



01177¹⁹31.

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**ACEITES GASTADOS: ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA
EN LA BÚSQUEDA DE UNA GESTIÓN ADECUADA**

TESIS PRESENTADA POR:

I. Q. RUBÉN DARÍO RIVERA BALBOA

PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN INGENIERÍA
(AMBIENTAL)**

DIRIGIDA POR:

DRA. GEORGINA FERNÁNDEZ VILLAGÓMEZ

Ciudad Universitaria, Febrero de 1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

RESUMEN

El proceso de modernización del país generó una concentración de la actividad industrial en las ciudades, que a su vez produjo una demanda creciente para el transporte de materias primas, productos terminados y personas. El impulso brindado al empleo de vehículos de combustión interna y el crecimiento de la planta productiva ocasionan un aumento en el consumo de aceites lubricantes y de otros tipos de aceites, agravándose los problemas relativos al manejo y disposición de los residuos generados a partir de éstos.

El consumo de aceites terminados en 1992 fue de 689 700 m³; del cual se estima un volumen producido de aceites gastados de 371 555 m³, en donde aproximadamente el 77% es aportado por los diferentes medios de transporte y el porcentaje restante corresponde principalmente a la industria. Tradicionalmente los aceites gastados se han vertido o dispuesto clandestinamente en terrenos baldíos, drenajes y cuerpos de agua, hecho que se confirma al conocerse exclusivamente el destino de aproximadamente 8.3% del total de aceites gastados. El manejo inadecuado que actualmente reciben los aceites gastados se ve estimulado por una insuficiente y subutilizada infraestructura de manejo, a la que se añaden carencias dentro de la legislación ambiental que limitan el desarrollo de mercados.

En el presente trabajo se desarrollan los aspectos más importantes para la elaboración de una normatividad específica para la regulación de las actividades de generación y manejo de aceites gastados, y un sistema de depósito-reembolso que permitan asignar los costos que involucra el manejo de los aceites gastados a quienes los producen.

RESUMEN.	I
CONTENIDO.	II
INTRODUCCIÓN.	1
1 GENERALIDADES SOBRE ACEITES.	3
1.1 ACEITES BÁSICOS.	3
1.1.1 Aceites básicos derivados del petróleo.	3
1.1.2 Aceites sintéticos.	6
1.2 ADITIVOS.	8
1.3 ELABORACIÓN DE LUBRICANTES Y OTROS ACEITES.	8
2 CLASIFICACIÓN DE LUBRICANTES Y OTROS ACEITES, TERMINADOS. ..	11
2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS ACEITES TERMINADOS.	11
2.1.1 Aceites para transporte.	11
2.1.2 Aceites industriales.	11
2.1.3 Aceites de proceso.	14
2.1.4 Otros aceites.	14
2.1.5 Grasas.	15
2.2 CLASIFICACIÓN COMERCIAL DE ACEITES Y LUBRICANTES.	15
2.2.1 Clasificación de aceites para transporte.	15
2.2.2 Clasificación de lubricantes y otros aceites, industriales.	17
3 MERCADO DE ACEITES EN MÉXICO.	18
3.1 PRODUCCIÓN DE ACEITES BÁSICOS.	18
3.2 OFERTA DE ACEITES BÁSICOS.	18
3.3 DEMANDA DE ACEITES BÁSICOS.	19
3.4 OFERTA DE ADITIVOS.	19
3.5 DEMANDA DE ADITIVOS.	20
3.6 CONSUMO APARENTE DE ADITIVOS.	20
3.7 OFERTA NACIONAL DE ACEITES TERMINADOS.	21
3.8 DEMANDA DE LUBRICANTES Y OTROS ACEITES, TERMINADOS.	21
3.9 CONSUMO APARENTE DE LUBRICANTES Y OTROS ACEITES TERMINADOS.	22
4 ACEITES GASTADOS.	24
4.1 DETERIORO DE LOS ACEITES.	24
4.2 CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS DE ACEITES.	25
4.2.1 Características del aceite gastado.	26
4.2.2 Características de los aceites no gastados.	28
4.2.3 Generación de aceites gastados.	29

4.3 TECNOLOGÍAS PARA EL RECICLAJE DE LOS ACEITES GASTADOS.	29
4.3.1 Tecnologías de reproceso de aceites.	31
4.3.2 Tecnologías de re-refinación de aceites gastados.	31
5 GENERACIÓN Y MANEJO DE ACEITES GASTADOS EN MÉXICO.	36
5.1 GENERACIÓN DE ACEITES GASTADOS EN MÉXICO.	36
5.1.1 Generadores de aceites gastados.	36
5.2 MANEJO DE LOS ACEITES GASTADOS EN MÉXICO.	40
5.3 EMPRESAS DE SERVICIOS DE MANEJO PARA ACEITES GASTADOS.	42
5.3.1 Tecnologías aplicadas para el reciclaje de los aceites gastados.	44
5.3.1.1 <i>Elaboración de combustibles alternos.</i>	44
5.3.1.2 <i>Tecnologías de re-refinación y regeneración.</i>	47
a) <i>Proceso Phillips.</i>	47
b) <i>Proceso ácido-arcilla.</i>	49
6 LEGISLACIÓN MEXICANA Y NORTEAMERICANA SOBRE ACEITES GASTADOS.	50
6.1 LEGISLACIÓN MEXICANA.	50
6.1.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.	50
6.1.2 Ley General de Salud.	53
6.1.3 Ley Federal de Metrología y Normalización.	54
6.1.4 Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.	54
6.1.5 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos.	55
6.1.6 Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos.	57
6.1.7 Normatividad.	58
6.1.8 Manifiestos y reportes de generación y manejo.	58
6.2 LEGISLACIÓN NORTEAMERICANA SOBRE ACEITES GASTADOS.	59
6.2.1 Cronología de la legislación referente a los aceites gastados.	59
6.2.2 Regulación específica para aceite usado.	61
6.2.3 Manejadores de aceite usado.	61
7 ASPECTOS IMPORTANTES PARA LA GESTIÓN DE ACEITES GASTADOS.	64
7.1 POLÍTICA AMBIENTAL.	64
7.2 DESARROLLO DE LA LEGISLACIÓN ESPECÍFICA PARA LA GENERACIÓN Y MANEJO DE ACEITES GASTADOS.	65

7.2.1	Definición de aceite gastado.	65
7.2.2	Destino.	67
7.2.3	Generador de aceites gastados.	68
	7.2.3.1 <i>Obligaciones de los generadores de aceites</i> <i>gastados.</i>	68
7.2.4	Recolección.	70
7.2.5	Centros de acopio de aceites gastados.	71
7.2.6	Almacenamiento.	72
7.2.7	Transportista.	77
7.2.8	Tratamiento de aceites gastados.	79
7.2.9	Incineración.	80
	7.2.9.1 <i>Condiciones para el empleo de aceites gastados</i> <i>como combustibles.</i>	81
	7.2.9.2 <i>Cenizas.</i>	82
7.2.10	Disposición.	83
	7.2.10.1 <i>Disposición final.</i>	85
7.2.11	Residuos que contengan aceites gastados.	86
7.2.12	Notificación de derrame.	86
7.2.13	Requisitos generales de manejo.	87
7.3	APLICACIÓN DE INSTRUMENTOS ECONÓMICOS.	88
7.3.1	Impuestos.	90
7.3.2	Subsidios o subvenciones.	91
7.3.3	Derechos.	91
7.3.4	Sistema de depósito-reembolso.	92
	7.3.4.1 <i>Monto del depósito.</i>	92
	7.3.4.2 <i>Monto del reembolso.</i>	94
7.4	PROGRAMA LOCAL DE RECICLAJE DE ACEITES GASTADOS.	95
7.5	MINIMIZACIÓN EN LA GENERACIÓN DE ACEITES GASTADOS.	96
	7.5.1 Programa de minimización de aceites gastados en talleres de mantenimiento.	96
	7.5.1.1 <i>Opciones para minimización.</i>	97
	7.5.2 Minimización en la generación de aceites de empleo industrial.	98
8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	100
APENDICE A: DETERMINACION DEL FACTOR DE GENERACION DE		
	ACEITES GASTADOS	103
A.1	Variables importantes en la determinación del factor de generación	103
A.2	Factores de consumo y generación de aceites gastados para automóviles de uso particular.	103
A.3	Factores de consumo y generación de aceite gastado para automóviles de transporte de pasajeros	106

APENDICE B: NORMAS OFICIALES MEXICANAS	108
B.1 Normas Oficiales Mexicanas sobre Residuos Peligrosos.	108
B.2 Normas Oficiales Mexicanas para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos.	108
B.3 Normas Oficiales Mexicanas a ser publicadas como proyecto de Norma Oficial Mexicana en el DOF.	111
B.4 Anteproyectos de Normas Oficiales Mexicanas.	111
B.5 Anteproyectos de Norma Oficial Mexicana programada para su elaboración.	111
B.6 Otras Normas Oficiales Mexicanas.	112
B.7 Manifiestos y reportes de generación y manejo de residuos peligrosos.	113
BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS	114

INTRODUCCIÓN

Bajo el término **aceite** se incluye una gran variedad de sustancias de muy diversa constitución química, que van desde hidrocarburos de origen mineral hasta glicéridos de origen vegetal y animal. Los **aceites** son sustancias de uso extendido en la industria, donde se emplean ya sea cumpliendo funciones de lubricación, transferencia de calor transferencia de energía o como materia prima para la elaboración de productos; en los hogares se emplean de manera cotidiana en diferentes aparatos de uso doméstico, y como lubricante en vehículos.

La Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993 incluye dentro de las listas de residuos peligrosos distintos tipos de **aceites gastados**, por lo cual estos residuos deberán manejarse de acuerdo a lo establecido en la legislación ambiental para residuos peligrosos. Sin embargo, tradicionalmente los generadores han vertido o depositado en forma clandestina **aceites gastados** (y otros residuos peligrosos) en terrenos baldíos, en tiraderos o rellenos sanitarios mezclados con residuos sólidos, en drenajes, o directamente a cuerpos de agua; estas prácticas de disposición las realizan principalmente aquellas personas que cambian el **aceite lubricante** de sus automóviles, talleres de mantenimiento automotriz y por la industria.

El presente trabajo tiene como objetivos:

- Establecer las particularidades que presentan los **aceites lubricantes** y, la generación y el manejo de los **aceites gastados**.
- Desarrollar los aspectos más importantes a considerarse en la elaboración de una normatividad específica para regular la generación y el manejo de los **aceites gastados**, así como para la aplicación y de instrumentos económicos complementarios para lograr una gestión adecuada de estos residuos.

Con estos propósitos, el contenido se organiza de la manera siguiente:

El capítulo primero trata sobre el origen y las características de los **aceites básicos**, y de los compuestos empleados para reforzar las propiedades naturales de éstos.

El capítulo segundo contiene una clasificación de los **aceites terminados** de acuerdo a su aplicación o destino final, así como clasificaciones de tipo comercial.

El capítulo tercero presenta datos referentes a la producción nacional, oferta, demanda y consumo, de **aceites básicos**, **aditivos** y **aceites terminados**.

En el capítulo cuarto se ofrece una clasificación de los residuos de aceite, las características que presentan los aceites gastados, los coeficientes que permiten estimar a partir del consumo de aceites terminados el volumen de aceite gastado generado, y las principales tecnologías existentes a nivel internacional para el reciclaje de aceites gastados.

El capítulo quinto se refiere a la generación de aceites gastados en México, donde se identifican los principales generadores, el destino que de manera oficial se reporta para los aceites gastados, así como las empresas autorizadas para prestar servicios de manejo y las tecnologías disponibles en el país para el reciclaje de éstos.

En el capítulo sexto se ofrece una descripción del marco legal donde se inscriben las actividades de generación y manejo de aceites gastados en México y, el correspondiente a los Estados Unidos de América.

En el capítulo séptimo se establecen los aspectos más importantes para el desarrollo de una normatividad específica que regule las actividades de generación y manejo de aceites gastados, y de instrumentos económicos.

El capítulo octavo, corresponde a las conclusiones.

Por último, el apéndice A contiene como parte complementaria al trabajo el procedimiento de cálculo utilizado para la obtención de factores de generación de aceites gastados y de consumo de aceite lubricante; y el apéndice B ofrece una lista de Normas Oficiales Mexicanas relacionadas con el manejo de los aceites gastados.

CAPITULO 1

GENERALIDADES SOBRE ACEITES

Los aceites son productos de uso cotidiano en la industria y los hogares. La industria los emplea en gran variedad de equipos, maquinaria y procesos para cumplir las funciones de lubricación, transferencia de calor y energía, aislamiento eléctrico y como materia prima; en los hogares su presencia es más limitada empleándose principalmente en vehículos automotrices y pequeños equipos como son: gatos hidráulicos, compresores, podadoras, acondicionadores de aire, calefactores, etcétera. Para satisfacer estas funciones los aceites requieren de propiedades específicas que se obtienen al mezclar dos componentes fundamentales: aceites básicos y aditivos.

1.1 ACEITES BÁSICOS

Los aceites básicos se clasifican de acuerdo a su origen en aceites básicos derivados del petróleo y aceites básicos sintéticos, los primeros son una mezcla compleja de hidrocarburos presentes en el petróleo crudo y otros compuestos formados durante las operaciones de refinación, los segundos son sustancias cuya estructura molecular es diseñada y determinada por el hombre, y con propiedades previsibles.

1.1.1 Aceites básicos derivados del petróleo

El petróleo crudo está constituido por compuestos de carbono e hidrógeno principalmente, e incluye en porcentajes menores oxígeno, nitrógeno, azufre y diversos metales. El petróleo crudo se constituye por series de hidrocarburos de las cuales las más importantes y estudiadas son: hidrocarburos parafínicos, hidrocarburos nafténicos, hidrocarburos olefínicos e hidrocarburos aromáticos (Benloch, 1990).

Los hidrocarburos parafínicos son compuestos orgánicos saturados de cadena no cíclica, los cuales, dependiendo de su peso molecular varían desde gases y líquidos inflamables, hasta aceites viscosos y sólidos de consistencia cerosa; aquellos formados por uno a cuatro átomos de carbono son gaseosos, de 5 a 17 átomos de carbono son líquidos, y los miembros mayores de la serie son sólidos. Los hidrocarburos parafínicos presentes en los aceites lubricantes se encuentran principalmente formando parte de moléculas complejas que incluyen otras estructuras, la existencia de largas cadenas laterales en estas estructuras se estima dan lugar a lubricantes estables a la oxidación, por lo que los llamados aceites parafínicos representan una buena materia prima para la fabricación de lubricantes (Benloch, 1990).

Los hidrocarburos nafténicos poseen una fórmula simplificada igual a la serie olefínica, pero con propiedades diferentes debido a que son compuestos cíclicos saturados (cicloalcanos), en tanto que las olefinas son de cadena abierta o cíclica y no saturada. Los naftenos contenidos en las fracciones utilizadas para la elaboración de lubricantes presentan características particularmente útiles como es el bajo índice de viscosidad y bajo punto de congelación.

Los hidrocarburos olefínicos son alquenos de cadena abierta o cíclica que contienen uno o más enlaces dobles carbono-carbono. Las olefinas de bajo punto de ebullición no están presentes en el petróleo crudo, pero se forman durante la destilación, aquellas que poseen un doble enlace carbono-carbono pueden utilizarse en la elaboración de gasolinas, en cambio las que presentan dos enlaces dobles carbono-carbono (diolefinas) dan lugar a reacciones que causan la formación de gomas, por lo cual deben eliminarse o evitar que se produzcan estas reacciones mediante el empleo de aditivos adecuados.

Los hidrocarburos aromáticos poseen un anillo aromático sustituido o sistemas aromáticos fusionados, como el naftaleno y el antraceno.

Otras series cíclicas de fórmula tipo:



son poco conocidas; sin embargo, parece ser que predominan en los productos obtenidos del petróleo crudo de mayores puntos de ebullición y en las bases para obtener aceites básicos.

Los aceites básicos derivados del petróleo representan casi la totalidad de los aceites básicos producidos en el mundo, los materiales apropiados para la producción de estos aceites básicos son hidrocarburos que contienen de 25 a 35 o aún 40 átomos de carbono por cada molécula, éstas se obtienen por medio de la refinación de las fracciones residuales o viscosas obtenidas en el proceso de destilación primaria del petróleo crudo. Las operaciones necesarias para la obtención de aceites básicos se sintetizan en la tabla 1.1 (Wills, 1980).

