,000 µg/L, las concentraciones se consideran altas, y
- C) Cuando la concentración de contaminantes en las muestras líquidas de suelo, exceden el límite de referencia del aire atmosférico y están por encima de los 100,000 µg/L, las concentraciones se consideran sensiblemente altas.

De acuerdo a estos criterios, y como se observa en la Tabla 4.1, la concentración de contaminantes en todos los puntos de muestreo, excepto en el punto 22, sobrepasa los límites de referencia impuestos por las muestras de aire atmosférico del sitio en estudio, por lo que se considera que existe contaminación por benceno, tolueno, etilbenceno, xilenos e hidrocarburos volátiles totales, en las áreas del Taller donde se colectaron las muestras. Además, es preciso señalar, que durante el desarrollo de los análisis de las muestras de gas se encontró en los cromatogramas la existencia de grandes cantidades de gas metano, el cual no se cuantificó porque el cromatógrafo no se calibró para ese compuesto que no se esperaba.

Muestras de gas

En los análisis de las 15 muestras de gas de suelo recolectadas, se encontraron en los puntos 1 y 8, respectivamente las concentraciones más altas de benceno (9 y 12 $\mu\text{g/L}$), tolueno (7 y 22 $\mu\text{g/L}$), etilbenceno (15 y 50 $\mu\text{g/L}$) y xilenos (16 y 55 $\mu\text{g/L}$). En cuanto a los hidrocarburos volátiles totales C4-C9 y C10-Cx, respectivamente se encontraron los valores más elevados en los puntos 1 (16 y 16 $\mu\text{g/L}$), 3 (54 y 22 $\mu\text{g/L}$), 8 (53 y 53 $\mu\text{g/L}$), 10 (120 y 830 $\mu\text{g/L}$) y 12 (23 y 20 $\mu\text{g/L}$). Ninguna muestra excedió el límite de 1,000 $\mu\text{g/L}$. La mayor variabilidad en la distribución de las concentraciones se encuentra en los HCVT. Así como, la menor variabilidad se detecta en el benceno, tolueno y etilbenceno.

Muestras líquidas por volatilización

Con respecto a las 10 muestras líquidas analizadas por volatilización, la concentración alta de benceno sólo se detectó en el punto 5, siendo de 120 $\mu\text{g/L}$. Las concentraciones altas de tolueno se encontraron en los puntos: 1 (220 $\mu\text{g/L}$), 5 (120 $\mu\text{g/L}$) y 9 (360 $\mu\text{g/L}$); la concentración alta de etilbenceno se presentó en el punto 5 (160 $\mu\text{g/L}$) y la concentración alta de xilenos se encontró en los puntos 5 (240 $\mu\text{g/L}$), 7 (400 $\mu\text{g/L}$), 8 (180 $\mu\text{g/L}$), 9 (290 $\mu\text{g/L}$), 10 (190 $\mu\text{g/L}$), 11 (24 $\mu\text{g/L}$) y 15 (350 $\mu\text{g/L}$). Los hidrocarburos volátiles totales se hallaron en concentraciones altas en todas las muestras líquidas, excepto en el punto 11. Seis muestras excedieron el límite de 1000 $\mu\text{g/L}$.

Muestras líquidas por inyección directa

En cuanto a las 5 muestras líquidas analizadas por inyección directa, el punto 15 presenta la más alta concentración de benceno (880 $\mu\text{g/L}$); en los puntos 11, 13 y 15, respectivamente se detectan las concentraciones más altas de tolueno (3900, 33000 y 15000 $\mu\text{g/L}$) y en los puntos 11, 13, 15 y 18, respectivamente se hallan las concentraciones más altas de xilenos (19000, 63000, 28000 y 11000 $\mu\text{g/L}$).

Tabla 4.1.1

Comparación de resultados de hidrocarburos

Muestras	de gas					
Aire	<0.03	<0.07	<0.2	<0.2	3	<0.2
Aire	<0.04	<0.09	<0.2	<0.2	6	<0.2
1	<9	<7	<15	<16	<16	<16
3	<0.3	<0.7	<2	<2	64	22
4	<0.3	<0.7	<2	<2	11	12
6	<0.3	<0.7	<2	<2	<2	<2
7	<0.09	<0.2	<0.4	<0.4	0.6	<0.4
8	<12	<22	<50	<55	<53	<53
10	<0.3	<0.7	<2	<2	120	830
12	<0.3	<0.7	<2	<2	23	20
14	<0.3	<0.7	<2	<2	<2	<2
16	<0.3	<0.7	<2	<2	<2	<2
17	<0.09	<0.2	<0.4	<0.4	0.6	<0.4
19	<0.2	<0.4	<0.9	<1	<1	<1
20	<0.2	<0.4	<0.9	<1	<1	<1
21	<0.04	<0.09	<0.2	3	16	<0.2
22	<0.04	<0.09	<0.2	<0.2	2	<0.2
P ₅₀	0.3	0.7	2	2	2	2
s	0	0	0	1	61	20
CV, %	0	0	0	50	2550	1000
Muestras	líquidas	analizadas	as por	volatilización		
1	<1	220	<2	67	780	230
2	<1	46	<2	30	170	91
3	<1	64	<2	84	290	570
5	<120	<120	<160	<240	1,500	<240
7	<6	<6	<6	400	720	1,500
8	<6	<6	<6	180	800	840
9	<11	380	<16	290	1,400	1,800
10	<12	<12	<16	190	910	750
11	<12	<12	<16	<24	<24	<24
15	<12	<12	<16	350	1,800	1,800
P ₅₀	6	12	8	180	780	570
s	6	208	16	158	690	1030
CV, %	100	1700	200	80	88	180

(1) HCVT = Hidrocarburos Volátiles Totales

valor fuera del criterio "B"
 valor fuera del criterio "C"

Tabla 4.1.1

Muestras	líquidas	analizadas	s por	inyección directa		
8	<14	<29	<62	220	3,000	11,000
11	<11	3,000	<46	16,000	78,000	30,000
13	<15	33,000	<62	33,000		
15	880	18,000	<62	28,000		
18	<15	<29	<62	11,000	8,000	27,000
P ₉₀	15	3900	62	19000	59000	30000
s	625	17634	0	13560	3400	123600
CV, %	98	452	0	71	6	412

(1) HCVT = Hidrocarburos Volátiles Totales

valor fuera del criterio "B"

XXXXXX valor fuera del criterio "C"

Las concentraciones más altas de hidrocarburos volátiles totales C4-C9 y C10-Cx las presentan respectivamente los puntos 8 (1500 y 11000 µg/L), 11 (59000 y 30000 µg/L) y 18 (3000 y 27000 µg/L); mientras que los puntos 13 (230000 y 110000 µg/L) y 15 (100000 y 430000 µg/L) detectaron las concentraciones sensiblemente más altas (mayores de 100000 µg/L) de todas las muestras. Diez y siete muestras excedieron el límite de 1,000 µg/L y cuatro muestras también excedieron el límite de 100,000 µg/L.

Puntos de muestreo

De acuerdo a los resultados anteriormente descritos, de los 22 puntos analizados, los puntos de muestreo que mayores niveles de contaminación presentan son: Punto 15 (área de almacenamiento de residuos peligrosos), Punto 13 (área de almacenamiento de aceite de reuso), Punto 11 (área del tanque de almacenamiento de diesel); Puntos 9, 5 y 8 (área de tanques elevados de almacenamiento de diesel, agua desmineralizada y aceite); y Punto 1 (área de mantenimiento de locomotoras).

4.1.2 Conclusiones

Las conclusiones que se desprenden de la evaluación de los resultados son:

A) Se consideran adecuados los criterios utilizados en la selección de los puntos de muestreo en el sitio para detectar la situación real del terreno.

B) El análisis de suelo se realizó bajo técnicas especializadas que permite detectar con eficiencia el grado de contaminación en las distintas áreas del Taller.

C) Las técnicas de análisis utilizadas para la detección de: benceno, tolueno, etilbenceno, xilenos e hidrocarburos volátiles totales revelaron congruencia de acuerdo a la situación real de las distintas áreas del Taller, como encontrar que la mayor contaminación se localiza en el área destinada para el almacenamiento de residuos peligrosos o de almacenamiento, carga y descarga de diesel y aceite de reuso.

D) Los muestreos realizados y los resultados obtenidos revelaron que el terreno se encuentra saturado de agua en algunas áreas del terreno, como en el área de los tanques elevados de diesel, agua desmineralizada y aceite y el área de disposición de residuos peligrosos; es decir, la saturación se encuentra aproximadamente entre los 1.2 y 2.0 metros, por lo que los contaminantes detectados en las muestras líquidas extraídas del suelo se encuentran en contacto directo con agua.

E) El análisis por cromatografía de las muestras obtenidas en el sitio, revela la existencia de altas concentraciones de gas metano en el suelo. Una razón para encontrar metano en el Taller se puede deber a que el clima tropical de la región acelera la actividad bacteriana sobre los combustibles que por largo tiempo han permanecido en el subsuelo, lo que les permite a éstas reducir los hidrocarburos de cadena larga en fracciones más pequeñas como el metano.

F) De acuerdo a los resultados obtenidos en las muestras líquidas se detecta que la zona que presenta mayor contaminación es la zona de almacenamiento de aceite y aceite de reuso.

G) Para las muestras líquidas, el nivel de concentración de hidrocarburos, en general, es variable concentrándose principalmente en la zona de almacenamiento de aceite y casa de mantenimiento de locomotoras, disminuyendo el gradiente de concentración hacia los límites del predio. Sin embargo, es preciso señalar que la zona de influencia de contaminación alta y sensiblemente alta, principalmente, se presenta en el área de disposición de residuos peligrosos y en el área del tanque de almacenamiento de diesel.

H) En cuanto a las muestras de gas de suelo obtenidas, los resultados de los análisis revelaron aspectos similares a los anteriormente descritos. La principal zona de contaminación es el área de los tanques de almacenamiento de aceite, aceite de reuso, diesel y agua desmineralizada. Esta área se encuentra al sur de la casa de mantenimiento de locomotoras, extendiéndose dicha zona de influencia hacia el taller de vía y estructuras. Las concentraciones altas y sensiblemente altas se localizaron en la parte central del terreno disminuyendo el gradiente de contaminantes hacia los límites del predio. En la parte norte del taller se

detectaron algunos contaminantes debido a la existencia de tanques aislados de almacenamiento de hidrocarburos.

I) La situación general del suelo ocupado por las instalaciones del Taller presenta acumulación e infiltración de contaminantes, los cuales pueden originar alteraciones importantes al medio ambiente y a la salud en general.

J) La mayor y menor variabilidad en la distribución de las concentraciones se detectó en las muestras de gas.

4.2 CONTAMINACION POR METALES PESADOS, TPH Y PCB

La planta 2 se refiere a una empresa de la rama metalmeccánica que se dedica a la fundición y maquinado de piezas metálicas. Los productos son rotores, discos, tambores y mazas.