Tabla 1.1 Operaciones para la obtención de aceites básicos derivados del petróleo

Operación	Descripción
Destilación primaria	El petróleo crudo previamente calentado en hornos se alimenta a una torre de destilación, obteniéndose por el domo hidrocarburos de peso molecular inferior a 90 una, por medio de extracciones laterales hidrocarburos de peso molecular mayor (gasolinas, diesel y gasóleo pesado) y, por el fondo un residuo primario que contiene los hidrocarburos que no fueron vaporizados a las condiciones de operación.
Destilación al vacío	El residuo primario es alimentado a una torre sometida a vacío de donde se obtiene la materia base para la elaboración de aceites básicos, además de gasóleo por el domo y un residuo en el fondo.
Desasfaltado mediante propano	El residuo o producto de fondo de la torre de destilación al vacío contiene compuestos no presentes en los otros productos de destilación: resinas y asfaltenos. El desasfaltado consiste en remover estos materiales utilizando como disolvente propano o una mezcla de propano-butano y disolver los compuestos químicamente similares a los destilados para aceite lubricante, pero con mayor punto de ebullición, separando así casi la totalidad de resinas y asfaltenos.
Extracción con furfural	Consiste en mezclar con furfural el aceite producto del desasfaltado disolviendo los compuestos aromáticos y separando así los compuestos no aromáticos. Los residuos del refinado se remueven por el domo de la columna y el extracto de furfural lo es por el fondo; ambas soluciones pasan a sus respectivos a sistemas de recuperación de solvente para posteriormente enviarse los productos al proceso siguiente.
Desparafinado	El aceite se mezcla con etil-metil cetona y tolueno con el propósito de disolver el aceite y los cristales de parafina, posteriormente mediante enfriamiento se hace precipitar a los cristales de parafina de cadena lineal y alto peso molecular, en tanto que el aceite permanece disuelto en el tolueno. Por último, mediante filtración se separan los cristales de la solución para enviarse ambas corrientes a la sección de recuperación de solventes.
Tratamiento con hidrógeno	En tratamiento consiste en hacer pasar el aceite mezclado con hidrógeno a través de un lecho de catalisis, de esta manera se hace reaccionar al hidrógeno con las impurezas de azufre, nitrógeno y oxígeno, cambiando ligeramente las estructuras de las sustancias coloridas y de los componentes inestables del aceite. Este tratamiento puede ser la operación final en el refinamiento de los aceites o intercalarse con la extracción con furfural o el desparafinado.
Tratamiento con arcillas	El tratamiento con arcillas es un proceso alternativo, aunque también puede ser complementario al tratamiento con hidrógeno. En este proceso las moléculas coloridas e inestables se eliminan del aceite al ser adsorbidas por partículas finas de arcilla. El tratamiento consiste en mezclar las arcillas con el aceite a temperatura elevada y, posteriormente la mezcla se filtra haciéndola pasar a través de un lecho de arcillas más gruesas. Cuando el lecho está saturado se lava y las partículas de arcilla pueden regenerarse mediante la quema del material adsorbido.

Fuente: Los lubricantes: características, propiedades y aplicaciones; José Benítez, España 1998. The Chemistry of Petroleum; James G. Speight, USA 1991

1.1.2 Aceites sintéticos

Los aceites sintéticos son compuestos preparados mediante síntesis química a partir de dos o más compuestos orgánicos, generalmente de composición simple. La producción de aceites sintéticos inició con la utilización de compuestos obtenidos a partir del petróleo, estos compuestos base de bajo peso molecular se combinan químicamente para obtener un compuesto con la viscosidad adecuada para su empleo como lubricante o algún otro fin. También es posible obtener aceites básicos sintéticos a partir de aceites animales o vegetales; sin embargo, no se consideran aceites sintéticos a menos que sean modificados químicamente (Wills, 1980).

La primera ventaja que ofrecen los aceites sintéticos es un extenso intervalo de temperaturas de servicio; además, poseen una fluidez excepcional a muy bajas temperaturas y una gran estabilidad a muy altas temperaturas, en general en un intervalo aproximado de -60 a 330 grados centígrados. Una forma de clasificar a los aceites sintéticos es de acuerdo a su estructura química, obteniéndose así: hidrocarburos sintéticos, ésteres orgánicos, poliglicoles y ésteres fosfatados. La tabla 1.2 contiene de manera resumida las propiedades y el empleo de estos aceites.

Existen otros fluidos sintéticos de uso preferentemente industrial éstos son: siliconas, ésteres silicatos, ésteres polifenilos y fluidos halogenados (Wills, 1980; SEMIP, 1994).

Las siliconas poseen una estructura de tipo polimérica en la cual los carbonos han sido sustituidos de la columna de la estructura por el silicio. Las siliconas presentan altos índices de viscosidad, puntos de escurrimiento bajos, buena fluidez a baja temperatura, son químicamente inertes, no tóxicos, resistentes al fuego, repelen el agua, tienen baja volatilidad, presentan una compresibilidad mayor a la de los aceites minerales, buena estabilidad térmica y a la oxidación a temperatura elevada; pero tienen la desventaja de que sus productos de oxidación pueden ser abrasivos, y debido a su baja tensión superficial no se adhieren satisfactoriamente a las superficies metálicas. Las siliconas se emplean como fluidos hidráulicos en aplicaciones especiales, en la elaboración de grasas y en fluidos para frenos hidráulicos (Wills, 1980).

Los ésteres silicatos poseen una estabilidad térmica excelente y con una adecuada aditivación muestran una buena estabilidad a la oxidación, presentan excelentes características viscosidad-temperatura, buenas propiedades lubricantes pero una pobre resistencia a la hidrólisis. Estos aceites se utilizan en pequeñas cantidades como fluidos para la transferencia de calor y como refrigerante dieléctrico.

Los ésteres polifenilos presentan excelentes propiedades a temperaturas altas, una notable resistencia a la radiación y excelente resistencia a la oxidación a temperaturas elevadas, por lo que son utilizados para la transferencia de calor, lubricante para bombas de vacío, y como componente de grasas resistentes a la radiación.

Tabla 1.2 Aceites sintéticos de empleo comercial

Aceite sintético	Propiedades	Empleo
<p>Hidrocarburos sintéticos</p> <p>a) Oligómeros olefinicos</p> <p>b) Aromáticos alquilados</p> <p>c) Polibutenos</p> <p>d) Cicloalifáticos</p>	<p>Poseen alto índice de viscosidad, bajo punto de escurrimiento, excelente fluidez a baja temperatura, excelente estabilidad al cizallamiento y a la hidrólisis.</p> <p>Presentan una excelente fluidez a baja temperatura, bajos puntos de escurrimiento, son estables a la oxidación y a la hidrólisis.</p> <p>Poseen propiedades favorables para la lubricación y pueden elaborarse para obtener excelentes propiedades dieléctricas.</p> <p>Poseen altos coeficientes de adhesión y previenen el soldado y la transferencia de metal entre superficies en contacto.</p>	<p>Como lubricantes automotrices combinados con ésteres orgánicos; en la industria combinados con ésteres orgánicos como fluidos básicos; pueden formularse como fluidos hidráulicos, aceites de refrigeración y termofluidos.</p> <p>En aceites de motor, engranajes, hidráulicos y grasas para bajas temperaturas. En la industria como lubricantes en turbinas de gas, compresores de aire y compresores de refrigeración.</p> <p>En líneas subterráneas de conducción de alto voltaje, en capacitores; en el laminado, estirado y extrusión del aluminio; como lubricantes en compresores de gas; como vehículo de lubricantes sólidos.</p> <p>En transmisores de velocidad variable y para evitar el deslizamiento de los elementos durante las operaciones de laminado</p>
<p>Ésteres orgánicos</p> <p>a) Ésteres ácidos dibásicos (diésteres)</p> <p>b) Ésteres polioles</p>	<p>Excelente fluidez a bajas temperaturas, bajos puntos de escurrimiento, buenas propiedades lubricantes y, buena estabilidad térmica y a la oxidación.</p> <p>Mayor estabilidad que los diésteres a las altas temperaturas, índice de viscosidad menor y las demás propiedades son similares.</p>	<p>Como aceite básico; en la elaboración de aceite para aviones a propulsión a chorro, en aceites de motor; como lubricante en compresores de aire.</p> <p>En aceites para motor de propulsión a chorro, en turbinas de gas e industriales con máquinas de propulsión a chorro; como aceites básicos de motor y compresores de aire.</p>
<p>Poliglicoles</p>	<p>Son incompatibles con aceites minerales o con los aditivos utilizados para éstos; a temperaturas elevadas y condiciones oxidantes se descomponen completamente en productos volátiles.</p>	<p>En fluidos para frenos hidráulicos, lubricantes para maquinado de metales, fluidos para transferencia de calor y en fluidos hidráulicos industriales.</p>
<p>Ésteres fosfatados</p>	<p>Resistencia al fuego superior a la de los aceites minerales, buenas propiedades lubricantes, pobres características de la relación viscosidad-temperatura, puntos de escurrimiento bajos, de pobre a buena compatibilidad con aceites minerales y productos de descomposición corrosivos.</p>	<p>Fluidos hidráulicos de aeronautes comerciales, en sistemas de control electro-hidráulicos de turbinas de vapor y, sistemas hidráulicos industriales.</p>

Fuente: Los lubricantes: características, propiedades y aplicaciones; José Benloch, España 1990. Lubrication fundamentals; George Wills, USA 1980

Los fluidos halogenados son hidrocarburos u otros compuestos orgánicos que tienen como sustituyente del hidrógeno átomos de cloro y/o flúor. Estos compuestos son químicamente inertes, no inflamables, de volatilidad que llega a ser muy baja y, algunos presentan una excelente estabilidad térmica y a la oxidación. Algunos hidrocarburos halogenados se emplean solos o en combinación con ésteres fosfatados, como fluidos hidráulicos resistentes al fuego; otros fluidos halogenados se emplean en la lubricación de compresores para oxígeno, como lubricante para bombas de vacío que manejarán materiales corrosivos, como lubricantes resistentes a solventes, y otras aplicaciones donde se manejen materiales altamente corrosivos o reactivos.

1.2 ADITIVOS

Las condiciones de trabajo a que está sometido un aceite, ya sea lubricante o de otro tipo, hace necesario reforzar las propiedades naturales de los aceites básicos. Los aditivos son compuestos químicos destinados a mejorar las propiedades de desempeño de un aceite, mejorando sus propiedades o confiriéndole otras; los aditivos incorporados para este fin varían desde partes por millón hasta un 30 % o más en algunos lubricantes (Wills, 1980; Benloch, 1990; Speight, 1991).

Los aditivos se selecciona en primer lugar buscando sean solubles en el aceite básico a utilizar. Puesto que el aditivo se comporta de diferente manera según sea el aceite básico, cuando se mezclan dos o más aditivos deben tomarse en cuenta el comportamiento de los diferentes aditivos entre sí. Los aditivos mezclados con el aceite básico son compatibles sí no forman compuestos indeseables o disminuyen o anulan los cambios deseados en las propiedades (SAE, 1990).

En la tabla 1.3 se muestran los principales tipos de aditivos empleados en la elaboración de lubricantes y otros aceites.

1.3 ELABORACIÓN DE LUBRICANTES Y OTROS ACEITES

El procedimiento para la elaboración de distintos lubricantes y otros aceites utilizados en la industria y por vehículos automotores es el siguiente:

- Los aceites básicos obtenidos de los procesos de refinación del petróleo se almacenan en la planta de mezcla.
- Se realizan mezclas de aceites básicos, dos como máximo, para obtener la viscosidad y composición requerida.

Tabla 1.3 Principales aditivos empleados en la elaboración de lubricantes y otros aceites, terminados

Aditivo	Función	Productos más empleados
Mejoradores de índice de viscosidad	Actúan logrando un espesamiento del aceite, el cual es más pronunciado a temperaturas elevadas.	Polisobutenos, copolímeros del alquil metacrilato, poliestireno expandido, copolímeros de acrilato.
Depresores del punto de congelación	Inhiben la formación de estructuras cristalinas que pueden evitar que el aceite fluya a bajas temperaturas.	Polímeros y copolímeros de metacrilato, poliacrilamida de sodio, poliestireno alquilado, fenoles alquilados, polímeros y copolímeros de alfa olefinas.
Antioxidantes	Impiden o retardan la fijación de oxígeno, interrumpiendo el mecanismo de reacción.	Ditiofosfatos de zinc, fenoles alquilados, aminas aromáticas y alquil fosfitos.
Anticorrosivos	Forman una película protectora entre las superficies metálicas, ayudando a neutralizar los ácidos formados durante el uso del aceite.	Ditiofosfatos metálicos y ditiocarbonatos metálicos especialmente de zinc, terpenos sulfurizados, sulfatos y fenolatos de bario, calcio y magnesio.
Antiherrumbre	Protegen las superficies ferrosas contra la formación de óxido; forman una película sobre las superficies metálicas para evitar que el agua entre en contacto con ellas.	Sulfonatos de sodio o calcio, urmas fosfatadas, ácidos grasos, fosfatos y ésteres.
Detergentes	Neutralizan químicamente los precursores de depósitos carbonosos formados a temperaturas elevadas.	Alquil silicatos, fosfatos, tiofosfatos; sulfonatos y fenolatos de bario, calcio o magnesio.
Dispersantes	Cubren cada partícula suspendida en el aceite con una película que repele eléctricamente a otras partículas.	Copolímeros que contienen al grupo éster y uno o más de los grupos: amida epóxica, hidroxil anhidrido y éter nitrilo; aminas y poliaminas de alto peso molecular, alquil-mucosaminas de alto peso molecular, ésteres y políesteres de alto peso molecular.
Extrema presión	Reducen la presión, controlan el desgaste y previenen el daño de superficies cuando existen condiciones de severo deslizamiento a temperaturas elevadas y cargas altas.	Ditiocarbonatos orgánicos, parafinas cloradas, dialquil ditiocarbonatos y ditiofosfatos de zinc.
Antiespumantes	Atrapan el aire que se incorpora al aceite debido al batido o mezcla, se unen a las burbujas en la espuma produciendo puntos débiles que facilitan su destrucción.	Aceite de silicona continuado por polímeros de silicosa y polimetil siloxano.
Emulsificantes	Se utilizan para maquinaria expuesta al agua. Mejoran la estabilidad de las emulsiones al disminuir la tensión interfacial del sistema y proteger a las gotas con una película interfacial.	Sulfonato de petróleo, detergentes derivados de hidrocarburos y jabones alcalinos y alcalinotérreos.
Untuosidad	Protegen a las superficies metálicas al mantenerse adheridas cuando existen fuertes cargas o presiones al deslizamiento entre sí.	Polímeros de isobutileno.

Fuente: Los Lubricantes: características, propiedades y aplicaciones; José Benlloch, España 1990. La industria de los lubricantes; SEMIP1994

- Se mejoran las características del aceite incorporando aquellos aditivos que se requieran, de acuerdo a la aplicación y fin a que se destinará el aceite terminado. La aditivación se realiza en un intervalo de temperaturas de 40 a 60 grados centígrados; sin embargo, algunas formulaciones se efectúan a temperatura ambiente (Benloch, 1990; Speight, 1991; SEMIP, 1994).

En la elaboración de lubricantes y otros tipos de aceites empleando aceites sintéticos como aceites básicos, el proceso es el mismo que cuando se usan aceites básicos derivados del petróleo, pudiendo también utilizarse uno o más aceites sintéticos o combinarse con aceites derivados del petróleo, esta última mezcla da como resultado productos semisintéticos.

Las grasas son una clase de lubricantes que por sus características físicas exigen un método de elaboración diferente. Las grasas son productos sólidos o semisólidos obtenidos por la dispersión de un agente espesante, normalmente jabón, en aceites minerales o sintéticos. El proceso de fabricación consta de cinco fases: (Vidal, 1974; Benloch, 1990; Speight, 1991)

Primera fase: saponificación

El jabón base se mezcla con aceite básico a una temperatura que varía de 80 a 200 grados centígrados de acuerdo al jabón base.

Segunda fase: cocción

Se obtiene una dispersión y el pie de grasa obtenido se seca a una temperatura de 100 a 250 grados centígrados, añadiendo durante el proceso más aceite básico, además de ajustarse la alcalinidad.

Tercera fase: enfriamiento

Se adiciona aceite básico hasta el porcentaje deseado, además de adicionar aditivos y colorantes.

Cuarta fase: desaireación

Se homogeniza la mezcla y se retira el aire contenido en la grasa mediante vacío.

Quinta fase: filtrado

El filtrado es el paso final y se realiza con filtros de malla cuyo tamaño depende del uso destinado para la grasa.

CAPITULO 2

CLASIFICACIÓN DE LOS LUBRICANTES Y OTROS ACEITES, TERMINADOS

Los aceites básicos ya sean derivados del petróleo o sintéticos se utilizan en la elaboración de productos de diferentes características, con objeto de destinarlos a un uso específico. Los productos obtenidos pueden clasificarse de diferentes maneras con el propósito de ofrecer información al interesado sobre: la constitución, la aplicación o destino, y el desempeño.

2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS ACEITES TERMINADOS

Una clasificación de los aceites terminados que tiene gran aceptación se basa en su aplicación o destino final; de acuerdo a esto los aceites pueden dividirse en cuatro grupos: transporte, industriales, de proceso y otros (Benlloch, 1990; SEMIP, 1994).

2.1.1 Aceites para transporte

Los aceites para transporte se utilizan principalmente en la lubricación, e incluyen a todos los aceites que se utilizan en equipos y vehículos para el traslado de personas, bienes, en el desarrollo de tareas agrícolas, en actividades relacionadas con la construcción, el manejo de materiales o tierra; para lo cual estos equipos y vehículos utilizan principalmente la energía generada por motores de combustión interna. Los diferentes tipos de aceites para transporte se describen en la tabla 2.1.

2.1.2 Aceites Industriales

La industria utiliza aceites que son de naturaleza, composición y propiedades más diversas que los aceites para transporte, esto se debe a que las condiciones de trabajo a que son sometidos los aceites varían dentro de un gran rango de temperaturas, presiones, esfuerzos; además, de requerirse que cumplan con otras características. La tabla 2.2 presenta los diferentes tipos de aceites industriales clasificados de acuerdo a su aplicación.

Tabla 2.1 Aceites empleados en el transporte

Tipo de aceite	Descripción
De motor	Dentro de los aceites para transporte un subgrupo es el formado por aceites lubricantes para motores de combustión interna que utilizan como combustible ya sea gasolina o diésel, en éstos el aceite se distribuye en el interior de la máquina con el fin de lubricar los anillos y cilindros de los pistones, así como el enfriar la parte inferior de los pistones, durante esta operación el aceite es drenado continuamente a un depósito llamado cárter y reutilizado hasta su cambio.
De transmisión	Otro subgrupo es el constituido por los aceites para transmisión, los cuales tienen como misión el lubricar los mecanismos utilizados para transmitir la potencia desarrollada por el motor a las ruedas que ejercen la tracción. Estos aceites están contenidos en las cajas de transmisión que pueden ser de tipo manual o automática. Los aceites para transmisión mecánica deben presentar características óptimas durante largos periodos de servicio por lo tanto, deben tener una alta estabilidad química para resistir la oxidación y el espesamiento bajo condiciones de agitación y mezclado con aire. Los aceites para transmisión automática necesitan una mayor resistencia a la presión extrema, además de otras propiedades diferentes a los requeridos a los aceites para transmisión manual.
Para engranajes	Dentro de los aceites para transmisión existen los utilizados en los diferenciales. Los diferenciales son juegos de engranajes que transfieren la potencia a las llantas y se encargan de ajustar el número de vueltas que una rueda gira con respecto a la otra colocada en el mismo eje cuando el vehículo gira hacia la derecha o izquierda, para lo cual requieren de aceites con propiedades específicas que varían de acuerdo a los diferentes tipos de engranajes.
Dos tiempos	Dentro de los motores a dos tiempos se incluyen un amplio rango de usos como son: maquinaria para construcción, motocicletas y podadoras. En la mayoría de estos equipos y vehículos con motores de dos ciclos que utilizan gasolina, el aceite se mezcla con el combustible; estos aceites poseen características similares a los lubricantes utilizados en automóviles.
Agrícolas	Los aceites para maquinaria agrícola incluyen tanto pequeños motores de dos ciclos como motores de combustión interna que utilizan gasolina o diésel como combustible, además de los requeridos para sistemas hidráulicos y de transmisión.
Ferrocarriles	Los aceites para ferrocarriles poseen características especiales que les permiten soportar altas cargas mecánicas y cambios en las condiciones de exigencia, de acuerdo a los cambios en el peso de la carga transportada y fuerzas generadas por ésta.
Marinos	Los aceites marinos son de diferentes tipos, algunos como los usados por botes pequeños y medianos, son similares a los utilizados por motores de gasolina de dimensiones similares, en cambio las embarcaciones mayores que disponen de motores diésel de gran capacidad emplean aceites de características específicas. Dentro de los aceites marinos se incluyen aceites utilizados en equipos auxiliares que poseen características diferentes a los anteriores.

Fuente: Lubrication Fundamentals, J. George Willis; USA 1980. SAE Handbook Engines, Fuels, Lubricants, Emissions and Noise; SAE, USA 1990. La industria de los lubricantes; SEMIP, México 1994

Tabla 2.2 Tipos de aceites industriales

Tipo de aceite	Características
Hidráulicos	Los aceites hidráulicos son líquidos transmisores de potencia que se utilizan para transportar, controlar y transmitir los esfuerzos mecánicos a través de una variación en la presión o flujo que presentan. Se utilizan en el cierre entre piezas móviles reduciendo fricciones y desgastes, además de lubricar y proteger contra herrumbre o corrosión a las piezas de un sistema. Los aceites hidráulicos más utilizados son: Aceites minerales hidráulicos, aceites vegetales, agua-glicol, emulsiones agua-aceite, ésteres fosfatados y fluidos de siliconas.
A toda pérdida	Se utilizan en sistemas de lubricación mista (película delgada) cuya alimentación puede ser de manera mecánica, manual o automática, a intervalos de tiempo determinados. Reciben este nombre ya que el aceite alimentado no vuelve a ser empleado.
De bancada	Se utilizan para transporte o deslizamiento de partes y componentes que incluyen a las correderas, guías y recorridos de prensas para forja y estampado; en máquinas para el trabajo de metales como tornos, molinos, opalladoras, moldeadoras, etcétera. Estos lubricantes deben poseer una viscosidad apropiada a la temperatura de operación; una alta resistencia de la película lubricante para mantenerse bajo condiciones de alta carga y una capacidad antidegastante para controlar el desgaste en condiciones extremas; una adherencia adecuada para mantener la película en condiciones de contacto con superficies no lubricadas de manera homogénea y ser resistentes al lavado.
De turbinas	Una turbina es una máquina que transforma el movimiento giratorio la presión de un fluido. Existen diferentes tipos de turbinas y éstas poseen varias partes que necesitan lubricación. Así, los diferentes tipos de aceites requeridos varían de acuerdo al uso, dimensiones, condiciones de operación y componente que requiere lubricación. Las funciones que deben satisfacer los aceites para turbinas son: lubricar los cojinetes de la turbina-generador y reductor si lo hubiere, lograr un enfriamiento eficiente de los anteriores; lubricar y transmitir los impulsos del regulador y, de los mecanismos de control; evitar la formación de herrumbre y lodos en los sistemas de lubricación.
De engranajes	Los aceites para engranajes industriales tienen como misión principal el lubricar engranajes cilíndricos, cónicos o espirales. Los aceites para este uso deben presentar una resistencia adecuada a la oxidación ya que el contacto con el aire, el batido, la agitación, la temperatura y la fricción incrementan la tasa de oxidación; también, deben poseer características para la presión extrema.
Maquinado de metales	Los principales problemas que presenta el maquinado de metales son el calor y el rozamiento generados durante la operación, por lo que los aceites empleados deben lubricar y remover el calor excesivo de manera eficaz. Los aceites de corte pueden clasificarse en dos grupos: los llamados fluidos acuosos o aceites solubles y los fluidos puros o aceites directos. Los fluidos acuosos son casi todos solubles en agua o al menos forman una emulsión con ella, pueden dividirse a su vez en: sintéticos, semisintéticos, emulsiones, emulsiones para extrema presión. Los fluidos puros o aceites directos se utilizan en operaciones de naturaleza más severas y no se encuentran mezclados con agua, pueden dividirse en: de baja presión, de media presión, aceites directos de extrema presión clorados y aceites directos de extrema presión sulfoclorados.
Compresores	En los diferentes tipos de compresores los requerimientos de lubricación varían considerablemente, no solo debido al tipo de compresor sino también con respecto al gas a comprimir. En general los gases a comprimir pueden dividirse en cuatro tipos: aire, gas inerte, hidrocarburos gaseosos y gases químicamente activos. Los aceites minerales no se recomiendan para gases químicamente activos como son el oxígeno, cloro, cloruro de hidrógeno, dióxido de azufre, sulfuro de hidrógeno y otros; tampoco se recomiendan para hidrocarburos gaseosos como son el butano, propano y etileno, ya que son miscibles en estos y su miscibilidad varía de acuerdo a la temperatura alcanzada durante la compresión. Los aceites sintéticos se utilizan en la lubricación de compresores puesto que poseen ventajas sobre los aceites minerales como son: mayor estabilidad térmica y a la oxidación, amplia gama de temperaturas de servicio, menor formación de depósitos, menor volatilidad, mayor tiempo de servicio y otras; la principal desventaja que presentan es el costo.
Textiles	Los aceites textiles poseen ciertos tipos de emulgentes con el fin de poder retirarse con mayor facilidad de los hilados y tejidos mediante un lavado simple, sin dejar mancha o rastro visible. Estos aceites preparados son superiores a los aceites minerales básicos, ya que forman una película lubricante más resistente y de gran adherencia a las superficies metálicas de las máquinas textiles. Poseen una alta estabilidad a la oxidación, brindan una protección antiherrumbre en atmósferas húmedas y no atacan a las fibras.

Fuente: Lubrication Fundamentals; George Wilts, USA 1980. Aceites de corte y aditivos industriales; Benito R. Vidal, España 1974. Los lubricantes: características, propiedades y aplicaciones; José Benlloch, España 1990. La industria de los lubricantes; SEMIP, México 1994.

2.1.3 Aceites de proceso

Los aceites de proceso son aquellos que se utilizan en menor o mayor proporción formando parte de las materias primas para la obtención de aceites blancos, resinas, tintas, hules, aditivos para combustibles, aditivos para desmoldeo, aceites para curtiduría, papel higiénico y otros productos (Speight, 1991; SEMIP, 1994).

Los aceites blancos son aceites refinados de base parafínica o nafténica; los aceites blancos de grado técnico se utilizan en la elaboración de cosméticos y, en la lubricación textil en operaciones de ensimaje y de engrase en los procesos de hilatura y tisaje. Los aceites blancos de grado farmacéutico se emplean en la elaboración de laxantes y, en la industria alimentaria y de bebidas para la lubricación de maquinaria (Speight, 1991; SEMIP, 1994).

Los aceites desencofrantes son productos de base oleosa que originan con el agua emulsiones de buena calidad, la industria de la construcción les utiliza para desencofrar prefabricados de cemento o cualquier otro elemento que se construya a base de este material, también se emplean en la industria de la cerámica para facilitar la operación de desmoldeo de las sustancias arcillosas. Los aceites aglutinantes para fundición, incluidos dentro de los aceites de proceso, sirven como material adhesivo de la tierra de fundición de los noyos y en otros usos (Vidal, 1974).

2.1.4 Otros aceites

Existen aceites cuya función no es la de lubricar ni el ser utilizados como materia prima en la elaboración de productos, y su empleo se basa en propiedades como son su capacidad para la transferencia de calor o el poseer una alta resistencia dieléctrica. Pueden incluirse en esta categoría a los aceites para lavado de circuitos y máquinas, aceites térmicos y aceites dieléctricos. Los aceites para el lavado de circuitos y maquinarias se utilizan en toda clase de conducciones de aceite, reductores de velocidad, circuitos de engrase, circuitos hidráulicos, depósitos y canalizaciones de maquinaria, sistemas de refrigeración, etcétera.

Los aceites térmicos pueden dividirse en: aceites para tratamiento térmico y para transferencia de calor. Los aceites para tratamiento térmico son utilizados en las operaciones de temple y en el revenimiento de los metales y sus aleaciones. Estos tratamientos consisten en calentar el metal hasta una determinada temperatura, enfriándolo posteriormente a una rapidez variable. Los aceites para transferencia de calor tienen por misión el transferir calor desde una fuente principal hasta un punto de utilización, su empleo tiene por objetos eliminar sobrecalentamientos locales reduciendo de esta manera el riesgo de descomposición térmica y controlar con precisión las temperaturas del proceso. Los fluidos más usados para la transferencia de calor, además

del agua, son: aceites minerales, bencenos alquílicos, bifenilos, polifenilos, poliglicoles y silicatos orgánicos (Vidal, 1974; Benlloch, 1990).

Los aceites dieléctricos se emplean en transformadores, condensadores e interruptores eléctricos, desempeñando como función: aislar los componentes sometidos a tensión, impregnar los aislantes sólidos para eliminar el aire de sus poros, disipar el calor generado por las pérdidas y evitar las descargas parciales de los arcos que se produzcan. La característica fundamental que debe tener un aceite dieléctrico es su rigidez dieléctrica, ya que es representativa de sus características aislantes.

2.1.5 Grasas

Las grasas sin ser propiamente aceites se emplean en la lubricación o para lograr un sellado entre partes mecánicas; poseen coeficientes de fricción más bajos que los aceites utilizados en su fabricación, por lo cual los equipos lubricados con éstas generan menor calor como producto de la fricción. Las grasas se elaboran mezclando el aceite básico con alguno de los jabones base siguientes: jabón de aluminio, jabón de litio, jabón de bario o estroncio, jabón de bentonita y jabón de sílice coloidal (Vidal, 1974; Benlloch, 1990).

2.2 CLASIFICACIÓN COMERCIAL DE ACEITES Y LUBRICANTES

Los fabricantes de automóviles, maquinaria y equipo exigen que los aceites y lubricantes que deben utilizar cumplan con ciertas especificaciones y exigencias acordes a las condiciones de diseño y servicio, a su vez el consumidor requiere de información suficiente para la elección del aceite o lubricante a emplear. De esta forma con el fin de satisfacer ambas demandas y el unificar criterios, distintas organizaciones, asociaciones e instituciones han desarrollado procedimientos de ensayo normalizados y, estándares de clasificación y comunicación de especificaciones. Las clasificaciones descritas a continuación buscan satisfacer estas necesidades (SAE, 1990).

2.2.1 Clasificación de aceites para transporte

En 1969 y 1970 API (American Petroleum Institute), ASTM (American Society of Testing Material) y SAE (Society of Automotive Engineers) se reúnen para establecer la clasificación de aceites para transporte, con el propósito de comunicar satisfactoriamente información sobre el desempeño del aceite para motor y la información referente a la clasificación de servicio entre la industria petrolera, la industria automotriz y el consumidor. Con este objeto se publica en 1989, el estándar SAE J183 "Clasificación del desempeño del aceite para motor y sobre el servicio de motores" (*Engine Oil*

Performance and Engine Service Classification); además el "*Procedimiento para el desempeño de lubricante automotriz y el mantenimiento de la clasificación de servicio (The Automotive Lubricant Performance and Service Classification Maintenance Procedure) SAE J1146*", que establece la responsabilidad de cada uno de los participantes (SAE, ASTM y API) en la elaboración y administración de la clasificación de lubricantes definidos por SAE para: aceites de motor (SAE J183 y SAE J1423), fluidos para transmisión (SAE J311 y SAE J1285), lubricantes para transmisión manual y diferencial (SAE J306) y grasas lubricantes (SAE J310).

SAE establece, en el estándar SAE J300, once grados de viscosidad de aceites para motor, los primeros seis grados se definen de acuerdo a la viscosidad máxima a baja temperatura y a la máxima temperatura de bombeo, y cinco grados basados únicamente en la viscosidad a 100 grados centígrados. El estándar SAE J183 proporciona a su vez la clasificación y descripción de categorías de aceites para motor estableciendo así, series que para vehículos que utilizan gasolina como combustible se identifican con la letra "S" (ej. SA, SB, etcétera) y para motores que utilizan diesel se identifican con la letra "C" (ej. CA, CB, etcétera). De esta forma un aceite puede identificarse en conjunto por su clasificación de servicio y la viscosidad, por ejemplo: API SG/CD SAE 15W-40.

Los vehículos europeos poseen motores de menor capacidad que los americanos, por lo cual el Comité de Constructores de Automóviles del Mercado Común (CCMC) establece su propia especificación para aceites de motor de gasolina o diesel la que incluye los tipos G4, G5 para motores de gasolina y PD2, D-4 y D-5 para motores diesel. (Benlloch, 1990)

Para ejes y transmisiones manuales y automáticas SAE establece siete grados de viscosidad en lubricantes, diferentes a los establecidos para los aceites de motor. Para completar la anterior el Instituto Americano del Petróleo (American Petroleum Institute, API) publica en 1981 la "*Designación de servicio de lubricantes para transmisiones manuales automotrices y ejes (Lubricant Service Designation for Automotive Manual Transmissions and Axles)*". Donde clasifica a los aceites lubricantes para ejes y transmisiones manuales mediante la serie API GL basado en diferentes niveles de propiedades extrema presión requeridos para cada tipo de servicio al que esté destinado y tipo de engranaje. Esta clasificación tiene por objeto que el usuario posea la información suficiente para la selección del lubricante adecuado (SAE, 1990).

Algunas empresas automotrices de acuerdo a las pruebas practicadas a sus motores, transmisiones y ejes, desarrollan especificaciones de carácter civil; por ejemplo, en los Estados Unidos la empresa General Motors desarrolla los aceites del tipo DEXRON y DEXRON II para transmisiones; Ford el tipo M2 138-cj y otras, John Deere desarrolla para tractores el tipo JRM J20A (SAE, 1990; Wills, 1980).

2.2.2 Clasificación de lubricantes y otros aceites, Industriales

En los Estados Unidos ASTM y ASLE (American Society of Lubrication Engineers) desarrollan una clasificación para aceites lubricantes industriales, publicado como ASTM D2422, basado en un sistema de grados de viscosidad en la que se define una serie de niveles, los cuales pueden emplearse para especificar o seleccionar a los lubricantes industriales, y que además sirve para eliminar grados intermedios injustificados. A su vez el estándar ASTM D2422 es congruente con estándares desarrollados en países como Inglaterra (BS 423), Alemania y por la Organización Internacional de Estándares (International Standards Organization, ISO). Mundialmente se acepta el estándar ISO como sistema de clasificación, éste contiene 18 rangos de viscosidad cinemática cada uno especificado al redondear al entero más próximo la viscosidad promedio (Benloch, 1990; SAE, 1990).