Las materias primas utilizadas al mes son: 1,400 ton de hierro gris (sal ferrosa), 48 ton de cromo, manganeso y sílice, 900 ton de arena sílica, 28,400 litros de gasolina y petróleo, 10,400 litros de aceites lubricantes, 7 ton de solventes y pinturas, 9 ton de resinas y catalizadores, y 1,500 litros de detergentes.

Durante la auditoría ambiental a la planta metalmeccánica se detectaron -al revisar la información disponible, entrevistar al personal y efectuar recorridos por la instalación- problemas de contaminación de suelos ocasionados por disposición inadecuada de chatarra, rebaba y escoria metálica en áreas verdes o áreas de almacenamiento cuyo suelo no contaba con protección para evitar lixiviación de metales.

El tipo de muestreo de suelo superficial; así como, la localización de los puntos de muestreo se definieron considerando los criterios descritos en la Sección 3.1 del capítulo anterior.

Finalmente, debido a la visible contaminación del suelo con óxidos de hierro en algunas áreas, se analizaron 7 muestras tomadas de 7 puntos diferentes. A continuación se presentan los puntos de muestreo y el área de localización.

1	Área verde entre Nave 4 y estación de gas L.P. Se almacena chatarra de mobiliario y equipo metálico, directamente sobre el suelo. El área impactada estimada es de 1,300 m ² .
2	Área verde, detrás del patio de remolques, en la parte posterior de Nave 3.
3	Área verde, detrás del patio de remolques, en la parte posterior de Nave 3. Se almacena rebaba metálica y arena de moldeo. El área impactada estimada es de 2,500 m ² .

Puntos de Muestreo	Localización
4	Área verde a la entrada del almacén de PCBs. No se detectó contaminación visible
5	Entrada del almacén de escoria. Se detectó rebaba metálica y escorias de fundición. El área impactada estimada es de 370 m ² .
6	Planta de tratamiento de aceite soluble. Se detectó contaminación de aceite. El área impactada estimada es de 4 m ² .
7	Área verde frente al laboratorio de control en Planta 2. Se almacena arena de moldeo. El área impactada estimada es de 450 m ² .

De las siete muestras, a las colectadas en los puntos 3 y 7 se les analizaron fenoles (por tratarse de arenas de moldeo), a la del punto 4 se le analizaron siete tipos diferentes de bifenilos policlorados (PCBs), a la del punto 6 se le analizaron hidrocarburos totales del petróleo (TPH), y a las muestras 1, 2, 3, 4 y 6 se les analizaron los siguientes metales: hierro (Fe), cromo total (Cr), manganeso (Mn), níquel (Ni), plomo (Pb) y antimonio (Sb). A continuación se describe el parámetro medido, el método empleado para su análisis, la técnica analítica y el límite de detección del método.

Parámetro	Método	Técnica	Límite de detección
PCBs	Cromatografía de gases	USEPA-8270	10.0 µg/L
Fenoles	Cromatografía de gases	USEPA-8270	10.0 µg/L
TPH	Cromatografía	USEPA-8015 Modif.	0.1 µg/g
Hierro	Absorción Atómica	NMX-AA - 51-81	2.5 µg/g
Cromo Total	Absorción Atómica	NMX-AA - 51-81	5.0 µg/g
Manganeso	Absorción Atómica	NMX-AA - 51-81	0.5 µg/g
Níquel	Absorción Atómica	NMX-AA - 51-81	5.0 µg/g
Plomo	Absorción Atómica	NMX-AA - 51-81	5.0 µg/g
Antimonio	Absorción Atómica	NMX-AA - 51-81	5.0 µg/g

TPH = Hidrocarburos Totales del Petróleo

4.2.1 Resultados

En la Tabla 4.2.1 se muestran los resultados de los análisis aplicados a seis de las muestras de suelo superficial colectadas en campo, los cuales se presentan por punto de muestreo y a los que se les analizaron los siguientes parámetros: fenoles, TPH, hierro, cromo total, manganeso, níquel, plomo y antimonio. En la Tabla 4.2.2 se presentan los resultados del análisis de PCBs de la muestra 4.

Debido a que no existe regulación (véase Capítulo 2), ni estándares mexicanos que regulen los límites de contaminantes en suelo superficial; es necesario, utilizar la regulación y los estándares extranjeros; en este caso, los holandeses (Floss, 1991) para el análisis, evaluación y comparación de los resultados

reportados para determinar, de manera general, el grado de contaminación del terreno ocupado por la planta metalmeccánica.

En el caso de metales pesados, existe la publicación alemana Floss, 1991 que describe el listado holandés (ver Anexo 2), el cual presenta criterios para determinar la presencia de contaminantes en suelos y para evaluar la gravedad de la contaminación. El listado presenta valores agrupados en tres diferentes categorías:

Categoría "A" contiene valores cuya excedencia demuestra la existencia de contaminación incipiente (en algunas regiones representan valores normales de concentración)

Categoría "B" contiene valores cuya excedencia indica el requerimiento de monitoreo continuo del lugar, así como de investigaciones para localizar y controlar las fuentes de contaminación.

Categoría "C" contiene valores cuya excedencia es motivo de restauración del daño existente.

Adicionalmente, en los Estados Unidos existen dos publicaciones, la de la USEPA, 1983 y la otra por Dragun, 1988, en las cuales se presentan los ámbitos en los que se encuentran comúnmente los elementos en el suelo. Estos ámbitos son bastante amplios, debido a la variedad de suelos existentes (Anexos 1 y 3).

Con respecto a los límites de hidrocarburos totales del petróleo (TPH) se consideran los estándares publicados por Oliver, 1992 sobre niveles de contaminación de suelos en el estado norteamericano de Colorado, ya que la altura sobre el nivel del mar del sitio considerado es comparable al de éste. Estos valores se presentan para tres categorías:

- (1) Nivel de notificación que puede ser cualquier cantidad (véase el término de notificación en la sección 2.2 de esta tesis),
- (2) Nivel de acción, el cual se recomienda tomar cuando las concentraciones son mayores a 100 ppm, y
- (3) Nivel de restauración, el cual se recomienda cuando las concentraciones son a partir de 100 a 500 ppm o $\mu\text{g/g}$

Con respecto a los límites de bifenilos policlorados (PCB's) se consideran los estándares de la USEPA:

- 1) Si se detecta una concentración menor a 50 ppm, ésta no se considera significativa;
- 2) Si se presenta una concentración mayor a 50 y menor a 500 ppm, se considera significativa y los elementos que la contenga deberán incinerarse;

Tabla 4.2.1
Comparación de resultados de TPH y metales pesados

Parámetro	Muestra 1 µg/g	Muestra 2 µg/g	Muestra 3 µg/g	Muestra 4 µg/g	Muestra 5 µg/g	Muestra 7 µg/g	CV %
Fenoles	-	-	< 1*10 ⁻³	-	-	< 1*10 ⁻³	-
TPH	-	-	-	-	12,481	-	-
Hierro	439,259	204,000	35,578	188,690	-	18,885	53
Cromo Total	644	813	148	540	-	82	31
Manganeso	2,148	1,068	305	2,148	-	210	102
Níquel	158	176	43	125	-	25	32
Plomo	17	142	14	19	-	60	373
Antimonio	14	120	15	11	-	24	293

TPH = Hidrocarburos Totales del Petróleo

Tabla 4.2.2
Resultados del análisis de PCB

Parámetro	Muestra 4 µg/g
Aroclor-1016	< 1*10 ⁻³
Aroclor-1221	< 1*10 ⁻³
Aroclor-1232	< 1*10 ⁻³
Aroclor-1242	< 1*10 ⁻³
Aroclor-1248	< 1*10 ⁻³
Aroclor-1254	< 1*10 ⁻³
Aroclor-1260	< 1*10 ⁻³

3) Si se encuentra una concentración mayor a 500 ppm, ésta se considera como PCBs puros y los elementos que la contengan deberán incinerarse junto con el contenedor.

Con los valores mencionados en los documentos anteriores, es posible comparar los resultados analíticos obtenidos para los diferentes contaminantes detectados en suelo de la planta metalmeccánica para establecer la gravedad del problema. En la tabla 4.2.3, se presenta la comparación de los resultados con los límites establecidos en el listado holandés de Floss, 1991; mientras que en la tabla 4.2.4 se presenta la comparación con los límites establecidos en los listados norteamericanos de USEPA, 1983; Dragun, 1988 y Oliver, 1992.

Muestra 1

De acuerdo con los límites establecidos en el listado norteamericano de Dragun el hierro se encuentra dentro de límites en todos los puntos. Sin embargo, dado que en la muestra 1, el nivel de hierro es más de 20 veces mayor que el detectado en la muestra 7 y más de 12 veces que en la muestra 3, es posible concluir que existe contaminación por hierro en este punto. Asimismo, los niveles de antimonio exceden en 40% los límites establecidos en dicho listado.

De acuerdo con los niveles establecidos por Dragun, USEPA y Floss (listado holandés) puede observarse que las concentraciones de níquel y plomo se encuentran en niveles típicos. Sin embargo, las concentraciones de manganeso exceden en 168% el criterio holandés de la Categoría C, que indica realizar actividades de restauración del suelo.

Muestra 2

De acuerdo con los límites establecidos en el listado norteamericano de Dragun, la concentración de hierro se encuentra dentro de límites en todos los puntos. Sin embargo, dado que en la muestra 2 el nivel de hierro es más de 10 veces mayor que el detectado en la muestra 7 y más de 5 veces que en la muestra 3; además de que el área se encuentra visiblemente contaminada por óxidos de hierro, es posible concluir que existe contaminación por este elemento.

De acuerdo con los niveles establecidos por Dragun y USEPA puede observarse que la concentración de antimonio excede en 40% los niveles típicos y en 20% el nivel de la categoría B del listado holandés.

De acuerdo con los límites establecidos por Floss, las concentraciones de manganeso exceden en 33% el criterio establecido por la Categoría C, que indica realizar actividades de restauración del suelo; y la concentración de plomo excede en 42% el límite de la categoría B, que indica realizar investigaciones en sitio y eliminar la fuente de contaminación.

Muestra 3

De acuerdo con los límites establecidos en el listado norteamericano de Dragun, el hierro se encuentran dentro de límites. Sin embargo, excede en 53% el nivel de antimonio de los límites de Dragun y USEPA.

De acuerdo con los límites establecidos por Floss, la concentración de manganeso excede en 20% el límite de la categoría B, que indica realizar investigaciones en sitio y eliminar la fuente de contaminación.

Muestra 4

De acuerdo con los límites establecidos por la USEPA, los niveles de PCBs se encuentran por debajo de los niveles típicos.

Tabla 4.2.3 Comparación de resultados de TPH y metales pesados contra el listado holandés

Contaminante	MUESTRA 01		MUESTRA 02		MUESTRA 03		MUESTRA 04		MUESTRA 05		MUESTRA 06		MUESTRA 07		Categoría		
	Conc. µg/g	*	Conc. µg/g	*	Conc. µg/g	*	Conc. µg/g	*	Conc. µg/g	*	Conc. µg/g	*	Conc. µg/g	*	A µg/g	B µg/g	C µg/g
Fenoles	-	-	-	-	<1*10 ⁻³	-	-	-	-	-	-	-	<1*10 ⁻³	-	0.05	1.00	10
TPH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,481.12	-	-	-	NI	NI	NI
PCBs	-	-	-	-	-	-	<1*10 ⁻³	-	-	-	-	-	-	-	-	1	10
Fe	439,259.3	-	204,000.0	-	35,578.9	-	-	-	188,890.0	-	-	-	18,685.7	-	NI	NI	NI
Cr Total	644.5	-	813.5	-	148.4	-	-	-	540.7	-	-	-	82.0	-	NI	NI	NI
Mn	2,148.1	1.7 C	1,066.5	0.3 C	305.5	0.2 B	-	-	2,148.1	1.7 C	-	-	210.50	-	-	250	800
Ni	158.5	-	176.7	-	43.2	-	-	-	125.0	-	-	-	25.5	-	NI	NI	NI
Pb	17.4	-	143.0	0.4 B	14.2	-	-	-	19.6	-	-	-	60.0	-	-	100	500
Sb	14.8	-	120.0	0.2 B	15.3	-	-	-	11.5	-	-	-	24.5	-	-	100	500

* Número Máximo de veces que excede el criterio especificado.

- Excede el límite de la Categoría A
- Excede el límite de la Categoría B
- Excede el límite de la Categoría C
- NI = No incluido en el listado

Tabla 4.2.4 Comparación de resultados de TPH y metales pesados contra límites norteamericanos de contaminantes en suelo

Contaminante	MUESTRA 01		MUESTRA 02		MUESTRA 03		MUESTRA 04		MUESTRA 05		MUESTRA 06		MUESTRA 07		Límite EPA	Límite Dragón J.
	Conc. PPM	*	Conc. PPM	*	Conc. PPM	*	Conc. PPM	*	Conc. PPM	*	Conc. PPM	*	Conc. PPM	*	PPM	PPM
Fenoles	-	-	-	-	< 1*10 ⁻³	-	-	-	-	-	-	-	< 1*10 ⁻³	-	NI	NI
TPH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,481.12	24	-	-	NI	NI
PCBs	-	-	-	-	-	-	< 1*10 ⁻³	-	-	-	-	-	-	-	NI	NI
Fe	430,250.3	-	204,000.0	-	35,578.0	-	-	-	185,800.0	-	-	-	18,885.7	-	NI	7,000-550,000
Cr Total	844.5	-	813.5	-	148.4	-	-	-	540.7	-	-	-	62.0	-	1-1,000	5-3,000
Mn	2,148.1	-	1,086.5	-	305.5	-	-	-	2,148.1	-	-	-	210.50	-	20-3,000	100-4,000
Ni	158.5	-	176.7	-	43.2	-	-	-	125.0	-	-	-	25.5	-	5-500	5-1,000
Pb	17.4	-	142.0	-	14.2	-	-	-	19.8	-	-	-	80.0	-	2-200	2-200
Sb	14.8	0.4	170.0	11	15.3	0.5	-	-	11.8	0.1	-	-	24.5	1.4	2-10	0.8-10

* Número máximo de veces que excede el límite superior de los criterios

- Excede el límite de la EPA
- Excede el límite de Dragón J.
- Excede ambos límites
- NI = No incluido en el listado

Muestra 5

De acuerdo con los límites establecidos en el listado norteamericano de Dragun, el hierro se encuentra dentro de límites en todos los puntos. Sin embargo, dado que en la muestra 5 el nivel de hierro es más de 10 veces mayor que el detectado en la muestra 7 y más de 5 veces que en la muestra 3 y que el sitio se encuentra visiblemente contaminado por rebaba de hierro, es posible concluir que existe contaminación por hierro en este punto. Asimismo, los niveles de antimonio exceden en 10% los límites establecidos por USEPA y Dragun.

De acuerdo con los niveles establecidos por Dragun y USEPA, puede observarse que las concentraciones de cromo, níquel y plomo están dentro de valores típicos.

De acuerdo con los niveles establecidos en el listado holandés, puede observarse que la concentración de manganeso excede en 170% el límite establecido en la Categoría C, que indica realizar actividades de restauración del suelo.

Muestra 6

Para la comparación de TPH, los límites establecidos indican que la contaminación del suelo en este sitio está muy elevada, es decir, el valor detectado está 24 veces arriba del nivel de restauración.

Muestra 7

El nivel de antimonio excede en 140% los límites establecidos por USEPA y Dragun. Los parámetros restantes se encuentran dentro de los niveles establecidos.

4.2.2 Conclusiones

Las conclusiones que se desprenden de la evaluación de los resultados son:

- A) Se consideran adecuados los criterios utilizados en la selección de los puntos de muestreo en el sitio para detectar la situación real del terreno.
- B) El análisis de suelo se realizó bajo técnicas especializadas que permite detectar con eficiencia el grado de contaminación en las distintas áreas de la planta metalmeccánica.
- C) Las técnicas de análisis utilizadas para la detección de los diferentes parámetros revelaron congruencia de acuerdo a la situación real de las distintas áreas de la planta.

D) Los resultados de los análisis practicados en el suelo superficial indican que en seis de los siete puntos en donde se tomaron las muestras, se detecta la presencia de contaminación de suelo por metales.

F) De acuerdo a los resultados de metales pesados, de los 6 puntos analizados, los puntos de muestreo que mayores niveles de contaminación presentan son: el punto 1 (área verde entre Nave 4 y la estación de gas L.P.), punto 2 (área verde detrás del patio de remolques) y punto 5 (entrada del almacén de escoria).

G) De acuerdo a los resultados de TPH, el punto 6 analizado se considera que presenta valores altos de contaminación.

H) Los resultados de las concentraciones de PCBs indican que no existe evidencia de contaminación por esta sustancia en la entrada del almacén.

I) La mayor variabilidad en la distribución de las concentraciones se detectó en las muestras de plomo con 373%.

4.3 CONTAMINACION POR SULFATOS, FOSFATOS y pH

La planta 3 se refiere a una fábrica productora de fertilizantes. Los productos obtenidos son sulfato de amonio y ácido sulfúrico con una producción de 850 y 600 toneladas al día, respectivamente.

Las materias primas utilizadas son amoníaco, ácido fósforico, azufre y agua.

Durante la auditoría ambiental a la fábrica de fertilizantes se detectaron -al revisar la información disponible, entrevistar al personal y efectuar recorridos por la instalación- problemas de contaminación de suelos ocasionados por disposición inadecuada de materiales peligrosos en áreas de almacenamiento, manejo, carga y descarga de los mismos.

El tipo de muestreo de suelo superficial (entre 10 y 20 cm.) y semiprofundo (entre 80 y 90 cm.). Así como, la localización de los puntos de muestreo se definieron considerando los criterios descritos en la Sección 3.1 del capítulo anterior.

Debido a las condiciones del suelo, se seleccionaron 12 puntos de muestreo de suelo superficial y 12 puntos de suelo semiprofundo. Las doce muestras de suelo superficial y las doce muestras de suelo semiprofundo se localizaron en los mismos puntos; de tal manera que, teniendo la misma ubicación, la única variante fue la profundidad a la que se realizó el muestreo. A continuación se presentan los puntos de muestreo y el área de localización.

Punto de muestreo	Localización
1	Área de sedimento de azufre. Al oriente de la esfera No.2
2	Área de sedimento de azufre. Entre hidrantes 5 y 8
3	Área de sedimento de azufre. Al norte del último cambio de vías.
4	Fosa de prácticas contra incendio
5	Almacén de azufre
6	Almacén de azufre. Al este de la fosa del sistema de azufre.
7	Almacén de roca fosfórica (fuera de operación). Entre tanques de ácido fosfórico y esfera No.2
8	Almacén de roca fosfórica (fuera de operación). Al este de tanques de ácido fosfórico
9	Área de mantenimiento
10	Bodega poniente de sulfato de amonio
11	Bodega poniente de sulfato de amonio
12	Área de lodos de la laguna

A las 24 muestras que se colectaron se les analizaron sulfuros, sulfatos, fosfatos y pH. A continuación se muestra el parámetro analizado, el método, la técnica empleada para el análisis y el límite de detección.

Parámetro	Método	Técnica aplicada	Límite de detección
Sulfato	Colorimétrico	NMX-AA-74-81	0.050 mg/g
Fosfato	Colorimétrico	NMX-AA-29-81	0.010 mg/g
Potencial Hidrógeno (pH)	potenciométrico	NMX-AA-8-1980	Escala de 0 - 14

Además, se presenta la profundidad a la que fueron obtenidas las muestras de suelo superficial y semiprofundo.

Punto de muestreo	Profundidad de muestras superficiales (m)	Profundidad de muestras semiprofundas (m)
1	0.10 - 0.15	0.60 - 0.70
2	0.10 - 0.16	0.57 - 0.65
3	0.10 - 0.16	0.69 - 0.75
4	0.10 - 0.16	0.66 - 0.79
5	0.10 - 0.15	0.68 - 0.77
6	0.12 - 0.18	0.73 - 0.82
7	0.10 - 0.15	0.78 - 0.90
8	0.10 - 0.14	0.78 - 0.84
9	0.11 - 0.16	0.62 - 0.92
10	0.10 - 0.18	0.80 - 0.92
11	0.11 - 0.18	0.83 - 0.93
12	0.15 - 0.20	0.80 - 0.90

4.3.1 Resultados

Los resultados y su comparación con los valores internacionales recomendados de los análisis de las 24 muestras se indican en la Tabla 4.3.1, los cuales se presentan por punto de muestreo para suelo superficial y suelo semiprofundo. A todas las muestras se les analizaron los siguientes parámetros: pH, fosfato y sulfatos.

Debido a que no existe regulación (véase Capítulo 2), ni estándares mexicanos que regulen los límites de contaminantes en suelo superficial; es necesario, utilizar la regulación y los estándares extranjeros; en este caso, los holandeses para el análisis, evaluación y comparación de los resultados reportados para determinar, de manera general, el grado de contaminación del terreno ocupado por la planta de fertilizantes.

Los sulfatos, fosfatos y el pH se comparan con los criterios alemanes de Gisi, 1990.

Muestra 1

Con respecto a la muestra de suelo superficial, el pH de la muestra fue el más bajo del estudio con 1.72 unidades, estando en 57% por debajo del límite inferior normal de los criterios internacionales recomendados. La concentración de fosfatos se encuentra dentro de los límites típicos publicados por Gisi, es decir, en 384 $\mu\text{g/g}$. Por otro lado, la concentración de sulfatos rebasa 64 veces las concentraciones de referencia.

En relación a la muestra de suelo semiprofundo, el pH de la muestra fue de 3.11 unidades presentando un valor inferior de 22% al del criterio internacional. Los fosfatos presentan una concentración cuatro veces mayor al límite superior normal publicado por Gisi. Asimismo, la concentración de sulfatos es 24 veces superior al valor de referencia alemán.