Existen numerosos estándares aplicados en países de Europa y América para determinar las especificaciones de aceites dieléctricos, la Comisión Eléctrica Internacional (CEI) ha unificado criterios y establece una especificación internacional con dos diferentes tipos de aceites. Esta clasificación se basa en diferentes características y propiedades, para los cuales cada tipo de aceite posee un límite ya sea máximo, mínimo o bien un valor común a los dos tipos de aceite; además, existen tablas que relacionan los diferentes tipos de aceites dieléctricos con los aceites lubricantes clasificados por el estándar ISO por ejemplo, cuando se utiliza aceite lubricante en compresores de sistemas de refrigeración, éste puede ser de tipo nafténico o parafínico en viscosidades que varían desde ISO VG 15 hasta ISO VG 100 (Benloch, 1990).

Las grasas se clasifican de acuerdo a la penetración ASTM o grado NLGI (National Lubricating Grease Institute), este sistema de clasificación en la consistencia a la penetración que es una medida de la dureza relativa. El grado NLGI es un índice numérico de la penetración a una muestra de grasa por medio de un cono estándar en condiciones establecidas, expresada en décimas de milímetro (Benloch, 1990; SAE, 1990).

CAPITULO 3

MERCADO DE ACEITES EN MÉXICO

Los aceites básicos son la materia prima empleada en la elaboración de diferentes aceites terminados, grasas y otros productos. El conocimiento de la oferta y la demanda de los aceites básicos, aditivos y de los productos terminados obtenidos a partir de los anteriores, es de interés no solo por su aspecto económico sino también, por lo relacionado con la utilización de recursos y de la protección, y conservación del medio ambiente.

3.1 PRODUCCIÓN DE ACEITES BÁSICOS

La producción nacional de aceites básicos derivados del petróleo se elabora en su totalidad por la empresa paraestatal Petróleos Mexicanos (PEMEX), que produce principalmente dos tipos de aceites básicos: el nafténico en la refinería de Minatitlán Ver. y el parafínico obtenido en la refinería Ing. Antonio M. Amor ubicado en Salamanca Gto.. El volumen total elaborado de aceites básicos por ambas refinerías en 1992 (sin incluir los aceites básicos aromáticos) fue de 467 426 metros cúbicos. Del volumen anterior, 276 247 metros cúbicos, fueron destinados por la empresa PEMEX para formular lubricantes para transporte y de proceso, adicionalmente a estos traspasos internos de aceites básicos para formular lubricantes terminados, PEMEX consume para fines distintos una cantidad que en conjunto con la acumulación de inventarios asciende para los años 1990-1991 en promedio a 47 400 metros cúbicos; el volumen restante 191 179 metros cúbicos, se vende a empresas privadas para la elaboración de sus productos (SEMIP, 1994).

3.2 OFERTA DE ACEITES BÁSICOS

La producción nacional de aceite básico es insuficiente para satisfacer las necesidades del mercado en cuanto a tipo y cantidad, por lo que para satisfacer en parte la demanda interna se importó en 1992 un volumen de 226 294 metros cúbicos; la oferta se complementa con aceites básicos producto de la regeneración y re-refinación de aceites gastados que en conjunto ascendieron a 20 719 metros cúbicos en 1992. En la tabla 3.1 se muestra el volumen y el porcentaje que cada rubro representa dentro de la oferta nacional de aceites básicos (SEMIP, 1994).

Tabla 3.1 Oferta de aceites básicos en México

Concepto	Volumen, m ³	Porcentaje, %
Producción	467 426	65.4
Importación	226 294	31.7
Regeneración/re-refinación	20 719	2.9
Total	714 439	100

Fuente: La industria de los lubricantes. SEMIP, 1994

Las importaciones de aceites básicos representan aproximadamente, para el periodo 1989-91, el 39.2% de la producción nacional. Sin embargo, en 1992 el volumen importado disminuyó comparándolo con los años anteriores en 19.6%, esta disminución puede explicarse debido al aumento en la producción por parte de PEMEX (7.5%), al aumento en la regeneración/re-refinación y al volumen de inventarios (SEMIP, 1994).

3.3 DEMANDA DE ACEITES BÁSICOS

La demanda de aceites básicos en 1992 fue de 681 351 metros cúbicos que fueron destinados en la elaboración de productos terminados cuya distribución porcentual se ilustra en la tabla 3.2.

El consumo de aceites básicos empleados en la elaboración de aceites de proceso fue de 65 913 metros cúbicos distribuidos como se indica en la tabla 3.3.

3.4 OFERTA DE ADITIVOS

La producción de aditivos utilizados para la elaboración de lubricantes en México ha seguido el comportamiento del consumo aparente de aceite básico mineral, producción que en 1992 fue de 44 547 toneladas; a su vez, la importación de aditivos en el periodo 1989-92 aumento 130% alcanzando en 1992 un total de 14 504 toneladas. De esta manera la oferta de aditivos para lubricantes y otros aceites ascendió a 59 051 toneladas, que resultan de sumar la producción nacional y las importaciones.

Tabla 3.2 Distribución de la demanda de aceites básicos

Concepto	Porcentaje, %
Automotriz	59
Otros para transporte (incluye agrícola, aviación, dos tiempos, ferrocarriles y marinos)	3.9
Industrial	15.8
Otros (incluye dieléctricos y térmicos)	7.5
Proceso	9.7
Grasas	3.7
No especificado	0.4

Fuente: La industria de los lubricantes. SEMIP, 1994

Tabla 3.3 Consumo de aceites básicos empleados en la elaboración de aceites de proceso

Concepto	Volumen, m ³
Aceites plastificantes	18 829.4
Aditivos	17 434.4
Aceites blancos	10 971.8
Plaguicidas	6861.1
Otros	11 816.3
Total	65 913.0

Fuente: La industria de los lubricantes. SEMIP, 1994

3.5 DEMANDA DE ADITIVOS

La demanda total de aditivos en 1992 fue de 58 890 metros cúbicos, de éstos aproximadamente el 79.4% (46 743 metros cúbicos) se destinaron a la elaboración de lubricantes para transporte y, el restante 20.6% (12 147 metros cúbicos) a la elaboración de aceites industriales, grasas y otros tipos de aceites.

3.6 CONSUMO APARENTE DE ADITIVOS

El consumo aparente de aditivos, mostrado en la tabla 3.4, está compuesto por la producción, importación y exportación, que en 1992 ascendió en conjunto a 46 968

toneladas. La importación de aditivos en 1992 fue de 14 504 toneladas, constituida principalmente por aditivos específicos destinados a cubrir los requerimientos de las maquinas y motores modernos, en cambio las exportaciones de aditivos consistieron de aditivos que no son de la especificidad de los aditivos importados.

Tabla 3.4 Consumo aparente de aditivos en 1992

Actividad	Volumen, en toneladas
Producción	44 547
Importación	14 504
Exportación	12 083
Consumo aparente	46 968

Fuente: La industria de los lubricantes. SEMIP, 1994

3.7 OFERTA NACIONAL DE ACEITES TERMINADOS

La producción total de aceites terminados en 1992 ascendió a 647 902 metros cúbicos, de este volumen el sector privado formuló el 64 %, en tanto que PEMEX el 36% restante. La producción total de aceites para transporte representan el 73.5%, los aceites industriales el 18.6%, y otros aceites que incluyen a los aceites dieléctricos y térmicos el 7.9%. Por otra parte, dentro de la oferta nacional de aceites industriales destacan los aceites hidráulicos con 50%, los aceites de corte con 17%, los aceites para engranajes con 13% y los aceites para turbinas con 7%. En tanto que el volumen de grasas elaboradas el mismo año fue de 28 834 toneladas (32 038 metros cúbicos).

3.8 DEMANDA DE LUBRICANTES Y OTROS ACEITES, TERMINADOS

La demanda de lubricantes y otros aceites terminados no se satisface con la elaborada por los formuladores nacionales por lo que es necesario realizar importaciones que representaron aproximadamente el 5% de las ventas internas de 1992. El incremento en las importaciones para 1991 con respecto al año anterior fue de 31.47%, y el correspondiente a 1992 con respecto a 1991 fue de 11.74%. Para 1992 las importaciones de grasas representaron 16% de las ventas internas, esto originado por la adquisición de grasas especiales.

En la tabla 3.5 puede observarse la tendencia al aumento en el volumen de importaciones de aceites lubricantes terminados y grasas, y su valor en miles de dólares.

Tabla 3.5 Volumen y valor de las importaciones de aceites y grasas, terminadas

Año	Aceite, m ³	Aceite, miles de dólares	Grasas, toneladas	Grasas, miles de dólares
1990	22 618.4	16 255.3	1 650.4	2 664.9
1991	27 738.4	25 893.4	2 547.3	5 181.6
1992	33 230.1	38 071.3	4 340.3	6 584.4

Fuente: La industria de los lubricantes. SEMIP, 1994

3.9 CONSUMO APARENTE DE LUBRICANTES Y OTROS ACEITES, TERMINADOS

El consumo aparente de lubricantes y otros aceites para el periodo 1990-1992 se muestra en la tabla 3.6, en ésta se observan variaciones en cada uno de los apartados; así al incremento en el consumo para los años 1990 y 1991, que se atribuye al aumento en los inventarios, le sigue un descenso en el año siguiente causado por la venta de los volúmenes acumulados. Es de notar que las importaciones de grasas representan el 16% de las ventas y el conjunto de exportaciones de grasas y aceites terminados fueron de 3 563.7 metros cúbicos presentando una tendencia a la baja.

Tabla 3.6 Consumo aparente de lubricantes para 1990-1992

Actividad	1990	1991	1992
Producción	679 424	709 666	679 940
Lubricantes ¹	652 057	674 098	647 940
Grasas	27 367	35 568	32 038
Importación	24 452	35 568	38 053
Lubricantes	22 618	29 738	33 230
Grasas	1 834	2 830	4 823
Exportación	7 661	14 860	3 564
Lubricantes y grasas	7 661	14 860	3 564
Consumo	696 215	727 374	714 429

¹ Incluye aceites dieléctricos y térmicos.

Fuente: La industria de los lubricantes. SEMIP, 1994

La Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal (SEMIP), actualmente Secretaría de Energía, de acuerdo a la encuesta realizada a las empresas formuladoras de aceites, proporciona la producción y venta de las diferentes clases de aceites que se muestra en

la tabla 3.7; en ésta puede observarse que del total de ventas de aceites terminados las correspondientes al transporte representan el 73.46%, a la industria el 18.57% y para otros fines el 7.97%.

Tabla 3.7 Producción y ventas internas de lubricantes terminados en 1992

Concepto	Producción, m ³	Ventas internas, m ³
Total lubricantes líquidos	647 902	635 392.7
Transporte	476 397	466 764
Automotriz	446 804	437 606.4
Diesel	186 049	182 950.6
Gasolina	193 179	188 307.4
Transmisión/diferencial	67 576	66 348.4
Ferrocarriles	15 938	15 874.4
Marinos	7 888	7618
Dos tiempos	1 524	1 488.1
Aviación	744	722
Agrícola	3 499	3 455.1
Industriales	120 440	118 020.5
Hidráulicos	60 227	59 454.2
Engranajes	15 784	15 108.2
Turbinas	7 884	7 782.1
Textiles	2 523	2 422.1
A toda pérdida	2 375	2 355.1
Compresores	1 188	1 164.8
De bancada	545	523.9
Neumáticos	276	263
Maquinado de metales	19 880	19 279.8
Otros	9 796	9 667.3
Otros	510 665	50 610
Dieléctricos	46 862	46 254.8
Térmicos	4 161	4 315.2
Otros	42	40.2
Grasas	28 834 ton	27 140 ton (30 155.76 m ³)

Fuente: La industria de los lubricantes. SEMIP, 1994

CAPITULO 4

ACEITES GASTADOS

En todo proceso de elaboración a la vez que se obtienen productos terminados se genera una cantidad variable de residuos, dentro de estos residuos se encuentran los aceites gastados; pero no únicamente los procesos generan residuos, puesto que todo aceite tarde o temprano se verá transformado en desecho, cuando deje de ser apto para el fin destinado. La forma en que los aceites se transforman en residuos, como clasificarlos de manera general, sus características y las tecnologías para su reciclaje se describen a continuación.

4.1 DETERIORO DE LOS ACEITES

El deterioro de los diferentes tipos de aceites es resultado del cambio en las propiedades físicas y químicas, generado internamente por contaminantes de origen interno o externo. La variación en las propiedades físicas se origina por la acción directa de materiales extraños como son: arena, partículas de soldadura, partículas metálicas, polvos abrasivos, humedad, etcétera; que pueden entrar al equipo o mecanismo durante la fabricación, montaje, reparación, mantenimiento u operación.

La modificación en las propiedades químicas se debe principalmente a las reacciones de oxidación que producen inicialmente hidroperóxidos. A continuación estos se desdoblan por medio de mecanismos complicados de oxidación, reducción, deshidratación y condensación, dando lugar a la formación de ácidos carboxílicos, aldehídos, cetonas, barnices, gomas, lacas, alcoholes, ésteres, resinas y asfaltos, si la oxidación es prolongada parte de los anteriores producen agua y dióxido de carbono; a su vez, contaminantes químicos como el cloro o el azufre, contenidos en los combustibles, pueden convertirse en lodos y depósitos. La tasa de oxidación varía directamente en función de la temperatura y ésta aumenta debido a contaminantes como son el agua y diversos metales que actúan como catalizadores; asimismo, el aire atrapado y mezclado en el aceite acelera la oxidación. A temperaturas excesivas, aproximadamente 500 a 600 grados centígrados, puede suceder el cracking o la polimerización de los aceites y aditivos. Aunque este intervalo de temperaturas es excesivo puede alcanzarse de manera local como producto de anomalías en los equipos o mecanismos (Vázquez, 1992).

Además, el deterioro de los aceites también puede suceder durante el almacenamiento como resultado de las siguientes causas:

- Contaminación: frecuentemente con agua.
- Exposición a temperaturas elevadas.
- Exposición a bajas temperaturas.
- Largo tiempo de almacenaje.

Cuando esto sucede los productos deteriorados pueden ser: reacondicionados, utilizados en fines menos demandantes que para los que fueron originalmente elaborados, destruidos o utilizados para recuperación de calor (Wills, 1980; Beniloch, 1990).

4.2 CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS DE ACEITE

Los residuos o desechos de aceite son aquellos aceites que se contaminaron durante el almacenamiento, manipulación o uso; pueden clasificarse en dos clases principales: aceites gastados o usados, y aceites no gastados o no usados.

El aceite gastado o usado es un aceite terminado derivado del petróleo o sintético que como resultado del uso sus propiedades físicas y químicas se han modificado, por lo que deja de ser apropiado para el propósito original a que fue destinado (Mueller Ass., 1989).

Los aceites no gastados o no usados son aceites básicos o aceites terminados que sin haberse usado presentan contaminación que los hace inadecuados para su empleo.

En los Estados Unidos de Norteamérica dentro de la categoría de aceites no gastados o no usados se incluyen principalmente tres tipos:

- *Aceite derramado*: Es aquel aceite básico o terminado que como producto de fugas, derrames u otro tipo de accidente, durante el almacenamiento, manejo o transporte, se contamina (Argonne National Laboratory, 1990).

- *Residuos aceitosos producidos en las operaciones de embarque, almacenamiento y operaciones de refinación de aceites básicos o vírgenes*: estos residuos incluyen a las aguas aceitosas producto de la limpieza de tanques de almacenamiento, limpieza de autotanques y aguas de lastre de buques de carga; lodos aceitosos de fondos de tanques de almacenamiento o formulación de aceites terminados, y los residuos aceitosos producto de operaciones de refinación como son los lodos de separadores (Argonne National Laboratory, 1990).

- *Aceite rechazado debido a su inadecuada formulación o manejo:* Los aceites rechazados debido a su inadecuada formulación son aquellos a los que se agregan contaminantes durante su manejo o formulación, que los hacen inadecuados para el uso a que serían destinados. El aceite terminado que no sufrió contaminación externa, pero excede su vida de anaquel o sufrió un almacenaje inadecuado, y presenta cambios en su composición o propiedades que lo hacen no apto para su empleo, se convierten en residuos que se incluyen dentro de esta categoría (Argonne National Laboratory, 1990).

4.2.1 Características del aceite gastado

La composición del aceite gastado varía de acuerdo al:

origen: derivado del petróleo o sintetizado químicamente.

uso: para transportación, industrial, proceso, etcétera.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos determinó a partir del análisis químico realizado a muestras de aceites gastados generados por la industria y el transporte lo siguiente:

- Concentración elevada de plomo, debida principalmente al contacto con combustibles que utilizan compuestos de plomo como antidetonantes, y en menor proporción a los aditivos extrema presión; en concentraciones menores a la del plomo pero aún elevadas se encuentra el zinc seguido del bario, estos metales proceden de los aditivos incorporados al aceite lubricante (Mueller Ass., 1989).

- Concentraciones de diferentes compuestos clorados que fluctúan en un intervalo de concentración de menos de 1 ppm a varios miles de ppm; estos compuestos provienen de dos fuentes principales: de la ruptura de aditivos y de la mezcla con residuos de solventes desengrasantes durante el manejo posterior a la sustitución en los vehículos.

- Concentraciones de solventes aromáticos que para el xileno y tolueno oscilan de 500 a 5000 ppm y para el benceno de 110 a 300 ppm. Estos solventes aromáticos se añaden a los aceites básicos derivados del petróleo para mejorar su desempeño. Entre los compuestos aromáticos polinucleares se encuentra en mayor concentración el benzo(a)antraceno que el benzo(a)pireno, pero las concentraciones encontradas son similares a las contenidas en los aceites utilizados como combustibles en los Estados Unidos (Mueller Ass., 1989; Argonne National Laboratory, 1990).

- Concentraciones de bifenilos policlorados en un intervalo de 0 a 3800 ppm; sin embargo, la mayoría de las muestras que presentan BPC no rebasan 50 ppm.

Las muestras de aceites gastados, analizadas por la EPA, presentan como principales características físicas:

- Punto de inflamación en un intervalo de 15.6 a 273.8 grados centígrados, que es más amplio al que presenta el aceite combustible empleado en los Estados Unidos (37.78 a 204.44 grados centígrados). El bajo valor del punto de inflamación de los aceites gastados probablemente se deba a la presencia de materiales clorados altamente inflamables y a solventes orgánicos.

- Baja viscosidad ocasionada por la presencia de solventes orgánicos.

- Contenido de agua de 0 a 67%, en donde la fracción acuosa presenta altas concentraciones de sodio, zinc, bario, calcio, hierro, fósforo, magnesio, boro, estaño y plomo, en forma iónica o de sales.

- Contenido calorífico de 4 142 a 23 045 BTU/Lb (36 235 a 201 605.8 cal/Kg) con un promedio menor al que presenta el aceite básico virgen de 20 000 BTU/Lb (174 967 cal/Kg) y mayores; lo anterior se atribuye a la presencia de sólidos inorgánicos y agua.

Al analizar separadamente la composición de los aceites gastados de acuerdo a su uso, ya sean procedentes del transporte o de la industria, los análisis revelan las siguientes diferencias:

- A excepción del cadmio las concentraciones de metales son mayores en los aceites gastados automotrices que en los industriales.

- No existe una diferencia significativa entre las concentraciones de solventes clorados y otros solventes aromáticos excepto para los bifenilos policlorados.

- Los aceites gastados industriales presentan concentraciones mayores de bifenilos policlorados que los aceites gastados automotrices, esto ocasionado fundamentalmente por aceites hidráulicos y dieléctricos elaborados bajo especificaciones antiguas que contienen de 50 a 500 ppm de bifenilos policlorados. En los aceites gastados automotrices la presencia de BPC se atribuye a viejos líquidos de transmisión que contienen pequeñas cantidades de éstos (Mueller Ass., 1989).

A lo anterior se añade que los aceites gastados presentan diferentes características de peligrosidad, así los aceites de corte son inflamables, las emulsiones de aceites de corte son olorosas, los aceites lubricantes son inflamables, los aceites organo-nitrados son tóxicos, cancerígenos, reactivos e inflamables (Worl Bank, 1989).

La concentración de contaminantes en diferentes aceites gastados se muestran en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Composición de los aceites gastados

Contaminante	Aceite gastado automotriz e industrial, media en ppm	Aceite gastado automotriz, media en ppm	Aceite gastado industrial, media en ppm
Metales			
Arsénico	17.26	14.3	7.9
Bario	131.92	184	108
Cadmio	3.11	2.0	6.1
Cromo	27.97	11.5	36.8
Plomo	664.5	1603	218
Zinc	580.28	870	373
Solventes clorados			
Diclorodifluorometano	373.27	< 20	--
Triclorotrifluoroetano	62935.88	530	--
1,1,1 tricloroetano	2800.41	3313	3416
Tricloroetileno	1387.63	1436	1726
Tetracloroetileno	1420.89	2991	1454
Cloro total	4995	3600	6100
Otros orgánicos			
Benceno	961.20	430	3606
Tolueno	2200.48	2076	2226
Xileno	3385.54	1664	1046
Benzo(a)antraceno	71.30	19.3	--
Benzo(a)pireno	24.55	9.7	--
Naftaleno	475.2	337	--
BPC	108.51	20.7 ^a	957 ^b

^a Tres muestras de 74 contenían BPC, estrictamente éstas no serían aceites gastados automotrices.

^b Seis de 94 muestras contenían BPC con muy alta concentración (3800 ppm)

Fuente: *Waste Oil: Technology, Utilization and Disposal. Mueller Ass. USA 1989*

4.2.2 Características de los aceites no gastados

Los aceites no gastados al no haberse empleado contienen principalmente aceite mineral o sintético mezclado con agua, tierra, lodos u otros contaminantes; la variedad de contaminantes que pueden estar presentes en los aceites no gastados varía de acuerdo a la formulación, las sustancias agregadas durante su preparación, la concentración o

porcentaje de contaminantes derivados del manejo; esto dificulta el estimar la composición promedio de los aceites no gastados (Mueller Ass., 1989).

4.2.3 Generación de aceites gastados

La generación de aceites gastados está relacionada directamente con el consumo de aceite terminado; sin embargo, cada aplicación específica a que se destine el aceite produce un volumen particular de aceite gastado. En algunas aplicaciones es posible recuperar como aceite gastado el mismo volumen de aceite empleado, en otras no es así. En el caso del aceite de motor, la pérdida o aceite irrecuperable se atribuye a su quema durante la operación del motor, éste volumen variará de acuerdo al tipo de vehículo, modelo, estado de conservación del motor y condiciones de trabajo; en la industria la generación de aceites gastados depende del tipo de proceso, maquinaria empleada y estado de conservación de la misma, en donde las pérdidas de aceite se atribuyen a su quema, pequeñas fugas, o como sucede con los aceites para el maquinado de metales -donde se emplean aceites solubles- al mezclado con agua y a su posterior disposición o manejo como agua residual (SEMIP, 1994; Argonne National Laboratory, 1990).

Las anteriores premisas permiten desarrollar diversos factores o coeficientes de generación, con los cuales puede estimarse el volumen de aceites gastados que resultan de su empleo en una actividad específica; este volumen se obtiene al multiplicar el factor de generación apropiado (en m^3 de aceite gastado/ m^3 de aceite lubricante) por el consumo de aceite para el periodo considerado, de esta manera la cantidad de aceite gastado generado representa una fracción o porcentaje del consumo. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) reporta diferentes factores, mostrados en la tabla 4.2; adicionalmente existen factores desarrollados en otros países, contenidos en la tabla 4.3. Las diferencias que presentan entre sí los factores de generación se atribuyen a las características de los parques vehiculares, los procesos industriales y a los aceites empleados (Mueller Ass., 1989; Nolan, 1990).

4.3 TECNOLOGÍAS PARA EL RECICLAJE DE LOS ACEITES GASTADOS

Las tecnologías para el reciclaje de aceites gastados pueden dividirse en dos grupos principales: de reproceso, que consisten de un pretratamiento y métodos de limpieza para obtener un combustible; y de re-refinación que incluyen procesos más avanzados para obtener aceites básicos.

Tabla 4.2 Factores de generación de aceites gastados en los Estados Unidos de América

Actividad	Factor de generación
Automóviles de turismo	0.67
Camionetas	0.66
Camionetas y autobuses	0.59
Maquinaria móvil	0.60
Fluidos hidráulicos en vehículos de carretera	0.10
Fluidos hidráulicos de maquinaria	0.75
Otras aplicaciones no generadoras	0.00
Total de aceites de automoción	0.56
Hidráulicos	0.76
Turbinas	0.59
Refrigeración	0.32
Locomotoras a diesel	0.20
Motores marinos	0.50
Maquinado de metales	0.83
Eléctricos	0.27
De proceso	0.10
Total aceites industriales	0.48

Fuente: Waste Oil, Reclaiming Technology Utilization and Disposal. Mueller Associates Inc. New Jersey USA, 1989

Tabla 4.3 Factores de generación de aceites gastados en diferentes países

País	Tipo de aceite	Factor de generación
México	Automóviles de uso particular	0.53
	Transporte de pasajeros	0.51
	Automotriz ¹	0.50
	Industrial ²	0.658
Italia	Automotriz e industrial ³	0.42
Grecia	Automotriz e industrial ³	0.62
Inglaterra	Automotriz e industrial ³	0.50
Francia	Automotriz e industrial ³	0.39

¹ Entrevista con industriales del ramo. INE, 1995.

² La industria de los lubricantes. SEMIP, 1994.

³ Departamento de Política Sectorial, INE 1995.

4.3.1 Tecnologías de reproceso de aceites

El reproceso de aceite consiste en la remoción de la mayor cantidad posible de contaminantes o impurezas mediante la utilización de métodos físicos de tratamiento como son: sedimentación, centrifugación, filtración, calentamiento o una combinación de estas operaciones (Argonne National Laboratory, 1990).

La sedimentación es el proceso más simple para remover los sólidos voluminosos y el agua que no se encuentra en suspensión. La sedimentación generalmente involucra el bombeo de los aceites gastados a tanques, donde permanecen el tiempo suficiente para la precipitación de los sólidos suspendidos y su acumulación en el fondo del tanque; aquellas partículas que no alcanzan a sedimentar pueden separarse mediante filtración. La tasa de sedimentación puede aumentarse al incrementar la temperatura del aceite que disminuye la viscosidad.

La filtración es el más común de los métodos de separación líquido-sólido, la dificultad para separar los sólidos del aceite varía inversamente con el tamaño de las partículas, la filtración puede ser más efectiva después de un tratamiento químico que propicie la floculación de las partículas.

El centrifugado involucra la separación de dos materiales con gravedades específicas diferentes por medio de fuerzas centrifugas, esta forma de separación es más rápida que la sedimentación, a su vez el empleo de desémulsificantes en conjunto con el centrifugado produce la coagulación de partículas suspendidas y de gotas de agua obteniéndose una mejor separación (Nolan, 1990; Argonne National Laboratory, 1990).

La tabla 4.4 muestra la composición de los lodos y aguas residuales generadas durante el almacenamiento y procesado de aceites gastados.

4.3.2 Tecnologías de re-refinación de aceites gastados

La re-refinación de aceite gastado produce aceites básicos de alta calidad, en estos procesos el aceite gastado primero se somete a un tratamiento para después continuar con algunos de las siguientes operaciones: destilación al vacío, extracción mediante solventes o tratamiento químico; los procesos pueden completarse con un tratamiento posterior con arcillas o con hidrógeno.

Las características de los procesos de re-refinación más conocidos se resumen en la tabla 4.5; de donde puede concluirse que estos procesos presentan: una recuperación promedio de aceites básicos de 70 al 80%, la mayoría de los procesos no aceptan bifenilos policlorados, y se obtienen subproductos con valor comercial (Nolan, 1990; Mueller Ass., 1990; Argonne National Laboratory, 1990).

Tabla 4.4 Composición de lodos y agua residual generada durante el almacenaje y procesado de aceites gastados

Contaminante	Agua residual, promedio en ppm	Lodos, promedio en ppm
Metales		
Arsénico	3.4	11
Bario	80	416
Cadmio	0.34	63
Cromo	10	215
Plomo	271	802
Zinc	250	568
Solventes clorados		
Diclorodifluorometano	NR	131
Triclorotrifluoroetano	NR	ND
1,1,1 tricloroetano	666	1575
Tricloroetileno	561	469
Tetracloroetileno	309	1400
Cloro total	1566	3128
Otros orgánicos		
Benceno	364	NR
Tolueno	1306	NR
Benzo(a)antraceno	ND	4
Benzo(a)pireno	ND	NR
Naftaleno	283	NR
BPC	2.9	182

ND No detectado

NR No reportado

Fuente: Waste Oil: Technology, Utilization and Disposal. Mueller Ass. USA 1989

Las propiedades físicas y químicas de los aceites básicos vírgenes y re-refinados se muestran en la tabla 4.6, en la cual pueden observarse las siguientes diferencias:

- Los aceites básicos vírgenes generalmente son más claros que los aceites re-refinados, lo que indica posiblemente una viscosidad mayor y/o la presencia de cantidades elevadas de compuestos de azufre u oxigenados en los aceites re-refinados.

- El rango del índice de refracción en los aceites básicos re-refinados es mayor al que presenta el aceite básico virgen, esto se debe posiblemente a un contenido ligeramente superior de compuestos aromáticos en los aceites re-refinados.

- El aceite re-refinado presenta una alta densidad que indica un alto peso molecular promedio, que se atribuye a una amplia distribución del espectro de pesos moleculares.
- En comparación con los aceites básicos vírgenes los aceites re-refinados presentan valores mayores en: contenido de agua, número de saponificación, número ácido total, contenido de cloruros, bromuros, ceniza y carbón residual. El número de saponificación, número ácido total y carbono residual que presentan los aceites re-refinados sugiere un alto contenido de oxígeno; la presencia de cloruros y bromuros aún después de la re-refinación parece indicar que proceden de combustibles.
- Los aceites re-refinados presentan un mayor contenido de compuestos aromáticos polinucleares y compuestos polares que los aceites vírgenes; sin embargo, los contenidos de compuestos saturados, naftenos, parafinas y aromáticos son similares en ambos.
- Las propiedades de los aceites re-refinados y de los aceites básicos vírgenes son similares, con excepción de una ligera contaminación con cloruros, compuestos oxigenados y algunos metales; pero su desempeño y características son semejantes.

Tabla 4.5 Características de los procesos de re-refinación

Proceso	Características	Consideraciones ambientales
Proceso ácido-arcilla	Rendimiento: 45 - 75% Energía requerida: 854.95 Kcal/l de producto. Proceso simple de capacidad variable. Nivel de desarrollo: Comercial.	Se generan pocas emisiones de SO ₂ y SO ₃ . El lodo ácido contiene de 30 a 50% de materia soluble en agua; el contenido de plomo es del 2 al 10% principalmente como sulfato. El lodo ácido es combustible; sin embargo, posee una alta concentración de óxidos de azufre. La arcilla gastada es básica y contiene de 20 a 30% de aceite lo que dificulta su disposición.
Proceso de refinación de aceite Phillips	Rendimiento: >90% Proceso complejo e inflexible; diseñado para aceites automotrices. Nivel de desarrollo: Comercial.	La arcilla gastada y la torta de filtración de la operación de desmetalización contienen grandes cantidades de plomo. Se produce poca agua residual que no contiene muchos contaminantes, sin embargo, su disposición en el sistema de drenaje depende de las regulaciones aplicables.
Proceso de Tecnología Cinética Internacional, KTI	Rendimiento: 82% Energía requerida: 926.2 Kcal/l de producto. Proceso complejo e inflexible. Nivel de desarrollo: Comercial.	Los fondos de la torre de destilación son materiales con altos puntos de ebullición y materia no volátil, que contiene grandes cantidades de azufre, ceniza (10-15%), nitrógeno y oxígeno. Aceptan aceites gastados con BPC y otros residuos peligrosos.
Proceso de extracción con propano, PEP	Rendimiento: 70 - 82% Energía requerida: <2176.6 Kcal/l de producto. Proceso complejo. Nivel de desarrollo: Comercial.	El lodo ácido y arcilla gastada son similares a los producidos en el proceso ácido-arcilla, presentando los mismos problemas.
Proceso de extracción con solvente, BETC	Rendimiento: 71 - 75% Proceso complejo y flexible. Nivel de desarrollo: Comercial.	El lodo producto de la recuperación de solvente y el residuo de la operación de destilación al vacío contiene hidrocarburos y metales pesados que presentan problemas de disposición.
Proceso de la empresa Resource Technology Inc., RTI	Rendimiento: 75% Energía requerida: 926.2 Kcal/l de producto. Moderadamente más simple que el proceso KTI. Nivel de desarrollo: Comercial.	Se generan pocas emisiones a la atmósfera; el agua residual requiere de poco tratamiento y los residuos sólidos generados se consideran reaprovechables.
Proceso de destilación, filtración y tratamiento con arcilla	Rendimiento: 70 - 75% Proceso continuo completamente automatizado. Nivel de desarrollo: Comercial.	El residuo de la destilación al vacío y la arcilla gastada contienen grandes cantidades de metales lo que dificulta su disposición.
Proceso Recyclon	Rendimiento: 70% Proceso moderadamente más complejo que el proceso ácido-arcilla. Nivel de desarrollo: Piloto.	El residuo de la destilación y de los evaporadores de película delgada presentan concentraciones elevadas de metales.
Proceso supercrítico del Instituto de Investigación Krupp	Moderadamente más complejo que el proceso ácido-arcilla. Nivel de desarrollo: Piloto.	Pueden aceptar aceites gastados con Bifenilos policlorados.