Muestra 2

Con respecto a la muestra de suelo superficial, el pH se encuentra dentro del rango típico es con 4.04 unidades. Tanto los fosfatos como los sulfatos se encuentran en 94 y 270 $\mu\text{g/g}$, es decir, dentro de los límites establecidos en los criterios internacionales.

En relación a la muestra de suelo semiprofundo, el pH de la muestra se encuentra dentro del rango típico con 6.97 unidades. La concentración de fosfatos es 9 veces mayor al límite superior indicado. Por el contrario, la concentración de sulfatos se encuentran dentro del ámbito normal señalado con 498 $\mu\text{g/g}$.

Tabla 4.3.1
Comparación de resultados de pH, fosfatos y sulfatos

Punto de muestreo	pH	Fosfatos (ppm)	Sulfatos (ppm)
Muestras de suelo superficial			
1	1.72	384	32,630
2	4.04	94	270
3	4.12	520	498
4	5.13	471	425
5	2.55	33	459
6	2.95	286	6,518
7	5.38	2,314	1,350
8	4.72	4,142	10,300
9	7.75	850	12,310
10	6.65	4,694	3,090
11	4.50	1,584	1,160
12	4.74	103	10,470
Valores Internacionales Recomendados	4-7	500-800	100-500
P ₅₀	4.12	471	1350
s	1.26	1843	9120
CV, %	31	391	671
Muestras de suelo semiprofundo			
1	3.11	4,010	12,700
2	6.97	8,300	498
3	6.98	13,810	431
4	3.68	217	772
5	3.06	1,281	1,490
6	3.67	484	1,780
7	6.17	2,078	2,122
8	6.68	2,677	1,140
9	5.80	7,614	1,710
10	7.10	1,407	1,510
11	4.60	1,320	630
12	2.47	17,698	11,410
Valores Internacionales Recomendados	4-7	500-800	100-500
P ₅₀	4.60	2320	1140
s	2.08	5980	2808
CV, %	45	258	229

= Valores fuera de rango
N.D. = NO DETECTADO

Muestra 3

Con respecto a la muestra de suelo superficial, el pH de la muestra es de 4.12 y se encuentra dentro del ámbito típico. La concentración de fosfatos se encuentra dentro de los límites establecidos en los criterios internacionales 520 $\mu\text{g/g}$. La concentración de sulfatos es 1.1 veces superior al valor de referencia.

En relación a la muestra de suelo semiprofundo, el pH de la muestra es de 5.98 unidades estando dentro del ámbito típico. La concentración de fosfatos es 16 veces mayor al límite superior indicado, mientras que la concentración de sulfatos es 66% mayor al límite superior señalado.

Muestra 4

Con respecto a la muestra de suelo superficial, el pH de la muestra es de 3.13 estando por debajo del criterio típico. Tanto los fosfatos como los sulfatos se encuentran dentro de los límites establecidos en los criterios internacionales, es decir, 471 y 425 $\mu\text{g/g}$, respectivamente.

En relación a la muestra de suelo semiprofundo, el pH se encuentra en 3.68 unidades, es decir, 8% por debajo de los límites típicos. La concentración de fosfatos es de 217 $\mu\text{g/g}$ estando dentro de los valores de referencia. Por otro lado, la concentración de sulfatos es 54% mayor a la de referencia.

Muestra 5

Con respecto a la muestra de suelo superficial, el pH se encuentra 36% por debajo del ámbito típico. Tanto los fosfatos como los sulfatos se encuentran dentro de los límites establecidos en los criterios internacionales, es decir, 33 y 459 $\mu\text{g/g}$, respectivamente.

En relación a la muestra de suelo semiprofundo, el pH se encuentra 24% por debajo de los límites típicos; mientras que los fosfatos fueron detectados 60% arriba de los límites de Gisi. Asimismo, la concentración de sulfatos es 3 veces mayor a la señalada por el mismo autor.

Muestra 6

Con respecto a la muestra de suelo superficial, el pH de la muestra es de 2.98, estando 25% por debajo del límite inferior típico de los criterios internacionales recomendados. La concentración de fosfatos se encuentra en 286 $\mu\text{g/g}$, dentro del ámbito típico publicados por Gisi. Por otro lado, la concentración de sulfatos rebasa 12 veces las concentraciones de referencia.

En relación a la muestra de suelo semiprofundo, el pH de la muestra es de 3.57 unidades estando por debajo del ámbito típico en 11%. La concentración de fosfatos se encuentra dentro del rango indicado, es decir 464 $\mu\text{g/g}$; mientras que la concentración de sulfatos es 2.4 veces mayor al ámbito normal señalado.

Muestra 7

Con respecto a la muestra de suelo superficial, el pH de la muestra fue de 5.38 unidades presentando un valor típico. Los fosfatos presentan una concentración 1.9 veces mayor al límite superior típico publicado por Gisi. De igual modo, la concentración de sulfatos es 1.7 veces superior al valor de referencia.

En relación a la muestra de suelo semiprofundo, el pH de la muestra fue de 6.17 unidades presentando un valor típico. Los fosfatos presentan una concentración 1.6 veces por encima del límite superior típico publicado por Gisi. Asimismo, la concentración de los sulfatos es 3.2 veces superior al valor de referencia.

Muestra 8

Con respecto a la muestra de suelo superficial, el pH de la muestra fue de 4.72 unidades presentando un valor típico. Los fosfatos presentan una concentración 4.7 veces mayor al límite superior típico publicado por Gisi. De igual modo, los sulfatos presentan una concentración 20 veces superior al valor de referencia.

En relación a la muestra de suelo semiprofundo, el pH de la muestra fue de 6.68, presentando un valor típico. Los fosfatos presentan una concentración que excede 2.6 veces el límite superior típico publicado por Gisi. De igual modo, los sulfatos presentan una concentración 1.3 veces superior al valor de referencia alemán.

Muestra 9

Con respecto a la muestra de suelo superficial, el pH de la muestra fue de 7.75, es decir 10% por encima del límite superior típico. Los fosfatos presentaron una concentración de 20% por encima del valor máximo indicado; mientras, la concentración de sulfatos fue 23.8 veces mayor al máximo valor señalado.

En relación a la muestra de suelo semiprofundo, el pH de la muestra se encuentra en 5.80 unidades dentro del ámbito típico. La concentración de fosfatos fue 8.4 veces mayor y la de sulfatos 6.4 veces mayor a las señaladas por Gisi.

Muestra 10

Con respecto a la muestra de suelo superficial, el pH de la muestra es de 6.85 estando dentro del ámbito típico. Los fosfatos y sulfatos exceden 4 y 5 veces, respectivamente, los límites típicos superiores publicados por Gisi.

En relación a la muestra de suelo semiprofundo, el pH de la muestra es de 7.10 unidades, es decir 1.4% superior al valor típico. Los fosfatos exceden en 75% al valor señalado por Gisi. Los sulfatos en 27% al límite superior típico.

Muestra 11

Con respecto a la muestra de suelo superficial, el valor de pH es de 4.5 estando dentro del valor típico. Los fosfatos excede 98% el límite superior indicado. Los sulfatos exceden 1.3 veces el límite superior indicado.

En relación a la muestra de suelo semiprofundo, el pH de la muestra es de 4.6 unidades estando dentro del valor típico. Los fosfatos exceden 1.9 veces el límite superior indicado. Los sulfatos exceden en 28% el límite superior referido.

Muestra 12

Con respecto a la muestra de suelo superficial, el pH de la muestra es de 4.74 unidades estando dentro del ámbito típico. Los fosfatos se encuentran dentro de los límites típicos, es decir en 103 $\mu\text{g/g}$. Los sulfatos exceden 20 veces el límite superior de referencia.

En relación a la muestra de suelo semiprofundo, el valor de pH es de 2.47, estando 38% por debajo del límite inferior típico de los criterios internacionales recomendados. Los fosfatos exceden en 21 veces el límite máximo señalado de referencia. Los sulfatos presentaron concentraciones 22 veces arriba del valor señalado.

pH

Los valores de pH encontrados en las muestras analizadas oscilan entre 1.72 para la muestra de suelo superficial 1, ubicada en el área de depósito de sedimentos de azufre, y 7.75 para la muestra de suelo superficial 9, ubicada en el área de mantenimiento.

De las 24 muestras, nueve se encuentran por abajo del valor inferior del rango de referencia (cuatro muestras de suelo superficial: 1, 4, 5 y 6; y cinco muestras de suelo semiprofundo: 1, 4, 5, 6 y 12); trece muestras están dentro del ámbito típico (siete muestras de suelo superficial: 2, 3, 7, 8, 10, 11 y 12; y seis de suelo semiprofundo: 2, 3, 7, 8, 9 y 11); y sólo dos (muestras 9 y 10) están por arriba del límite superior del ámbito de referencia.

Los sitios que mostraron mayor pH son los que se localizan en el área de depósito de sedimentos de azufre y en las áreas de lodos de la laguna y de almacenamiento de azufre.

Fosfatos

Las concentraciones de fosfatos varían entre 33 $\mu\text{g/g}$, muestra de suelo superficial 5 localizada en el almacén de azufre; y 17,698 $\mu\text{g/g}$, muestra de suelo semiprofundo 12, localizada en el área de lodos de la laguna.

De las 24 muestras, quince excedieron el límite superior referido (cinco muestras de suelo superficial: 7, 8, 9, 10 y 11; y diez muestras de suelo semiprofundo: 1, 2,

3, 5, 7, 8, 9, 10, 11 y 12); y nueve muestras quedaron dentro del valor límite (siete muestras de suelo superficial: 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 12; y dos muestras de suelo semiprofundo: 4 y 6).

Los sitios que mostraron mayor concentración de fosfato son los que se localizan en el área de lodos de la laguna, área de sedimento de azufre y almacén de roca.

Sulfatos

Las concentraciones de sulfatos varían entre 270 $\mu\text{g/g}$, muestra de suelo superficial 2 localizada en el área de sedimentos de azufre; y 32,630 $\mu\text{g/g}$, muestra de suelo superficial 1, localizada en el área de sedimento de azufre.

De las 24 muestras, veinte excedieron el límite superior referido (nueve muestras de suelo superficial: 1, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12; y once muestras de suelo semiprofundo: 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12); y cuatro muestras quedaron dentro del valor límite (tres muestras de suelo superficial: 2, 4 y 5; y una muestra de suelo semiprofundo: 2).

Los sitios que mostraron mayor concentración de sulfatos son los que se localizan en el área de sedimento de azufre, área de lodos de la laguna, almacén de roca y almacén de azufre.

4.3.2 Conclusiones

Las conclusiones que se desprenden de la evaluación de los resultados son:

A) Se consideran acertados los criterios utilizados en la selección de los puntos de muestreo en el sitio para detectar la situación real del terreno.

B) El análisis de suelo se realizó bajo métodos y procedimientos definidos que permitirían reproducir las condiciones bajo las cuales se detectó la contaminación del suelo en las distintas áreas de la planta.

C) Las técnicas de análisis utilizadas para la detección de los diferentes parámetros revelaron congruencia de acuerdo a la situación real de las distintas áreas de la planta.

D) Los valores de pH elevados corresponden a las áreas donde se procesa la materia prima, es decir, el área de fusión de azufre; esto, probablemente se debe a la acumulación de grandes cantidades de sales y la presencia de humedad, los cuales dan lugar a un alto pH del suelo.

E) Los suelos con mayor pH son los superficiales, excepto el punto 12 (área de lodos de la laguna), en el cual el pH ya llega a profundidades de 90 cm.

F) Las concentraciones de fosfato resultaron altas en la mayoría de las áreas de estudio, de acuerdo con los valores típicos recomendados. Los niveles registrados son resultado de las operaciones que la empresa realizó en el pasado, como fueron la producción de fertilizantes base fosfato.

G) De acuerdo a los resultados de fosfatos, los puntos de muestreo donde mayores concentraciones se presentaron son el punto 12 (área de lodos de la laguna) y el punto 9 (área de mantenimiento).

H) Las concentraciones de sulfatos resultaron altas en todas las áreas de estudio, de acuerdo con los valores típicos recomendados. La máxima concentración obtenida se encontró en el área de sedimentos de azufre (Punto 1), en la cual concuerda con el menor valor de pH.

I) Los resultados de los análisis practicados en el suelo superficial indican que existe mayor contaminación de sulfatos en este suelo que en el semiprofundo; además, aquí también son menores los niveles de pH.

J) De acuerdo a los resultados de pH y sulfatos, de los 12 puntos analizados, los puntos de muestreo que mayores niveles de contaminación presentan son: el punto 1 (área de sedimento de azufre) y punto 12 (área de lodos de la laguna).

K) Aunque la planta ha sacado de operación la fabricación de fertilizantes base fosfato, se nota una concentración mayor de fosfatos en las muestras de suelo semiprofundo; en cambio, los sulfatos muestran una mayor concentración en las muestras de suelo superficial.

L) La presencia de fosfatos en el suelo semiprofundo parece corresponder a una de las características del fósforo, el cual aún en forma soluble pero con un pH bajo, se fija a los constituyentes naturales del suelo quedando libre sólo en pequeñas cantidades.

K) La mayor variabilidad en la distribución de las concentraciones se detectó en el sulfato de las muestras superficiales.

4.4 CONTAMINACION POR SOLVENTES AROMÁTICOS Y HALOGENADOS

La planta 4 se refiere a una empresa química que se dedica a la destilación de solventes. Los productos obtenidos son solventes. Tiene una producción entre 850 y 600 toneladas al día.

Las materias primas utilizadas son solventes gastados de otras industrias.

Durante la auditoría ambiental a la planta de destilación de solventes se detectaron -al revisar la información disponible, entrevistar al personal y efectuar recorridos por la instalación- problemas de contaminación de suelos ocasionados por almacenamiento y manejo inadecuado de materiales y residuos peligrosos en áreas de operación, proceso, carga y descarga.

El tipo de muestreo de gas de subsuelo; así como, la localización de los puntos de muestreo se definieron considerando los criterios descritos en la Sección 3.1 y 3.2 del capítulo anterior.

Debido a las condiciones del suelo superficial, notablemente impregnado de solvente, se seleccionaron 20 puntos de muestreo de gas de subsuelo en diferentes áreas de la planta. A continuación se presentan los puntos de muestreo y su localización.

Punto de muestreo	Localización
1 - 14	Área de almacenamiento de residuos peligrosos. Una tercera parte del terreno se encuentra pavimentado, mientras que el resto se encuentra constituido de tierra visiblemente impregnada por derrames de los residuos almacenados.
15	Área de recepción de materia prima y almacenamiento de thinner
16	Área de destilación
17	Área de proceso
18	Área de almacenamiento de productos
19	Área verde
20	Área del almacenamiento de productos

El muestreo del gas de subsuelo se realizó a profundidades comprendidas entre 1.5 y 3.2 metros. A continuación se muestra la profundidad a la que se tomaron las muestras.

Punto de muestreo	Profundidad (metros)
Aire	N.A.
Aire	N.A.
Aire	N.A.
Aire	N.A.
Aire	N.A.
1	2.0
2	1.5
3	2.0
4	1.5
5	3.2
6	3.2
7	3.0
8	1.8
9	1.5
10	2.0

Punto de muestreo	Profundidad (metros)
11	2.0
12	2.5
13	2.0
14	2.0
15	1.6
16	1.6
17	1.5
18	1.5
19	1.5
20	1.6

N/A: No aplica

4.4.1 Resultados

Los resultados de los análisis de las 25 muestras se indican en la Tabla 4.4.1, los cuales se presentan por punto de muestreo y a los que se les analizaron los siguientes hidrocarburos aromáticos: benceno, tolueno, etilbenceno, xilenos, hidrocarburos volátiles totales de cadena de cuatro carbonos a nueve (C₄-C₉) e hidrocarburos volátiles totales de cadena de diez carbonos y más (C₁₀-C_x). Así como, los siguientes hidrocarburos clorados: 1,1 dicloroetano (1,1-DCA), 1,2 dicloroetano (1,2-DCA), 1,1,1 tricloroetano (TCA), tricloroetileno (TCE) y percloroetileno (PCE).

Todas las muestras colectadas fueron de gas y se inyectaron directamente al cromatógrafo. A continuación se presentan los límites de detección para cada uno de los parámetros analizados.

Compuesto	Límite de Detección (µg/l)
Benceno	0.03
Tolueno	0.05
Etilbenceno	0.09
Xilenos	0.1
HCVT (C ₄ -C ₉)	0.1
HCVT (C ₁₀ -C _x)	0.1
1,1-DCA	0.2
1,2-DCA	0.08
TCA	0.0002
TCE	0.0008
PCE	0.0008

Debido a que no existe regulación (véase Capítulo 2), ni estándares mexicanos que regulen los límites de contaminantes en el suelo; es necesario, utilizar criterios para el análisis, evaluación y comparación de los resultados reportados para determinar el grado de contaminación del terreno ocupado por la planta de destilación de solventes. Los criterios para la interpretación de los resultados son:

A) Los resultados de las muestras de aire atmosférico colectadas en el sitio se consideran un factor de referencia para determinar el grado de exceso en la concentración de contaminantes para los distintos parámetros analizados en las muestras de gas de subsuelo. Cuando la concentración de contaminantes en las muestras de gas de subsuelo, excede el factor de referencia impuesto por los resultados del aire atmosférico, se considera que existe contaminación en el suelo.

B) Cuando la concentración de contaminantes en las muestras líquidas de suelo, exceden el límite de referencia del aire atmosférico y están por encima de los 1,000 µg/L, las concentraciones se consideran altas.

De acuerdo a estos criterios, en la tabla 4.4.1 se presentan los resultados de los puntos de muestreo, los cuales están ordenados secuencialmente. El signo "<" (menor que) muestra que la concentración no es mayor a la indicada.

Benceno

La concentración de benceno no se detectó en todas las muestras, excepto en el punto 16, el cual corresponde al área de destilación, donde se encontró con 1,100 µg/L, es decir, sólo una muestra quedó arriba del criterio "B".

Tolueno

El tolueno fue detectado en trece puntos de muestreo y presentó su mayor concentración en el punto 15 (Área de recepción de materia prima y almacenamiento de thinner), con 18,000 µg/L. Los valores de concentración hallados comprenden desde valores menores a 1 µg/L hasta el valor máximo señalado. Siete de diez puntos del Área de almacenamiento de residuos peligrosos presentan una concentración menor a 10 µg/L; ocho de diez puntos están localizados en el lado oeste del terreno y el punto central. El punto 8 indica una concentración mayor a 100 µg/L. Por otro lado, los puntos: 15, 17 y 20, presentan concentraciones de tolueno mayores a 1000 µg/L; y corresponden, respectivamente, a la zona de recepción de materia prima y almacenamiento de thinner, a la zona de proceso y al área de almacenamiento de productos.

Etilbenceno

Ninguna de las concentraciones de etilbenceno excedieron el criterio de los 1000 µg/L.

Xilenos

La concentración más alta de xilenos fue encontrada en el punto 20 (Área de almacenamiento de productos) con 16,000 µg/L. Como en el caso del tolueno, las concentraciones halladas varían desde valores menores que 1 µg/L hasta el valor máximo señalado. No se detectaron xilenos en el área verde; sin embargo, los puntos ubicados en la zona de recepción de materia prima (15), en la zona de

Tabla 4.4.1 Comparación de los resultados de solventes aromáticos y halogenados

Punto de Muestra	Profundidad (ft)	Acetileno (ppm)	Formoleno (ppm)	CTR (ppm)	Benceno (ppm)	HCV (1) (ppm)	HCV (2) (ppm)	1,1-DCA (ppm)	1,2-DCA (ppm)	1,1,1-TCA (ppm)	TCE (ppm)	PCE (ppm)
AIRE 1	NA(2)	0.05	0.3	<0.05	<0.05	0.3	<0.05	<0.02	<0.01	0.001	<0.0004	<0.0003
AIRE 2	NA(2)	0.09	0.1	<0.05	0.10	0.9	<0.05	<0.02	<0.01	0.003	0.002	0.02
AIRE 3	NA(2)	0.20	0.3	<0.04	0.40	2.0	<0.05	<0.02	0.10	0.006	0.001	0.006
AIRE 4	NA(2)	0.20	0.5	<0.04	2	3	1	<0.02	<0.006	0.05	0.02	0.4
AIRE 5	NA(2)	0.04	0.2	<0.04	0.07	0.5	<0.05	<0.02	<0.006	0.004	0.001	0.009
01	2.0	<0.03	<0.05	<0.09	0.30	0.80	<0.10	<0.20	<0.08	0.10	0.20	1
02	1.5	<0.09	<0.10	<0.20	0.60	98	0.80	<0.40	<5	7	25	100
03	2.0	<0.03	0.10	<0.09	0.70	17	<0.10	<9	<55	2	7	34
04	1.5	<0.04	0.08	<0.09	0.20	1	<0.10	<11	<5	0.10	<0.20	0.9
05	3.2	<0.10	<0.20	<0.40	<0.50	37	<0.50	<18	<8	54	170	480
06	3.2	<0.03	<0.05	<0.09	0.50	79	<0.10	<9	<4	3	12	20
07	3.0	<9	2	<0.40	3	560	<0.50	<920	<420	290	77	1000
08	1.8	1	120	<0.40	27	11000	<4.0	<370	<170	6	<6	28
09	1.5	<5	43	<0.50	88	420	79	<180	<2	13	32	180
10	2.0	<0.10	4	<0.40	4	140	<0.50	<6	<3	120	18	200
11	2.0	<0.10	9	<0.40	1	1400	<0.50	5	<3	4	5	12
12	2.5	<0.10	2	<0.40	<0.50	210	<0.50	<900	<400	20	<15	190
13	2.0	<0.10	5	<0.40	16	440	0.50	<18	<8	10	23	1200
14	2.0	<0.10	31	<0.40	10	500	<0.50	<9	<4	3	1	13
15	1.6	<180	18000	<9	11000	38000	77	<3700	<1700	1500	3100	4800
16	1.6	1100	<490	<670	1500	12000	87	<740	<340	5100	3200	4100
17	1.5	<15	1900	<44	2900	14000	<53.0	<3700	<1700	870	6500	3600
18	1.5	<1	<2	<4	13	22	<5.0	<1800	<850	560	700	1400
19	1.5	<0.07	<0.10	<0.20	<0.20	11	<0.30	<9	<4	22	48	120
20	1.6	<15	7300	<44	16000	31000	1500	<3700	<1700	2300	1600	2600
P ₅₀	NA(2)	0.1	2	0.4	3	210	0.5	18	8	13	23	180
S	NA(2)	15	488	8.6	1497	11790	76.5	1782	842	547	1577	2620
CV, %	NA(2)	150	24400	2150	49900	5614	15300	9900	10525	4208	6856	1455

< Indica que la concentración no pudo determinarse con exactitud
 1 Indica interferencia en la determinación
 (1) Hidrocarburos Volátiles Totales
 (2) No aplica
 [Shaded Box] Valor fuera del criterio "B"
 P₅₀ = Percentil 50°
 S = Desviación estándar
 CV, % = Coeficiente de variabilidad de la dispersión en por ciento

proceso (17), en la zona de destilación (16) y en la zona de almacenamiento de productos (20) presentaron concentraciones mayores a 1000 µg/L.