Fuente: Waste Oil, Reclaiming Technology Utilization and Disposal. Mueller Associates, Inc. 1989

Tabla 4.6 Propiedades físicas y químicas de los aceites básicos vírgenes y re-refinados

Propiedad	Aceite básico vírgen, promedio ^a	Aceite básico re-refinado, promedio ^b
Físico		
Índice de viscosidad	98	102
Índice de refracción	1.4816	1.4852
Color	0.8	5.5
Densidad (Kg/m ³)	116.8	117.445
Punto de escurecimiento(C)	-8.86	-9.99
Punto de inflamación (C)	227.2	208.87
Peso molecular promedio	450	480
Químico		
Humedad (ppm)	37	92
Número ácido total (mg KOH/g)	0.006	0.4
Número básico total (mg KOH/g)	0.1	0.0091
Número de saponificación	0.4	0.9
Cloro (ppm)	0.1	231
Bromo (ppm)	0.005	5.82
Ceniza sulfatada (% peso)	0.0002	0.0043
Carbono residual (% peso)	0.07	0.2
Nitrógeno total (ppm)	33	21
Azufre (% peso)	0.08	0.18
Zinc (ppm)	< 1	6.19
Plomo (ppm)	< 1	2
Hierro (ppm)	< 1	2.8
Manganeso (ppm)	< 1	0.03
Magnesio (ppm)	< 1	0.44
Calcio (ppm)	< 10	3.04
Bario (ppm)	< 10	< 10
Silicio (ppm)	< 5	< 5

a Valores típicos para tres aceites básicos de viscosidad media.

b Valores típicos para 10 aceites básicos re-refinados.

Fuente: Waste Oil: Technology, Utilization and Disposal. Mueller Ass. USA 1989

CAPITULO 5

GENERACIÓN Y MANEJO DE ACEITES GASTADOS EN MÉXICO

La generación y manejo de los aceites gastados es un asunto de interés para las autoridades, los generadores, la industria y la sociedad en general, debido a la naturaleza y al impacto que pueden tener sobre el ambiente y la salud pública. Las prácticas inadecuadas de manejo pueden resultar en una liberación de sustancias tóxicas al aire, agua y/o suelo, representando un peligro a corto, mediano o largo plazo; por lo cual es necesario conocer para el caso particular de los aceites gastados lo relacionado con la generación y el manejo que se hace de los mismos.

5.1 GENERACIÓN DE ACEITES GASTADOS EN MÉXICO

El consumo total de aceites terminados y grasas en 1992 fue aproximadamente de 689700 metros cúbicos. A partir del consumo anterior puede estimarse el volumen generado mediante el empleo de los factores de generación desarrollados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (USEPA), considerando que el 73.4% del consumo se destinaron al transporte y el porcentaje restante a la industria, se obtiene un volumen de aceites gastados de 371555 metros cúbicos.

5.1.1 Generadores de aceites gastados

El transporte de bienes, materiales y personas es el principal consumidor de aceite terminado, y se estima es el generador mayoritario de aceite gastado. El transporte se realiza por diferentes medios, de los cuales destaca por su número los automóviles y el autotransporte, que se concentran principalmente en los estados fronterizos del norte de la República, Estado de México, Ciudad de México, Veracruz, Jalisco, Puebla y Oaxaca. En la tabla 5.1 se muestra el número de los diferentes tipos de vehículos registrados hasta finales de 1992.

Con excepción de las personas que generan aceite gastado al realizar ellos mismos el cambio de aceite lubricante en su domicilio, los generadores de aceite gastado procedente de automóviles, vehículos de transporte de carga y transporte de pasajeros, se concentran en talleres de mantenimiento.

Tabla 5.1 Vehículos en circulación para el año 1992

Tipo de vehículo	Total nacional ^{1,2,3}
Automóviles	7 749 641
Autotransporte de carga	3 305 733
Autotransporte de pasajeros	97 853

¹ Registrados al 31 de diciembre

² Incluye vehículos fronterizos

³ Incluye resultados estatales preliminares

Fuente: *La industria de los lubricantes. SEMIP, 1994*

Para la reparación y mantenimiento automotriz existen aproximadamente 75 492 talleres, además el autotransporte de pasajeros utilizan 120 terminales centrales y un número no determinados de terminales locales o paraderos, de las cuales algunas poseen talleres de mantenimiento menor; asimismo se reporta la existencia de 20 terminales para el servicio autotransporte de carga (SCT, 1994).

Una estimación del volumen generado por los talleres de acuerdo al número de unidades que atienden diariamente, así como de la composición relativa de estos se presenta en la tabla 5.2, elaborada con base en la experiencia de empresas relacionadas con los lubricantes (INE, 1995).

Tabla 5.2 Generadores de aceite gastado de acuerdo a su volumen de generación mensual

Tipo de generador	Composición relativa	Unidades diarias	Generación mensual, l	Tipo de negocio
Micro	1 000	2 a 5	200 a 500	Microtaller
Pequeño	100	6 a 10	501 a 1 000	Taller tipo
Mediano	10	11 a 25	1 001 a 2 500	Talleres de agencias o de camiones
Grande	1	> 25	> 2 500	Empresas o grandes talleres de camiones

Fuente: *Instituto Nacional de Ecología, 1995*

Otro grupo generador es el constituido por barcos y embarcaciones formado por 2 021 embarcaciones con capacidad de 10 a 100 toneladas, 1 978 embarcaciones de 100 toneladas de registro bruto, 70 390 embarcaciones con capacidad de bodega menor a 10 toneladas; además, de un número indeterminado de barcos y embarcaciones en tránsito por México. Para estas unidades el país cuenta con 76 puertos marinos y 9 fluviales, de los cuales 31 tienen actividad comercial nacional e internacional y el resto se destina a actividades turísticas y pesqueras. A su vez Puertos Mexicanos, perteneciente a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, indica la existencia de 23 talleres de mantenimiento, pero esta cantidad se incrementa al incluirse los existentes en puertos para embarcaciones menores y los atracaderos en aguas interiores. La tabla 5.3 muestra las ciudades donde existen puertos con talleres para el mantenimiento de embarcaciones.

Tabla 5.3 Puertos en que existen talleres de mantenimiento para embarcaciones

Lugar	Lugar
El Sauzal, B.C.	Altamira, Tamps.
Ensenada, B.C.	Tampico, Tamps.
San Carlos, B.C.S.	Tuxpan, Ver.
Pichilingue, B.C.S.	Veracruz, Ver.
Santa Resalía, B.C.S.	Coatzacoalcos, Ver.
Guaymas, Son.	Cd, del Carmen, Camp.
Topolobampo, Sin.	Yacalpetén, Yuc.
Mazatlán, Sin.	Progreso, Yuc.
Lazaro Cárdenas, Mich.	Cozumel, Q.R.
Acapulco, Gro.	Puerto Morelos, Q.R.
Salina Cruz, Oax.	Playa del Carmen, Q.R.
Puerto Madero, Chis.	

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1994

Ferrocarriles Nacionales de México posee 1 742 locomotoras, 1 051 coches para el transporte de pasajeros, 49 401 carros para transporte de carga y 10 317 carros destinados a otros servicios. Para el mantenimiento de cada una de estas unidades posee 43 talleres de servicio de equipo y arrastre, y 32 talleres de locomotoras indicada su localización en la tabla 5.4.

Tabla 5.4 Talleres para servicio de equipo y arrastre, y de servicio para locomotoras

Servicio de equipo y arrastre	Servicio para locomotoras
Acámbaro, Mich.	Acámbaro, Mich.
Irapuato, Gto.	Irapuato, Gto.
Puebla, Pue.	Puebla, Pue.
Pachuca, Pue.	Cuernavaca, Mor.
Uruapán, Mich.	Uruapán, Mich.
Valle de México, DF	Valle de México, DF
Cárdenas, SLP	Cárdenas, SLP
Cd. Frontera, Coah.	Cd. Frontera, Coah.
Cd. Madero, Tamps.	
Matamoros, Tamps.	
Nuevo Laredo, Tamps.	D. Cecilia, NL
Monterrey, NL	Monterrey, NL
Saltillo, Coah.	Saltillo, Coah.
San Luis Potosí, SLP	San Luis Potosí, SLP
Cd. Juárez, Chih.	
Chihuahua, Chih.	Chihuahua, Chih.
Durango, Dgo.	Durango, Dgo.
Felipe Pescador, Zac.	
Aguascalientes, Ags.	Aguascalientes, Ags.
Jiménez, Chih.	
La Junta, Chih.	La Junta, Chih.
Los Mochis, Sin.	Torreón, Coah.
Nuevo Casas Grandes, Chih.	
San Rafael, Chih.	
Torreón, Coah.	
Benjamin Hill, Son.	Benjamin Hill, Son.
Empalme, Son.	El Empalme, Son.
Colima, Col.	Colima, Col.
Culiacán, Sin.	
Mazatlán, Sin.	
Guadalajara, Jal.	Guadalajara, Jal.
Nogales, Son.	
Sufragio, Sin.	
Tepic, Nay.	
Apizaco, Tlax.	Apizaco, Tlax.
Campeche, Cam.	Campeche, Cam.
Coatzacoalcos, Ver.	Coatzacoalcos, Ver.
Matías Romero, Chis.	Matías Romero, Chis.
Jalapa, Ver.	Jalapa, Ver.
Orizaba, Ver.	Tenosique, Tab.
Tierra Blanca, Ver.	Tierra Blanca, Ver.
Veracruz, Ver.	Veracruz, Ver.
Medias Aguas, Oax.	Medias Aguas, Oax.
Mérida, Yuc.	Mérida, Tab.
Oriental, Tab.	Oriental, Tab.
Tonalá, Chis.	Tonalá, Chis.

Fuente : Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1994

En el transporte aéreo operan 34 empresas extranjeras y 56 líneas nacionales de las cuales: 5 son troncales, 12 regionales y el resto son empresas de servicio aéreo especializado. Existen 1 726 aeródromos de los cuales 83 aeropuertos son de servicio público, 51 prestan servicio de vuelos nacionales e internacionales, 32 exclusivos para vuelos nacionales y 1 643 aeródromos operados por la aviación privada y regional (SCT, 1996).

Dentro de los generadores industriales destacan la industria química básica y secundaria, petroquímica, metalmeccánica, metálica básica y eléctrica; la planta industrial, con excepción de la industria petroquímica, se ubica en su mayoría, en la Zona Metropolitana de la ciudad de México, Estado de México, ZMC Monterrey, ZMC Guadalajara, ZMC Puebla, ciudades del estado de Veracruz y diversas ciudades de la frontera norte. Esta planta industrial se caracteriza por estar conformada por un porcentaje bajo de grandes industrias y un gran número de micro, pequeñas y medianas industrias, que en conjunto constituyen más de 95 %; en éstas, dentro de los residuos peligrosos que producen, las grasas y aceites gastados se generan con una frecuencia del 12.89%. Así, las fuentes generadoras de aceite gastado se encuentran concentradas en las ciudades y zonas industriales, pero dispersas dentro de ellas y con diferentes capacidades de generación (SEDESOL/INE, 1995; INE/SEMARNAP, 1996).

La industria petroquímica es generadora de grandes cantidades de residuos líquidos, sólidos y de emisiones significativas a la atmósfera. PEMEX posee 16 complejos petroquímicos y numerosas instalaciones para el almacenamiento, transporte y distribución de petróleo crudo y productos petroquímicos; en donde los residuos aceitosos son el mayor y más común de los residuos, en los cuales se incluyen los aceites gastados. Además, dentro de los residuos sólidos que se generan en la industria petroquímica se encuentran: lodos producto del tratamiento de aguas residuales, lodos de los tanques de almacenamiento, y suelos contaminados por derrames, fugas o por la disposición de aceites y residuos que contienen aceites gastados (Shewmake, 1995).

5.2 MANEJO DE LOS ACEITES GASTADOS EN MÉXICO

Los aceites gastados tienen la particularidad de poseer una demanda significativa en el mercado de los residuos, puesto que pueden reciclarse o reusarse. En 1992, se reciclaron aproximadamente 30 millones de litros de aceites gastados (alrededor del 6.8 % del volumen estimado por la SEMIP, empleando como factor de generación 0.65 del consumo de lubricantes): 25.6 millones de litros se destinaron a la re-refinación y a la regeneración (mediante el proceso ácido-arcilla) y aproximadamente

5 millones de litros utilizados en la elaboración de combustibles alternos; además, PEMEX elaboró a partir de aceites gastados un producto llamado "Nacional Templar Compuesto", utilizado para templar piezas de acero cuyo volumen fue de 1.3 millones de litros en el mismo año. El total de aceite gastado que fue destinado a reciclaje - exceptuando a PEMEX- procede en un 50% de agencias automotrices, empresas de transporte y talleres de mantenimiento automotriz; 40% del sector industrial y 10% de otros generadores (SEMIP, 1994; TEXACO, 1995).

Al volumen de aceite gastado destinado a reciclaje se agrega un volumen desconocido que fue reusado, esta actividad se reporta que la realizaron: Ferrocarriles Nacionales de México en la preparación de durmientes y plataformas de madera, la Secretaría de la Defensa en la conservación de cercas y equipos de madera localizados en campos de entrenamiento, la industria de la construcción para la impermeabilización de estructuras de madera, y talleres de vidrio, talleres de cerámica, ladrilleras, baños públicos y panaderías como combustible. La figura 5.1 muestra el manejo de los aceites gastados en 1992, donde se incluye la disposición en confinamiento controlado de 5 000 toneladas de aceites gastados y 1 300 toneladas de grasas en el estado de Nuevo León en 1993 (PROFEPA, 1994; SCERP, 1995).

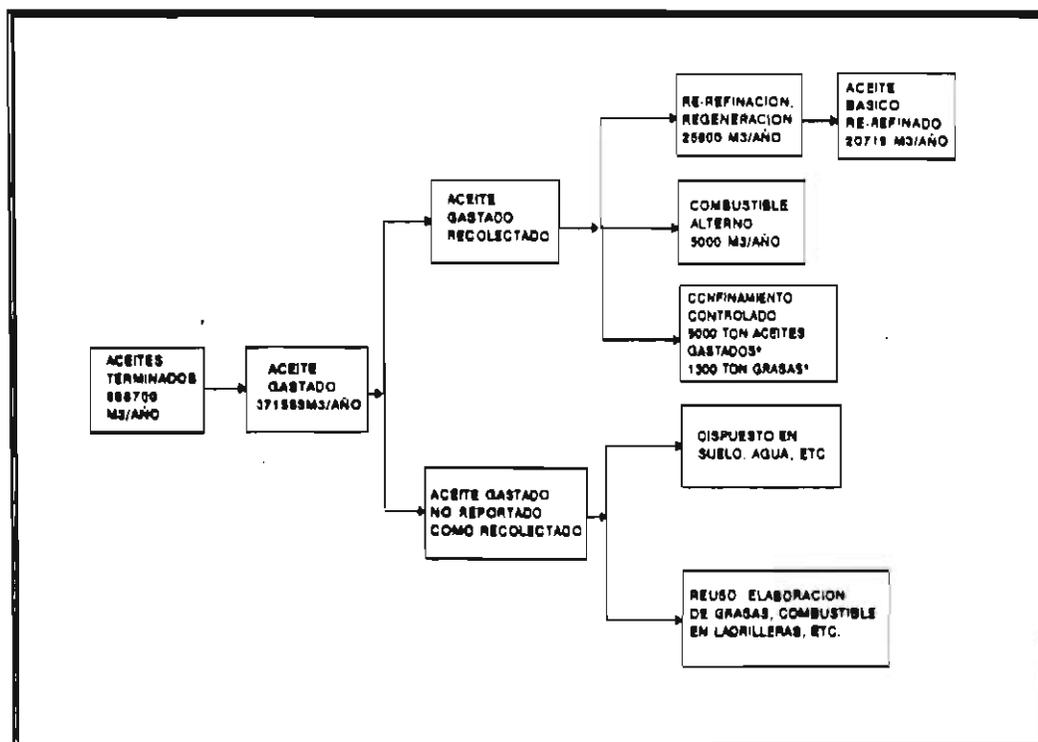


Figura 5.1 Diagrama de flujo sobre el manejo de los aceites gastados

5.3 EMPRESAS DE SERVICIOS DE MANEJO PARA ACEITES GASTADOS

Las empresas de servicios de manejo son las encargadas de conducir los residuos hasta su destino final. Oficialmente se reportan 155 empresas autorizadas para el manejo de residuos peligrosos; sin embargo, el número y la cobertura que éstas ofrecen es limitada, lo que ocasiona que el manejo se realice por algunas empresas que no cuentan con los permisos correspondientes para ofrecer una o más de las operaciones incluidas en la definición de manejo. La tabla 5.6 contiene a las empresas autorizadas clasificadas de acuerdo a la actividad que realizan, y la tabla 5.7 a las empresas recicladoras de lubricantes gastados.