Hidrocarburos Volátiles Totales

Los valores más altos de Hidrocarburos Volátiles Totales de C₄ a C₉ fueron detectados en los puntos 15 y 20, con 38,000 µg/L y 31,000 µg/L respectivamente. Los puntos cuya concentración es mayor a 1000 µg/L, están en el lado oeste del área de almacenamiento de residuos peligrosos y en las zonas de recepción de materia prima y almacenamiento de thinner (15), de destilación (16) y de proceso (17).

La mayor concentración de Hidrocarburos Volátiles Totales con más de diez átomos de carbono (HCVT C₁₀-C_X) se detectó en la zona de almacenamiento de productos (punto 20), con 1500 µg/L.

1,1 dicloroetano (1,1-DCA)

El 1,1 dicloroetano (1,1-DCA) se identificó en valores mayores a los 1000 µg/L en los puntos 15 (recepción de materia prima), 17 (área de proceso), 18 (área de almacenamiento de productos) y 20 (área de almacenamiento de productos).

1,2 dicloroetano (1,2-DCA)

Sólo en tres puntos de muestreo se detectaron concentraciones mayores a los 1000 µg/L del criterio "B": puntos 15 (área de recepción de materia prima), 17 (área de proceso) y 20 (área de almacenamiento de productos). Todos con valores en 1700 µg/L.

1,1,1 tricloroetano (TCA)

Las concentraciones medidas de 1,1,1 tricloroetano (TCA) varían desde 0.1 µg/L hasta 5,100 µg/L. Ocho de los catorce puntos del Área de almacenamiento de residuos peligrosos, localizados en la zona sureste del terreno, presentan concentraciones menores a 10 µg/L y dos puntos de la zona sin pavimentar indicaron concentraciones mayores a 100 µg/L. Por otro lado, los demás puntos (15, 17 y 20) presentaron concentraciones superiores a 1000 µg/L.

Tricloroetileno (TCE)

El tricloroetileno (TCE) se detectó en concentraciones comprendidas entre los 0.2 µg/L y los 6,500 µg/L. En el área de almacenamiento de residuos peligrosos, sólo el punto 5 presenta una concentración mayor a 100 µg/L. Por otro lado, en los puntos 15, 16, 17 y 20 se señala la presencia de concentraciones de TCE mayores a 1000 µg/L.

Percloroetileno (PCE)

Las concentraciones medidas de percloroetileno (PCE) varían desde 1 µg/L hasta 4,800 µg/L. En el área de almacenamiento de residuos peligrosos, el 50% de los catorce puntos, localizados en la zona norte del terreno, presentan

concentraciones mayores a 100 µg/L y el otro 50%, localizados en la mitad complementaria, presentan concentraciones menores a 100 µg/L. En los puntos 15, 16, 17, 18 y 20 se señalan la presencia de concentraciones de PCE mayores a 1000 µg/L.

4.4.2 Conclusiones

Las conclusiones que se desprenden de la evaluación de los resultados son:

A) Se consideran acertados los criterios utilizados en la selección de los puntos de muestreo en el sitio para detectar la situación real del terreno.

B) El análisis de suelo se realizó bajo métodos y procedimientos definidos que permitirían reproducir las condiciones bajo las cuales se detectó la contaminación del suelo en las distintas áreas de la planta.

C) Las técnicas de análisis utilizadas para la detección de los diferentes parámetros revelaron congruencia de acuerdo a la situación real de las distintas áreas de la planta.

D) El área de almacenamiento de residuos peligrosos se encuentra visiblemente contaminada a nivel superficial debido a las operaciones de manejo y almacenamiento de residuos peligrosos que se realizaron en el pasado.

E) Los compuestos detectados en las muestras de aire atmosférico (tolueno, xilenos, hidrocarburos volátiles totales de C₄ a C₉, tricloroetano, tricloroetileno y percloroetileno) colectadas en el sitio, son congruentes con los compuestos detectados en el gas de subsuelo. Sus concentraciones en el aire atmosférico pueden ser el resultado de la constante volatilización de hidrocarburos que se encuentran tanto a nivel superficial como en el subsuelo.

F) El benceno fue identificado a 1.6 metros de profundidad en la zona de destilación. La concentración encontrada se considera significativa, ya que se halla muy por encima de la concentración del aire atmosférico.

G) Las concentraciones de tolueno más significativas se encontraron en el área de recepción de materia prima y en el área de almacenamiento y proceso. Asimismo, la zona central del área de almacenamiento de residuos es la más impactada por este contaminante.

H) Las áreas que presentan las concentraciones más altas de xilenos son: el área de recepción de materia prima, el área de destilación y proceso. En el área de almacenamiento de residuos peligrosos, las concentraciones mayores se localizaron en el lado poniente del terreno.

I) Los Hidrocarburos Volátiles Totales de C₄ - C₉, se detectaron en concentraciones variables en todas las áreas de estudio. Las áreas más impactadas son: el área de recepción de materia prima y las áreas de destilación y proceso. En el área de almacenamiento de residuos peligrosos, los hidrocarburos están presentes en todo el terreno; sin embargo, las concentraciones mayores se localizan en el lado poniente del mismo.

J) Los hidrocarburos volátiles totales con más de diez átomos de carbono (HCVT C₁₀ - C_X) no se detectaron en niveles significativos dentro del área de de destilación y proceso, mientras que el área de almacenamiento de residuos peligrosos es la más impactada por este tipo de compuestos.

K) El 1,1 dicloroetano sólo fue identificado en cuatro puntos de muestreo: área de recepción de materia prima, área de proceso y área de almacenamiento de residuos.

L) Los resultados de los análisis de gas de subsuelo revelaron que no existe contaminación por etilbenceno y no es tan significativa por 1,2 dicloroetano.

M) El tricloroetano está presente en todo el subsuelo de la planta. Las zonas más contaminadas son las áreas de recepción y almacenamiento de materia prima y las áreas de destilación y proceso. En el área de almacenamiento de residuos peligrosos, el cuadrante suroeste es el más impactado.

N) El tricloroetileno se encuentra en todas las áreas muestreadas. La zona más contaminada es el área de proceso y, en menor medida pero también en niveles significativos, las áreas de recepción y almacenamiento de materia prima y las áreas de destilación y proceso. En el área de almacenamiento de residuos peligrosos, la zona central es la que presenta los mayores niveles de contaminación.

Ñ) El percloroetileno se detectó en todas las áreas. Todas las zonas de la planta de producción y almacenamiento, incluyendo el área verde, presentan niveles de contaminación significativos. Toda el área de almacenamiento de residuos peligrosos, con excepción del cuadrante sureste, presenta niveles relevantes.

O) Los resultados obtenidos no indican la existencia de una fuente de contaminación predominante. Se encontraron concentraciones variables que presentan un comportamiento espacial difícilmente predecible.

P) Todas las áreas se encuentran contaminadas por hidrocarburos aromáticos, hidrocarburos volátiles totales de C₄ a C₉ e hidrocarburos halogenados; sin embargo, las áreas 15-20, correspondientes a la planta de destilación, están más contaminadas que el área de almacenamiento de residuos peligrosos.

Q) En el área de almacenamiento de residuos peligrosos es posible identificar que la zona más contaminada es la mitad poniente del terreno.

R) La mayor variabilidad en la distribución de las concentraciones se determinó en las muestras de xilenos con casi 50000%. Así como en las de tolueno con casi 25000%.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación se mencionan algunas conclusiones que se desprenden de la elaboración de esta tesis:

1. Las auditorías ambientales son una herramienta valiosa dentro de las organizaciones industriales y para las autoridades gubernamentales que les permiten evaluar las condiciones y actividades ambientales de las instalaciones para tomar acciones que salvaguarden el medio ambiente.
2. La legislación ambiental mexicana en materia de prevención y control de la contaminación del suelo requiere desarrollarse completamente, es decir, falta clarificar los criterios de la LGEEPA, desarrollar el reglamento y las normas respectivas que establezcan, entre otras cosas: las responsabilidades y los ordenamientos para evitar que los sitios que han sido ocupados, dañados y contaminados queden en las mismas condiciones cuando llega otro residente, los procedimientos para la identificación de tales sitios, los métodos de caracterización de la contaminación, los niveles típicos y máximos de contaminación permitidos en caso de derrames o liberaciones de sustancias o residuos peligrosos; y los criterios de limpieza, remoción y restauración de un sitio.
3. La metodología para la identificación de la contaminación del suelo es muy importante; por lo tanto, es imprescindible que se cuente con una que sea capaz de aportar resultados precisos, exactos y reproducibles. Sin embargo, sólo probando y documentando la metodología propuesta en esta tesis se podrá evaluar probabilísticamente su validez. Asimismo, si existen más estudios de suelo con casos de contaminación como los aquí presentados, es recomendable compararlos estadísticamente entre sí.
4. La comparación de resultados de contaminación de suelo en diversos sitios de México contra criterios internacionales, permite establecer una primera línea de investigación en este campo. Reconociendo que el INEGI y el Instituto de Geografía no cuentan con una compilación de información sobre límites típicos de concentraciones de contaminantes del suelo en México.
5. La contaminación del suelo por hidrocarburos, metales pesados, sulfatos, fosfatos y solventes está ampliamente difundida en las plantas industriales que manejan este tipo de materias primas, subproductos, productos y/o residuos debido, principalmente, a la falta de:
 - (a) Procedimientos para el almacenamiento, manejo, proceso, transporte, empaque y disposición de estos materiales,
 - (b) Supervisión en el cumplimiento de los procedimientos anteriores.

- (c) Programas de mantenimiento y atención de emergencias,
- (d) Programas de inventarios e identificación de los materiales y residuos,
- (e) Programas de inspecciones y pruebas en las áreas potencialmente contaminadas,
- (f) Capacitación del personal para el uso apropiado de los equipos y procesos que desempeñan,
- (g) Registro, documentación y control de la información sobre el diseño, construcción, instalación y operación.

6. La acumulación e infiltración de contaminantes en el suelo superficial, semiprofundo y subsuelo pueden originar alteraciones importantes al medio ambiente y a la salud en general.

De acuerdo a las conclusiones anteriores, se desprenden algunas recomendaciones dirigidas a los órganos responsables de su implementación, como son: las Comisiones de Ecología y Medio Ambiente de las Cámaras de Diputados y Senadores; la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca a través de sus órganos el Instituto Nacional de Ecología y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente; las Cámaras Industriales y sus Asociaciones, la Comisión Ambiental Intersecretarial del Ejecutivo Federal, otras:

1. Incluir y definir claramente el concepto de auditoría ambiental en la LGEEPA.
2. Desarrollar el reglamento sobre auditorías ambientales y las normas respectivas para evitar duplicidad con los criterios industriales internacionales y lograr homologar los criterios y los procedimientos entre los prestadores de servicio en la realización de auditorías ambientales.
3. Definir tres fases independientes en el tiempo para realizar auditorías ambientales; a saber,
Primera fase: detectar los problemas potenciales de contaminación existentes para facilitar el alcance de la auditoría a la empresa auditada y al auditor.
Segunda fase: establecer el protocolo de muestreo, considerando los hallazgos de la primera fase.
Tercera fase: establecer un plan de restauración, si ésto es necesario, e incluir el protocolo de pruebas.
4. Establecer como incumplimientos potenciales en el Informe y el Resumen Ejecutivo de las auditorías ambientales la afectación de las condiciones ambientales circundantes (población, flora, fauna, etc.) de una instalación que presente riesgo.
5. Efectuar una auditoría ambiental básica de tres fases a los terrenos o instalaciones que han operado con fines industriales, de servicio o comerciales; cuando pretendan cambiar de propietario, uso de suelo o de giro.

6. Reglamentar en materia de manejo de materiales y residuos peligrosos los criterios que aseguren la no contaminación de los recursos hídricos subterráneos por las industrias, comercios o servicios que presenten riesgos.

7. Reglamentar los criterios para cambiar un residuo peligroso por material peligroso, cuando el primero ha sido adquirido para utilizarse como materia prima en otro proceso.

8. Establecer un reglamento para prevenir y controlar la contaminación del suelo que sea completo, integral, objetivo y contemple los procedimientos para la identificación de sitios contaminados, los métodos de caracterización de la contaminación, los niveles típicos y máximos de contaminación permitidos en caso de derrames o liberaciones de sustancias o residuos peligrosos; y los criterios de limpieza, remoción y restauración de un sitio.

9. Establecer un sistema nacional de información del territorio nacional donde se compilen y/o desarrollen: métodos de identificación (muestreo y análisis) y estándares de contaminantes de suelo, entre otros, para hidrocarburos clorados, bifenilos policlorados, hidrocarburos totales del petróleo (TPH), hidrocarburos volátiles totales, metales pesados (hierro, cromo, manganeso, níquel, plomo, antimonio, cadmio, etc.), sales inorgánicas, etc.

10. Apoyar a la planta industrial del país con entrenamiento y capacitación sobre la eliminación de las fuentes generadoras y potenciales de derrame y contaminación del suelo en sus instalaciones a través de la introducción del sistema nacional de calidad total.

11. Establecer en el sistema nacional de información del territorio nacional la localización de sitios contaminados, exigir a las organizaciones industriales que hayan contaminado dichos suelos realicen estudios detallados, a fin de diagnosticar con mayor precisión las condiciones actuales de éste, identificar sus posibles fuentes de contaminación, aplicar métodos apropiados de restauración y monitorear las condiciones de contaminación del terreno y el agua del subsuelo hasta niveles que no representen riesgo a la salud o al ambiente.

BIBLIOGRAFIA

1. Basurto, D. "Manejo de Residuos Peligrosos en México, Estados Unidos y Canada". En Teorema, Septiembre/94, No.2, Pag. 25-27.
2. Bautista Z., F. Estudio sobre la utilización de los licores ácidos de la industria metalúrgica, en la recuperación de suelos salino-sódicos. Tesis de grado de la Facultad de Ciencias. UNAM, México, 1992.
3. Bernath, T. "Environmental audit and property liability assessment". En Pollution Engineering, September 1988, Pag. 110 - 114.
4. Congreso de la Unión de los Estados Unidos Mexicanos. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Diario Oficial de la Federación 28 de enero de 1988.
5. David Gidi, A.F. "Saneamiento de sitios contaminados". En Gaceta Ecológica, Nueva Época, Número 36, Septiembre 1995.
6. Decreto de promulgación de los acuerdos de cooperación ambiental y laboral de América del Norte. Diario Oficial 21 de diciembre de 1993.
7. Decreto de promulgación del TLC de América del Norte. Diario Oficial 20 de diciembre de 1993.
8. Decreto por el que se aprueban el TLC y los acuerdos de cooperación en materias ambientales y laboral, suscritos por los gobiernos de México, Canadá y los Estados Unidos de América. Diario Oficial 8 de diciembre de 1993, 1a. Sección.
9. Defflese, P., Jaenicka, H., Sullivan, J. y Gnospellus, R. Auditoría Montgomery, Cap. 10 Muestreo en auditoría, 2a. Edición en español, Limusa, México, 1991. Pag. 429 - 494.
10. Dragun, J. Elements List. The Soil Chemistry of Hazardous Materials. U.S.A. 1988.
11. Douglas, G.S., McCarthy, K.J., Dahlen, D.T., Seavey, J.A., Steinhauer, W.G., Prince, R.C., and Elmerdorf, D.L. "The use of hydrocarbon analyses for environmental assessment and remediation". Contaminated soils diesel fuel contamination, Chapter 1, Kostecki, P. Editor, Association of American Railroads, Lewis Publishers, 1992, Pag. 1-21.

12. Elkington, J. "The environmental audit: Holy Grail or essential management tool?". En UNEP Industry and Environmental, October/ November/ December 1988, Pag. 17-18.
13. Everett, L. G. "Innovative soil sampling protocols and its affect on remediation strategies". Environmental Management Volume 1, Technologies for environmental cleanup: soil and groundwater. Avogadro, A. and Ragaini, R.C. Editors, Lwer Academic Publishers for the Commission of the European Community, 1993. Pag. 279-307.
14. Flores, L.G., Hernandez, R., Alcalá, R. and Maples, M. "Total contents of Cd, Cu, Mn and Zn in agricultural soils irrigated with wastewater from Hidalgo, Mexico". En Rev. Int. Contaminación Ambiental, 8: 37-46.
15. Floss, R. y Hellerer, H.O. "Untersuchungen bei Verdacht auf Kontaminierten Baugrund". 15. Mültechnisches Seminar. Sanierung Kontaminierten Böden. Berichte aus Wasser- und Abfallwirtschaft. Technische Universität München No. 108, 1991, Abb. 1: Niederländische Liste.
16. Fundación Universo Veintiuno, Guía para la realización de auditorías ambientales voluntarias. Tepotzotlán, Edo. de México, Mayo 1989.
17. García, M. "Evaluación y recuperación de suelo contaminado por hidrocarburos". En Teorema, Marzo/95, Pag. 21-23
18. Gisi, U. Bodenökologie, Thieme Verlag, Stuttgart 1990.
19. Graham-Bryce, I.J. "The approach to environmental auditing in the Royal Dutch/Shell Group of companies". En UNEP Industrial and Environment, October/ November/ December 1988, Pag. 8 - 13.
20. Godínez R., R. Confinamientos de residuos peligrosos en la frontera norte de México. Tesis profesional de la Facultad de Derecho, UNAM, México, 1994.
21. Gutiérrez R., M.E. Estudio del contenido de iones inorgánicos y sus interacciones en suelos y plantas de los distritos de riesgo 03 y 88. Tesis de grado de la Facultad de Química, UNAM, México, 1982.
22. Gutiérrez R., M.E., Siebe, Ch., and Sommer, I. "Environmental aspects of land application of wastewater from Mexico City Metropolitan Area: A bibliographical review and analysis of implications" 15th Symposium on soils proceedings, 1994.
23. International Chamber of Commerce, "ICC position paper on environmental auditing". En UNEP Industry and Environment, October/ November/ December 1988, Pag. 14 - 17.

12. Elkington, J. "The environmental audit: Holy Grail or essential management tool?". En UNEP Industry and Environmental, October/ November/ December 1988, Pag. 17-18.

13. Everett, L. G. "Innovative soil sampling protocols and its affect on remediation strategies". Environmental Management Volume 1, Technologies for environmental cleanup: soil and groundwater. Avogadro, A. and Ragaini, R.C. Editors, Luwer Academic Publishers for the Commission of the European Community, 1993. Pag. 279-307.

14. Flores, L.G., Hernandez, R., Alcalá, R. and Maples, M. "Total contents of Cd, Cu, Mn and Zn in agricultural soils irrigated with wastewater from Hidalgo, Mexico". En Rev. Int. Contaminación Ambiental, 8: 37-46.

15. Floss, R. y Hellerer, H.O. "Untersuchungen bei Verdacht auf Kontaminierten Baugrund". 15. Mültechnisches Seminar. Sanierung Kontaminierten Böden. Berichte aus Wasserqüte und Abfallwirtschaft. Technische Universität München No. 108, 1991, Abb. 1: Niederländische Liste.

16. Fundación Universo Veintiuno, Guía para la realización de auditorías ambientales voluntarias. Tepotzotlán, Edo. de México, Mayo 1989.

17. García, M. "Evaluación y recuperación de suelo contaminado por hidrocarburos". En Teorama, Marzo/95, Pag. 21-23

18. Gisi, U. Bodenökologie, Thieme Verlag, Stuttgart 1990.

19. Graham-Bryce, I.J. "The approach to environmental auditing in the Royal Dutch/Shell Group of companies". En UNEP Industrial and Environment, October/ November/ December 1988, Pag. 8 - 13.

20. Godínez R., R. Confinamientos de residuos peligrosos en la frontera norte de México. Tesis profesional de la Facultad de Derecho, UNAM, México, 1994.

21. Gutiérrez R., M.E. Estudio del contenido de iones inorgánicos y sus interacciones en suelos y plantas de los distritos de riesgo 03 y 88. Tesis de grado de la Facultad de Química, UNAM, México, 1982.

22. Gutiérrez R., M.E., Siebe, Ch., and Sommer, I. "Environmental aspects of land application of wastewater from Mexico City Metropolitan Area: A bibliographical review and analysis of implications" 15th Symposium on soils proceedings, 1994.

23. International Chamber of Commerce, "ICC position paper on environmental auditing". En UNEP Industry and Environment, October/ November/ December 1988, Pag. 14 - 17.