Tabla 5.6 Empresas autorizadas para el manejo de residuos peligrosos

Actividad	Número de autorizaciones
Almacenamiento temporal	6
Recolección y transporte	71
Reacondicionamiento de tambores	2
Reciclaje de solventes sucios	17
Reciclaje de lubricantes usados	9
Reciclaje de metales	5
Manejo integral para preparación de combustible alternativo	3
Incineración de combustibles alternos	3
Incineración de residuos	3
Tratamiento de bifenilos policlorados	1
Tratamiento "in situ" de residuos	22
Recolección, transporte y exportación de residuos peligrosos	5
Confinamiento controlado	4
Empresas para la rehabilitación de sitios contaminados con residuos peligrosos	4

Fuente: Programa para la minimización y manejo integral de residuos industriales peligrosos en México 1996-2000. INE/SEMARNAP, 1996

Tabla 5.7 Empresas de servicio de manejo autorizadas para el reciclaje de aceites lubricantes gastados

Empresa	Domicilio	Actividad
Juan R. Santos Nieto	Nicolás Romero, Estado de México	Recolección y reuso de aceites lubricantes gastados
Novacities S.A. de C.V.	Monterrey, N.L.	Reciclaje de aceite lubricante gastado
Productos Texaco, S.A. de C.V.	Planta industrial en Querétaro, Qro.	Reciclaje de aceite lubricante gastado (dado de baja)
Ecología y Lubricantes S.A. de C.V.	Atizapán de Zaragoza, Edo de México	Reciclaje de aceites lubricante gastado. Incluye: recolección, transporte y almacenamiento.
Productos Lubriform, S.A. de C.V.	México, D.F.	Tratamiento "in situ" de aceites industriales
Diator de México SA de CV	Lafán, Oto.	Formulación de aceites lubricantes líquidos y grasas
Industria Nacional de Lubricantes SA de CV (INLUBSA)	Zapopan, Jalisco	Recolección, transporte, almacenamiento y reciclaje de aceites lubricantes gastados
TEBO SA de CV	Fracc. Industrial Alca Blanco, Nascalpan de Juárez Edo. México	Almacenamiento y reciclaje de perclorotileno-aceites de corte.
Maquiladora de Lubricantes, S.A. de C.V.	Monterrey, N.L.	Recolección, transporte, almacenamiento y reciclado de aceites hidráulicos gastados

Fuente: INE, Agosto de 1995

5.3.1 Tecnologías aplicadas en México para el reciclaje de los aceites gastados

Las principales tecnologías disponibles en el país para el reciclaje de aceites gastados son: la elaboración de combustibles alternos, el proceso de re-refinación de aceite Phillips y el proceso ácido-arcilla.

5.3.1.1 Elaboración de combustibles alternos

El tratamiento de los aceites gastados mediante operaciones físicas y químicas para la obtención de un combustible es deseable debido a que éstos poseen un contenido calorífico de aproximadamente 138 000 BTU/galón (9831.98 kcal/l equivalente al 92.6% del contenido calorífico del combustibleo).

En México el empleo de aceites gastados como combustible líquido en equipo no industrial es una práctica de la cual no existen reportes; en cambio la formulación de combustibles alternos elaborados a partir de residuos clasificados como peligrosos, entre los que se cuenta como constituyente a los aceites gastados, se ha desarrollado con gran intensidad. Las tablas 5.8 y 5.9 muestran los empresas dedicadas a la elaboración de estos combustibles y las empresas que los incineran, respectivamente; a su vez, los constituyentes típicos de los combustibles derivados de residuos o combustibles alternos se indican en la tabla 5.10.

Actualmente los combustibles alternos se destinan para su combustión exclusivamente en hornos cementeros. Estos hornos son equipos de calentamiento directo por combustión en los cuales los gases de combustión entran en contacto directo con los materiales de proceso, por lo cual se incorporan elementos y compuestos que no fueron destruidos por efecto de la temperatura en el producto obtenido de los hornos (clinker). La combustión de estos combustibles en hornos cementeros se considera apropiada puesto que el tiempo de residencia de los gases de combustión fluctúa entre los 4 y 6 segundos, que aunado a la temperatura en el horno, superior a los 1000 grados centígrados, permiten la destrucción casi total de los compuestos orgánicos que constituyen el combustible.

La calidad del clinker requerida para la elaboración de cemento limita el contenido de metales y otros compuestos en el combustible alternativo. La simulación del efecto que producen sobre la operación del horno y en las características del clinker, la variación en los diferentes compuestos y propiedades del combustible alternativo, así como del análisis de las pruebas de quemado posteriores, permiten establecerse las concentraciones máximas de los constituyentes en los combustibles alternos y el porcentaje de sustitución de combustibles convencionales que posibiliten el cumplir con las normas para la emisión de contaminantes a la atmósfera. La tabla 5.11 contiene las concentraciones máximas obtenidas mediante simulación y pruebas de quemado para un horno cementero promedio.

Tabla 5.8 Formuladores de combustible alternativo

Empresa	Domicilio	Actividad
BFI Omega, S.A. de C.V.	Parque Industrial Tenango del Valle, estado de México	Elaboración de combustible alternativo líquido.
Proambiente, S.A. de C.V.	Torreón, Coah.	Elaboración de combustible alternativo líquido.
Ecoltec, S.A. de C.V.	Carretera Saltillo-Monterrey Km. 23.5, Ramos Arizpe, Coah.	Elaboración de combustible alternativo líquido.

Fuente: INE, Agosto de 1995

Tabla 5.9 Incineración de combustible alternativo

Empresa	Planta	Actividad
Cementos Mexicanos S.A. de C.V.	Torreón Coah.	Quema de combustible alternativo líquido (en protocolo de prueba)
Cementos Mexicanos S.A. de C. V.	Huichapan, Hgo.	Quema de combustible alternativo líquido (en protocolo de prueba)
Cementos Mexicanos S.A. de C.V.	Atotonilco de Tula, Hgo.	Quema de combustible alternativo líquido (en protocolo de prueba)
Cementos Portland Moctezuma S. A. de C.V.	Jutepec, Mor	Quema de combustible alternativo líquido (en protocolo de prueba)
Sociedad Cooperativa Manufacturera de Cementos Portland La Cruz Azul, SCL	Jasso, Hgo	Quema de combustible alternativo líquido (en protocolo de prueba)
Sociedad Cooperativa Manufacturera de Cementos Portland La Cruz Azul, SCL	Laguna, Oax	Quema de combustible alternativo líquido (en protocolo de prueba)
Cementos Apasco S.A. de C.V.	Ramos Arizpe, Coah.	Quema de combustible alternativo líquido y sólido (en protocolo de prueba)

Fuente: INE, Agosto de 1995

Tabla 5.10 Constituyentes típicos de los combustibles alternos

Familia	Sustancia
Solventes clorados	Tricloroetano, tricloroetileno, cloruro de metileno y tetraclorometano
Alcohol	Metanol, etanol, propanol, alcohol butilico, alcohol isopropilico
Cetonas	Etil metil cetona, isobutil metil cetona, acetona y pentanona
Aldehídos	Formaldehido, butil aldehído y acetaldehído
Aceites	Gasolinas, aceites hidráulicos, aceites de corte, etc.
Acetatos	Etil acetato, metil acetato, butil acetato y vinil acetato
Compuestos aromáticos	Benceno, tolueno, xileno, naftaleno y fenol

Fuente: ECOLTEC, 1995

Tabla 5.11 Concentraciones máximas permisibles en los combustibles alternos

Componente o propiedad	Límite
Arsénico	< 100 mg/kg
Bario	< 10 000 mg/kg
Cadmio	< 250 mg/kg
Cromo	< 850 mg/kg
Plomo	< 3 000 mg/kg
Mercurio	< 50 mg/kg
Selenio	< 200 mg/kg
Plata	< 500 mg/kg
Plaguicidas y herbicidas	< 40 mg/kg
Cloruros totales	< 0.1 %
Azufre	< 4 %
Cenizas	< 15 %
Agua	< 20 %
Poder calorífico	> 11 630 KJ/kg

Fuente: ECOLTEC, 1995

5.3.1.2 Tecnologías de re-refinación y regeneración

Hasta mediados de 1995, el país contaba con dos tecnologías aplicadas a la re-refinación y regeneración de aceites gastados:

- proceso Phillips
- proceso ácido-arcilla

la primera empleada por una empresa privada y la segunda en uso por PEMEX y varias empresas privadas.

a) Proceso Phillips

El proceso Phillips como tecnología de re-refinación fue explotada comercialmente por la empresa TEXACO S.A. de C.V. hasta mediados de 1995, fecha en que las divisiones recolección y refinación de esta empresa dieron fin a sus actividades.

La empresa disponía de una planta recolectora ubicada en Ecatepec, Edo. de México, encargada de comprar y transportar el aceite gastado a la planta de refinación localizada en la ciudad de Querétaro, Qro.; para la recolección de aceite gastado se disponía de 70 recolectores, 14 de éstos en el Distrito Federal y su zona metropolitana, y los restantes en diferentes ciudades entre las que incluían:

Querétaro, Qro.; Toluca, Edo. de México; Acapulco, Gro; Orizaba, Ver.; Coatzacoalcos, Ver.; Villahermosa, Tab.; Campeche, Camp.; Mérida, Yuc.; Cancún Q.R.; Monterrey, N.L.; Tamaulipas, N.L; Chihuahua, Chih.; Coahuila, Coah.; Durango, Dgo.; San Luis Potosí, S.L.P; Mazatlán, Sin. y Guadalajara, Jal.

La planta recolectora de Ecatepec poseía una capacidad de almacenamiento de 4 500 metros cúbicos. Los generadores a quienes se les recolectaba el aceite gastado consistían en su mayoría de talleres mecánicos automotrices y agencias automovilísticas además, de Ferrocarriles Nacionales de México, Comisión Federal de Electricidad y otros generadores. Una estimación del consumo de aceites vírgenes y del volumen recolectado de aceites gastados por la empresa se muestra en la tabla 5.12, en la cual puede observarse el bajo porcentaje que representa.

Tabla 5.12 Volumen recolectado de aceite gastado en diferentes ciudades

Ciudad	Estado	Volumen de lubricante virgen, 10 ⁶ L/año	Volumen recolectado, 10 ⁶ L/año
México	Distrito Federal	42.8	0.008
Mazatlán	Sinaloa	19.7	0.54
Guadalajara	Jalisco	33.7	1.6
Coahuila	Coahuila	16.6	0.5
Cancún	Quintana Roo	1.8	0.5

Fuente: TEXACO S.A. de C.V.

El volumen de aceites gastados recolectados para re-refinación en el periodo 1990-1994 se indica en la tabla 5.13.

Tabla 5.13 Volumen recolectado de aceite lubricante gastado

Año	Volumen recolectado de aceite lubricante 10 ⁶ L/año
1990	28.1
1991	23.8
1992	22.2
1993	20.2
1994	27.6

Fuente: TEXACO S.A de C.V.

La planta de re-refinación empleaba una versión modificada del proceso Phillips con capacidad de 37.85×10^6 l/año, y diseñada para un flujo de alimentación de 438 L/s con un porcentaje de recuperación de 90 % de la fracción de aceite en la materia prima. El proceso estaba dividido en dos etapas principales: desmetalización e hidrot ratamiento y, no recibía aceites gastados con bifenilos policlorados o un contenido elevado de cloro. La figura 5.2 muestra el manejo de los aceites gastados a partir de su recolección.

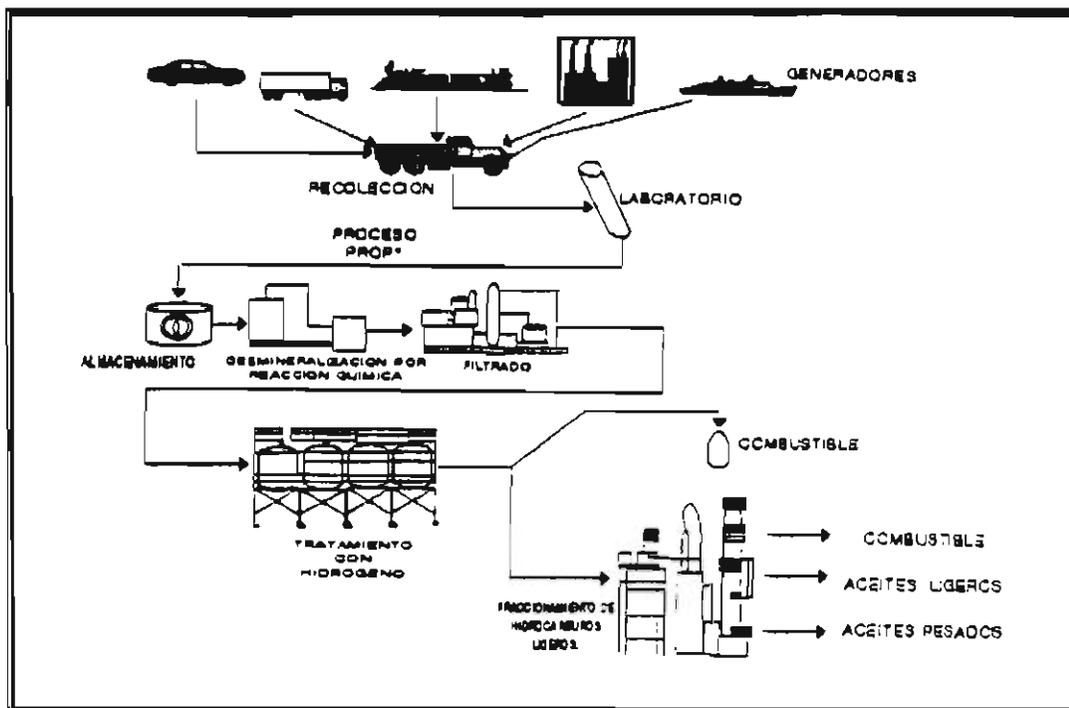


Figura 5.2 Manejo de los aceites gastados

Los residuos obtenidos por la planta de re-refinación son:

- en las etapas de desmetalización e hidrotratamiento: 1 800 m³/año de torta de filtración y 150 m³/año de arcilla gastada respectivamente; además, 500 m³/año de sosa gastada (sosa diluida y sulfuro de sodio) producto de la etapa de hidrotratamiento.
- un volumen de 7.5 l/s de aguas residuales con una DBO de 700 mg/l.

b) Proceso ácido-arcilla

La capacidad instalada de las empresas formalmente establecidas, que utilizan este proceso para la regeneración de aceites gastados asciende en 1994 aproximadamente a 45.4 millones de litros anuales, ubicadas éstas en los estados de México, Jalisco y Guanajuato. Los desechos generados por el proceso ácido-arcilla se tratan antes de comercializarse para su empleo en la elaboración de Impermeabilizantes, la construcción de carpetas asfálticas, la impregnación de láminas de cartón, formulación de hules negros para materiales sujetos a escasa presión y otras aplicaciones (SEMIP, 1994).

CAPITULO 6

LEGISLACIÓN MEXICANA Y NORTEAMERICANA SOBRE ACEITES GASTADOS

La salud y el ambiente son asuntos que han generado en los Estados el desarrollo de un marco legal para su protección; el ambiente está formado por una serie de componentes que necesitan ser protegidos, esta preocupación origina la elaboración de principios científicos y tecnológicos cuya aplicación obliga a trasladarlos al campo jurídico, y el adoptar o reformular principios legales y estructuras administrativas para su implementación. Sin embargo, dentro de la legislación de cada país existen particularidades que tienen que ver con el desarrollo económico y de las instituciones, debido a lo cual es necesario conocer el marco legal donde se insertan las disposiciones para proteger la salud y el ambiente, y establecer así la conveniencia de futuras modificaciones o inclusiones.

6.1 LEGISLACIÓN MEXICANA

La base del sistema jurídico mexicano es la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, de ella derivan normas jurídicas específicas, jerarquizadas de manera que cada una valida y fundamenta a otra inferior y ésta origina a su vez otra u otras. En el primer nivel jerárquico se encuentran las leyes, como es la LGEEyPA cuerpo normativo principal en el derecho ambiental mexicano; en segundo nivel se encuentran los Reglamentos y en tercer nivel las Normas Oficiales Mexicanas que son en esencia resoluciones de control en el ámbito administrativo (SEDESOL/INE, 1994; Muñoz, 1992).

6.1.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

La Constitución contiene las disposiciones que sirven de base al Estado para regular las conductas que alteran al ambiente; existen múltiples relaciones entre la protección al ambiente y las disposiciones constitucionales; los artículos que definen en gran parte la posición que debe guardar el Estado se encuentran en los artículos 4, 25, 27, 73 y 115 constitucionales, que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección del ambiente en el territorio nacional y zonas sobre las que la Nación ejerce su soberanía y jurisdicción.

Artículo cuarto

Este artículo fue reformado según decreto publicado el 3 de febrero de 1983 incorporando en el párrafo tercero: (SEDESOL/INE, 1994)

" toda persona tiene derecho a la protección a la salud. La ley definirá las bases y modalidades para el acceso a los de servicios de salud y establecerá la concurrencia de la Federación y las entidades federativas en materia de salubridad general..."

Artículo 25

El artículo 25 se refiere a la conservación del sector productivo y del medio ambiente en su párrafo sexto que dice:

" ...bajo criterios de equidad social y productividad se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y el uso en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando de la conservación y del medio ambiente."

Así, la rectoría, planeación, coordinación y orientación del desarrollo nacional corresponden al Estado.

Artículo 27

El artículo 27 es la primera disposición contenida en la Constitución relacionada con la actividad del Estado en materia de conservación del ambiente, donde se habla de la función social de la propiedad privada. En 1976 se reforma este artículo en lo referente a asentamientos humanos que se contempla la redacción original y fundamenta la adopción de medidas para la preservación y restauración del equilibrio ecológico, y para que se integre en los centros de población una política de desarrollo económico y social con una política de conservación de los recursos naturales. En agosto de 1987 se reforma nuevamente este artículo especialmente en su párrafo tercero quedando:

"... En conservación se dictarán las medidas necesarias ... para preservar y restaurar el medio ambiente."