24. Juárez N., M. "Estudio Comparativo de la Composición de Lixiviados de Residuos Municipales". En Ingeniería Ambiental, Año 4 -No. 11-1991, Pag. 20-31.
25. Kotz, S. y Johnson, N. (Editores). Encyclopedia of Statistical Sciences, Vol. I. John Wiley & Sons, 1982. Pag. 433-436.
26. Little, T. y Hills, J. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura, Trillas, México, 1983. Pag. 16-57.
27. Morelli, J.A. "Performing Environmental Audits An Engineer's Guide". En Chemical Engineering/ February 1994, Pag. 104 - 113.
28. Oliver, T y Kostecki, P. "State-by-state summary of cleanup standards". En Soil, December 1992, Pag. 14 - 28.
29. Petroleum Industry Training Service, Environmental Auditing in the Petroleum Industry, November, 1992.
30. Petroleos Mexicanos, Executive co-ordinator's office for the development of petroleum zones, "Environmental auditing in Petroleos Mexicanos". En UNEP Industry and Environment, October/ November/ December 1988, Pag. 6 - 8.
31. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, Términos de referencia para la realización de auditorías ambientales, Revisión 2, Noviembre 1994.
32. Radian Corporation. Comparisons and Contrasts in U.S. and Mexican Air Pollution Regulatory Standard. Draft Report, USEPA Contract No. 68-D3-0033, September 15, 1994.
33. Rascón, Ch., Octavio. Introducción a la estadística descriptiva, Vol. I y II, Textos programados, UNAM, 1977.
34. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Reglamento para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos. Diario Oficial de la Federación 7 de abril de 1993.
35. Secretaría de Desarrollo Social. Norma oficial mexicana NOM-052-ECOL-193, 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. Diario Oficial de la Federación 22 de octubre de 1993.
36. Soto V., Federico. Estudio de los factores a considerar en el manejo, tratamiento y confinamiento de los residuos industriales peligrosos. Tesis profesional de la Universidad La Salle, México, Febrero 1995.

37. Schlickman, A., McMahon, T., Van Riel, N., and Sidley & Austin, International Environmental Law and Regulation, Butterworth Legal Publishers, 1991.

38. Specialty Technical Publishers, Inc. Site auditing: Environmental Assessment of Property. North Vancouver, B.C., Canada, 1994.

39. Triegel, E.K. "Sampling variability in soils and solid wastes". Principles of environmental sampling, Chapter 27. Keith, L.H. Editor, ACS Professional Reference Book, 1988. Pag. 385-394.

40. USEPA, "Trace Element Content of Soils". Hazardous Waste Land Treatment, SW-874, April 1983.

41. USEPA, 40 Code of Federal Regulations, Parts: 260-266, 268, 270-271, 280, 761 and 124.

42. USEPA, Verification of PCB spill cleanup by sampling and analysis, EPA-560/5-85-926, August 1985. Pag. 9-42.

ANEXO 1. CONCENTRACIONES NATURALES DE VARIOS ELEMENTOS EN SUELO

(FUENTE: Dragun, J. Elements List. The Soil Chemistry of Hazardous Materials. U.S.A., 1988)

Elemento	Concentraciones (mg/kg)	Límites (mg/kg)
Ag	0.1 - 5.0	0.1 - 50
Al	10,000 - 300,000	---
As	1.0 - 40	0.1 - 500
B	2.0 - 130	0.1 - 3,000
Ba	100 - 3,500	10 - 10,000
Be	0.1 - 40	0.1 - 100
Br	1.0 - 10	---
Ca	100 - 400,000	---
Cd	0.01 - 7.0	0.01 - 45
Ce	30 - 50	---
Cl	10 - 100	---
Co	1.0 - 40	0.01 - 500
Cr	5.0 - 3,000	0.5 - 10,000
Cs	0.3 - 25	---
Cu	2.0 - 100	0.1 - 14,000
F	30 - 300	---
Fe	7,000 - 550,000	---
Ge	0.4 - 300	---
Ge	1.0 - 50	---
Hg	0.01 - 0.08	---
I	0.1 - 40	---
K	400 - 30,000	---
La	1.0 - 5,000	---
Li	7.0 - 200	1.0 - 3,000
Mg	600 - 6,000	---

Concentration (ppm)		
Element	Analysis Data	Upper Limit
Mn	100 - 4,000	1.0 - 70,000
Mo	0.2 - 5.0	0.1 - 400
Na	750 - 7,500	400 - 30,000
Ni	5.0 - 1,000	0.5 - 6,200
P	50 - 5,000	---
Pb	2.0 - 200	0.1 - 3,000
Ra	$10^{45} - 10^{57}$	---
Rb	20 - 600	3.0 - 3,000
S	30 - 10,000	---
Sb	0.6 - 10	---
Sc	10 - 25	---
Se	0.1 - 2.0	0.01 - 400
Si	230,000 - 350,000	---
Sn	2.0 - 200	0.1 - 700
Sr	50 - 1,000	10 - 5,000
Th	0.1 - 12	---
Ti	1,000 - 10,000	400 - >10,000
U	0.9 - 9.0	<250
V	20 - 500	1.0 - 1,000
Y	10 - 500	---
Zn	10 - 300	3.0 - 10,000
Zr	60 - 2,000	10 - 8,000

ANEXO 2. CRITERIOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN EN SUELO

(Fuente: Floss, R. y Hellerer, H.O. Untersuchungen bei Verdacht auf Kontaminierten Baugrund.
15. Mittechnisches Seminar. Sanierung Kontaminierten Böden. Berichte aus Wasser- und
Abfallwirtschaft, Technische Universität München No. 108, 1991)

Valores indicativos A- Valor de referencia

B- Valor de prueba (más cercano) por analizar

C- Valor de prueba por analizar para restaurar

* = Valor de referencia de calidad del suelo

d = Límite de la determinación

		A		B		C	
I. Metales							
Cr	*	250	800	*	50	200	
Co	20	50	300	20	50	200	
Ni	*	100	500	*	50	200	
Cu	*	100	500	*	50	200	
Zn	*	500	3,000	*	200	800	
As	*	30	50	*	30	100	
Mo	10	40	200	5	20	100	
Cd	*	5	20	*	2.5	10	
Sn	20	50	300	10	30	150	
Ba	200	400	2,000	50	100	500	
Hg	*	2	10	*	0.5	2	
Pb	*	150	600	*	50	200	
II. Combinación inorgánica							
NH ₄ (como N)	---	---	---	*	1,000	3,000	
F (total)	*	400	2,000	*	1,200	4,000	
CN (total-libre)	1	10	100	5	30	100	
CN (total-complejado)	5	50	500	10	50	200	
S (total-sulfato)	2	20	200	10	100	300	
Br (total)	20	50	300	*	500	2,000	
PO ₄ (como fósforo)	---	---	---	*	200	700	
III. Combinaciones aromáticas							
Benzol	0.05 (d)	0.5	5	0.2 (d)	1	5	
Etil-benzol	0.05 (d)	5	50	0.2 (d)	20	60	
Toluenol	0.05 (d)	3	30	0.2 (d)	15	50	
Xilol	0.05 (d)	5	50	0.2 (d)	20	60	
Fenol	0.05 (d)	1	10	0.2 (d)	15	50	
Aromáticos (total)	---	7	70	---	30	100	

Adaptado de:	Suelo (mg/Kg peso seco)			Agua Subterránea (µg/L)		
	A	B	C	A	B	C
IV. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)						
Naftalina	•	5	50	0.2 (d)	7	30
Fenantreno	•	10	100	0.005 (d)	2	10
Antraceno	•	10	100	0.005 (d)	2	10
Fluorantreno	•	10	100	0.005 (d)	1	5
Criseno	•	5	50	0.005 (d)	0.5	2
Benzo(a)antraceno	•	5	50	0.005 (d)	0.5	2
Benzo(a)pireno	•	1	10	0.005 (d)	0.2	1
Benzo(k)fluorantreno	•	5	50	0.005 (d)	0.5	2
Indeno (1,2,3 cd) pireno	•	5	50	0.005 (d)	0.5	2
Benzo (ghi)pireno	•	10	100	---	1	5
HAP (total)	1	20	200	---	10	40
V. Hidrocarburos clorados (HC)						
HC alifático (individual)	•	5	50	0.01 (d)	10	50
HC alifático (total)	---	7	70	---	15	70
Clorobenzol (individual)	•	1	10	0.01 (d)	0.5	2
Clorobenzol (total)	---	2	20	---	1	5
Clorofenol (individual)	•	0.5	5	0.01 (d)	0.3	1.5
Clorofenol (total)	---	1	10	---	0.5	2
HC policíclico (total)	•	1	10	---	0.2	1
Bifenilo policlorado	•	1	10	0.01 (d)	0.2	1
PCB (total)	•	1	10	---	0.2	1
Clorado orgánico adicional (total)	0.1	5	50	1	15	70
VI. Pesticidas						
Pesticidas clorados orgánicos (individual)	•	0.5	5	1/0.01 (d)	0.2	1
Pesticidas clorados orgánicos (total)	---	1	10	---	0.5	2
Pesticidas no clorados (individual)	•	1	10	1/0.01 (d)	0.5	2
Pesticidas no clorados (total)	---	2	20	---	1	5
VII. Otros contaminantes						
Tetrahidrofurano	0.1	4	40	0.5	20	60
Piridina	0.1	2	20	0.5	10	30
Tetrahidrotiofeno	0.1	5	50	0.5	20	60
Ciclohexano	0.1	5	50	0.5	15	50
Estirol	0.1	5	50	0.5	20	60
Fenol (total)	0.1	50	500	0.5	10	50
HAP oxidados (total)	1	200	2,000	0.2	100	400
Aceite mineral	•	1,000	5,000	50 (d)	200	600

ANEXO 3. CONTENIDO DE RASTROS DE ELEMENTOS EN SUELOS

(Fuente: USEPA, "Trace Element Content of Soils". Hazardous Waste Land Treatment, SW-874, April, 1983)

Elemento	Unidad (ppm)	Propósito	Elemento	Unidad (ppm)	Propósito
Ag	0.01-5	0.05	Li	5-200	20
Al	10,000-300,000	71,000	Mg	600-6,000	5,000
As	1-50	5	Mn	20-3,000	600
Au	---	<1	Mo	0.2-5	2
B	2-100	10	Ni	5-500	40
Ba	100-3,000	430	Pb	2-200	10
Be	0.1-40	6	Ra	6 x 10 ⁻⁵	---
Br	1-10	5	Rb	50-500	10
Cd	0.01-0.7	0.06	Sb	2-10	---
Cl	20-800	100	Se	0.1-2	0.3
Co	1-40	8	Sn	2-200	10
Cr	1-1,000	100	Sr	50-1,000	200
Cs	0.3-25	6	U	0.9-9	1
Cu	2-100	30	V	20-500	100
F	10-4,000	200	W	---	1
Ga	0.4-300	30	Y	25-250	50
Hg	0.01-0.3	0.03	Zn	10-300	50
I	0.1-40	5	Zr	60-2,000	300
La	1-5,000	30			