Artículo 73

Este artículo contiene varias fracciones que facultan al Congreso para legislar en materia ambiental y sobre el derecho a la salud, así:

Fracción VI

En la base tercera establece:

"... son facultades de la Asamblea de representantes del Distrito Federal las siguientes:

A) Dictar bandos, ordenanzas y reglamentos de ... preservación del medio ambiente y protección ecológica; ... racionalidad y seguridad en el uso de energéticos ... "

Fracción XVI

Esta fracción se reforma el 6 de julio de 1971 en su base cuarta autorizando al Consejo de Salubridad General para tomar medidas que permitan prevenir y combatir la contaminación ambiental, el texto actual dice:

"Para dictar leyes sobre... salubridad general de la República:

....

4a. Las medidas que el Consejo haya puesto en vigor en la campaña contra el alcoholismo y la venta de sustancias que envenenan al individuo y degeneran la especie humana, así como las adoptadas para prevenir y combatir la contaminación ambiental, serán después revisados por el Congreso de la Unión en los casos que le competan; ..."

Fracción XXIX-G

Esta fracción se adicionó mediante reforma constitucional el 10 de agosto de 1987, dando soporte a la LGEEyPA ya que antes de esta reforma era discutible el fundamento de las anteriores leyes ecológicas, y facultando al Congreso para:

"...expedir leyes que establezcan la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los estados y de los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico."

Artículo 115

El decreto publicado el 3 de febrero de 1983 reforma el artículo 115 en su totalidad, quedando su fracción tercera:

"III. Los municipios con el concurso de los estados cuando así fuese necesario y lo determinen las leyes, tendrán a su cargo los siguientes servicios:

a) agua potable y alcantarillado

...

c) limpia"

6.1.2 Ley General de Salud

La Ley General de Salud tiene como objeto establecer las bases y modalidades para el acceso a los servicios de salud y la concurrencia de la Federación y las entidades federativas en materia de salubridad general. De esta forma las autoridades sanitarias establecerán normas y medidas, y realizarán actividades para la protección de la salud humana ante riesgos y daños dependientes de las condiciones del ambiente; desarrollando investigaciones permanentes y sistemáticas, y estableciendo los valores de concentración máxima permisible para el ser humano de contaminantes en el ambiente.

De esta forma corresponde a las autoridades sanitarias el ejercer control sanitario sobre los establecimientos en los que se desarrollen actividades ocupacionales, para lo que se ajustará a lo establecido en la Ley y demás disposiciones aplicables de acuerdo al riesgo que presentan para la salud humana (Art. 282). También corresponde a la Secretaría de Salud:

" Establecer, en coordinación con las dependencias del ejecutivo federal competentes y las características de los diferentes productos ..., de acuerdo al riesgo que presenten directa o indirectamente a la salud." (Art. 279 fracción I)

" Establecer las condiciones que deberán cumplir para fabricar, formular, envasar, etiquetar, embalar, almacenar, transportar, comercializar y aplicar plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas en coordinación con las dependencias competentes. A efecto de proteger la salud de la población prevalecerá la opinión de la Secretaría de Salud." (Art. 279 fracción V)

6.1.3 Ley Federal de Metrología y Normalización

La Ley Federal de Metrología y Normalización, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de julio de 1992, contiene 127 artículos distribuidos en seis títulos; la ley específica, en el artículo 1 fracción II índice C, como objeto en materia de normalización:

" Establecer un procedimiento uniforme para la elaboración de Normas Oficiales Mexicanas para las dependencias de la administración pública federal."

en el artículo 40 fracción I indica que las Normas Oficiales Mexicanas tendrán como finalidad establecer:

"I.- Las características y/o especificaciones que deberán reunir los productos y procesos cuando estos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana, animal, vegetal, el medio ambiente en general y laboral, o para preservación de recursos naturales"

y en materia de residuos peligrosos la fracción XVIII:

"XVII.- Las características y/o criterios y procedimientos para el manejo, transporte y confinamiento de materiales y residuos industriales peligrosos ..."

El procedimiento para emitir normas oficiales mexicanas y sus características de contenido se especifican en los artículos 41 al 50. El artículo 45 exige que para los anteproyectos de Norma Oficial Mexicana deberán acompañarse de un estudio costo-beneficio y:

"... la justificación de por que la Norma Oficial Mexicana es entre otras alternativas posibles, el mecanismo que permite alcanzar el objetivo deseado con el mayor beneficio neto."

6.1.4 Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente

La LGEEyPA es reglamentaria de las disposiciones constitucionales y está compuesta por 204 artículos, divididos en seis títulos:

- I. Disposiciones generales.
- II. Biodiversidad.
- III. Aprovechamiento sustentable de los elementos naturales.
- IV. Protección al ambiente.
- V. Participación social e información ambiental.
- VI. Medidas de control y seguridad; y sanciones.

la ley establece en el artículo primero que sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen como uno de sus objetos:

"Definir los principios de la política ecológica y los instrumentos para su aplicación."

Para esto en el título primero capítulo segundo se definen las facultades de la Federación; así como, la coordinación con otras dependencias y entidades de la administración pública federal en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente. Atribuyendo a la Federación en el artículo quinto fracción I:

"... la formulación y conducción de la política ambiental nacional."

Así como la expedición de Normas Oficiales Mexicanas que tengan por objeto:

I.- Establecer los requisitos, especificaciones, condiciones, procedimientos, metas, parámetros y límites permisibles que deberán observarse en regiones, zonas, cuencas o ecosistemas, en el desarrollo de actividades económicas, en el uso y destino de bienes, en insumos y en procesos;

II.- considerar las condiciones necesarias para el bienestar de la población y la preservación o restauración de los recursos naturales y la protección al ambiente."

De acuerdo al artículo 6 las atribuciones que la LGEEyPA otorga a la Federación serán ejercidas a través de la SEMARNAP; facultándola además para regular y controlar las actividades consideradas como altamente riesgosas, y de la generación, manejo y disposición final de materiales y residuos peligrosos. Para esto las Normas Oficiales Mexicanas y el Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos, contendrán los criterios y listados que clasifiquen los materiales y residuos peligrosos identificándolos por su grado de peligrosidad y considerando las características y los volúmenes.

En lo relativo a la responsabilidad sobre el manejo y la disposición final de los residuos peligrosos la LGEEyPA establece que ésta corresponde a quien los genera, y cuando sean manejados por empresas autorizadas para realizar servicios de manejo, la responsabilidad por las operaciones será de éstas independientemente de la responsabilidad de quien los generó.

6.1.6 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos

El Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos, publicado el 25 de noviembre de 1988, contiene 63 artículos divididos en cinco capítulos que tienen por

objeto, reglamentar la LGEEyPA en lo que refiere a residuos peligrosos. En el artículo segundo anota que la aplicación del Reglamento compete al ejecutivo federal por conducto de la SEDUE (actualmente SEMARNAP), sin perjuicio a otras dependencias propias del ejecutivo federal, y manifiesta que las autoridades del Distrito Federal, de los estados y de los municipios, podrán participar como auxiliares de la Federación en la aplicación del Reglamento. El Reglamento en el artículo tercero define al generador como:

" La persona física o moral que como resultado de sus actividades produzca residuos peligrosos."

El artículo 6 indica que todo generador de residuos tiene la obligación de determinar si éstos son peligrosos de acuerdo a las normas correspondientes. Así en el capítulo II, relativo a la generación de residuos peligrosos, establece las obligaciones para un generador de residuos peligrosos y en el capítulo III los requisitos y obligaciones sobre el manejo, entendiéndose por manejo:

" El conjunto de operaciones que incluyen el almacenamiento, recolección, transporte, alojamiento, reuso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final de los residuos peligrosos."

En la gestión de los residuos peligrosos es necesario conocer las empresas que los generan, así como la cantidad que producen, transportan, almacenan, reciclan, tratan o eliminan; además, de los accidentes en los que se producen derrames y la forma en que son atendidos. Para este fin se establece un sistema de notificación basado en diversos manifiestos y reportes de manejo, para a partir de esto: (Muñoz, 1992)

"... establecer y mantener actualizado un sistema de información sobre la generación de residuos ..."

así como:

"... controlar el manejo de los residuos peligrosos que se generan en las operaciones y procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización y de servicios."

establecidos en el artículo cuarto fracciones III y XI respectivamente, y cuyo fundamento legal se encuentra contenido en diferentes artículos del mismo Reglamento.

Los artículos del capítulo IV del Reglamento establece que para las empresas que importen o exporten materiales o residuos peligrosos deberán sujetarse a éstos y presentar el **"Manifiesto para la Importación o exportación de materiales o residuos peligrosos"**, el cual debe tramitarse y, de dictaminarse positivamente la Secretaría expedirá una guía ecológica que autorizará la movilización transfronteriza de éstos.

6.1.6 Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos

El 7 de abril de 1993 se publica el Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos, el cual contiene 136 artículos incluidos en nueve títulos:

Título primero: define el objeto del Reglamento, establece definiciones, la competencia y concurrencia de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, y dependencias del ejecutivo federal; define y clasifica a las sustancias peligrosas y la forma en que deberán identificarse las sustancias y residuos peligrosos.

Título segundo: establece las disposiciones aplicables a los envases y embalajes empleados en el transporte de sustancias y residuos y, sus excepciones; así como, la exigencia de un etiquetado y marcado del envase y embalaje que permita su identificación y reconocimiento del riesgo que presenta.

Título tercero: refiere y establece las características, especificaciones y equipamiento de los vehículos motrices y unidades de arrastre a utilizar; la obligación de contar con aditamentos de emergencia y dispositivos de seguridad, así como la manera de identificar dichos vehículos y unidades.

Título cuarto: establece que las unidades que transporten materiales y residuos peligrosos deberán someterse a inspecciones técnicas y de operación; indica que el acondicionamiento de la carga tendrá por objeto que el transporte sea seguro, debiendo existir información de emergencia para el transporte de cada uno de los materiales; se establece para el traslado de materiales y residuos peligrosos la documentación correspondiente, trata también del establecimiento, definiciones y competencia del Sistema Nacional de Emergencia en Transportación de Materiales y Residuos Peligrosos.

Título quinto: se refiere a posibles situaciones en el traslado de materiales y residuos peligrosos por autotransporte que conlleven riesgos ambientales. Establece y define aspectos técnicos de prevención y de manejo, al inicio, continuación y término de las operaciones de traslado por vía férrea y sobre su almacenamiento temporal.

Título sexto: contempla que el transporte de residuos peligrosos debe efectuarse conforme a la clase de sustancia peligrosa de que se trate y que dio origen al residuo; cita las disposiciones especiales para el transporte de materiales y residuos peligrosos.

Título séptimo: obliga a los transportistas, expedidores o generadores de materiales o residuos peligrosos contar con un seguro que ampare daños a terceros, vías generales de comunicación y cualquier otro daño; además, determina como se fijará la cobertura mínima del seguro y, que éste no limitará la responsabilidad del transportista, expedidor o generador.

Título octavo: precisa las responsabilidades y obligaciones del expedidor y destinatario de material y residuos peligrosos; delimita, define y establece responsabilidades y obligaciones del autotransportista y del conductor para el traslado, así también para la empresa ferroviaria y del personal que interviene en el traslado.

Título noveno: fija el monto de las sanciones que corresponden a las infracciones al Reglamento.

6.1.7 Normatividad

Actualmente existen ocho normas oficiales mexicanas sobre residuos peligrosos, de ellas la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993 cataloga a los aceites lubricantes gastados como residuos peligrosos provenientes de fuentes no específicas; además, incluye dentro de la clasificación de residuos peligrosos a otros aceites gastados y residuos de aceite gastado dentro del listado por giro industrial y proceso.

Dentro del programa para el desarrollo de normas en materia de residuos peligrosos y especiales se encuentran las siguientes en proceso de elaboración: manejo de los residuos de la extracción de gas y petróleo, manejo de aceites lubricantes usados, requisitos técnicos para la formulación de combustibles alternos con base en residuos, tratamiento térmico de residuos peligrosos y caracterización de residuos estabilizados para su confinamiento.

En lo que se refiere al transporte de materiales y residuos peligrosos existen publicadas 23 Normas Oficiales Mexicanas, tres en proceso de publicación, dos en etapa de anteproyecto y tres programadas para elaboración que permitirán establecer el marco normativo contemplado por el Reglamento para el Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos.

Al conjunto anterior de normas se agregan diversas Normas Oficiales Mexicanas relacionadas con la protección de la salud y, el control de la contaminación del agua y de la atmósfera.

6.1.8 Manifiestos y reportes de generación y manejo

En el Diario Oficial de la Federación se publica, con base en el artículo 4 del Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos, siete manifiestos y reportes de generación y manejo de residuos peligrosos; los cuales deberán llenarse por los generadores y empresas de servicios de manejo de acuerdo a los instructivos, y de esta forma servir para establecer y mantener actualizado el sistema de información sobre generación y manejo de residuos peligrosos.

6.2 Legislación Norteamericana sobre aceites gastados

La década de los 70's en los Estados Unidos trajo consigo un sistema de leyes federales previstas para la protección ambiental, y diseñadas para proteger los recursos naturales y la salud humana; estas leyes se interrelacionan y en conjunto proporcionan la protección requerida (Kubasek, 1990).

Las actas o leyes comúnmente incluyen un concepto u objeto de la legislación, así como una secuencia temporal en el cual serán alcanzados. Las actas facultan al poder ejecutivo a través de una agencia u otro órgano, para crear las regulaciones que incluyan el concepto, refinándolo en reglas específicas que completen los objetivos expuestos en el acta (Kubasek, 1990).

6.2.1 Cronología del desarrollo de la regulación específica para aceites gastados

El 18 de diciembre de 1978 la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) propone principios y regulaciones para el manejo de los residuos peligrosos, las reglas para su identificación y el listado de residuos peligrosos bajo la sección 3001 del Acta para la Conservación y Recuperación de Recursos (*Resource Conservation and Recovery Act, RCRA*). En esa ocasión USEPA propone incluir en el listado a los residuos de: aceites lubricantes, aceites hidráulicos y aceites de corte; además, USEPA propone regulaciones para el reciclaje en lo que respecta:

- i) incineración y quema de aceite lubricante usado, hidráulico, de transmisión y de corte que resultase peligroso y,
- ii) el uso de aceites usados de manera que constituya disposición. (CRF 40 subparte 261.2(c)(1))

USEPA decide, el 19 de mayo de 1980, diferir la expedición de regulaciones sobre el reciclaje de residuos de aceite para revisar con mayor cuidado los estándares a cumplir, en lugar de impulsar las regulaciones contenidas en el subtítulo C de RCRA. En la misma fecha USEPA establece las reglas de cuando el aceite usado deberá sujetarse a las regulaciones de residuos peligrosos.

El Acta para el Reciclaje de Aceite Usado (*Used Oil Recycling Act, UORA*), aprobada por el Congreso el 15 de octubre de 1980, pretende animar el reciclaje de aceite usado y reconoce el peligro potencial de éste cuando se maneja inapropiadamente; UORA define al aceite usado y al aceite reciclado de la siguiente manera:

Aceite usado: cualquier aceite que fue refinado del petróleo crudo, utilizado y como resultado de dicho uso, contaminado por impurezas físicas y químicas. (Nolan, 1990)

Aceite reciclado: cualquier aceite que fue usado siguiendo su uso original para cualquier propósito, incluyendo la intención para la cual el aceite fue originalmente destinado. Además, incluye aceite que es re-refinado, recuperado, quemado o reprocesado. (Nolan, 1990)

El Acta para el Reciclaje de Aceite Usado requiere que EPA haga una determinación sobre la peligrosidad del aceite usado y, de acuerdo a la sección VII establecer los estándares y requerimientos para proteger la salud pública y al ambiente del peligro asociado al aceite usado, sin desanimar la recuperación y reciclaje del mismo. Estas disposiciones fueron añadidas a la sección 3012 de RCRA, y posteriormente reubicadas en la sección 3014 en 1984 debido a la Ley de Enmiendas sobre Residuos Sólidos y Peligrosos. En enero de 1981 EPA de acuerdo a sus determinaciones señala la intención de incluir en el listado de residuos peligrosos a los aceites usados y no usados bajo la sección 3001 de RCRA, la Agencia basa su decisión en la presencia de sustancias tóxicas en el aceite no usado a la vez que de diversos contaminantes en el aceite usado.

El 8 de noviembre de 1984 se establece la Ley de Enmiendas sobre Residuos Sólidos y Peligrosos (*Hazardous and Solid Waste Emendements Act, HSWA*) requiriendo que EPA identifique o incluya, en el listado de residuos peligrosos al aceite usado para motor proveniente de automotores y tome una decisión final sobre la identificación o listado de cualquiera de los aceites usados para el 8 de noviembre de 1985

El 29 de noviembre de 1985 EPA propone listar todos los aceites usados como residuos peligrosos. Además, se publican regulaciones aplicables al aceite usado utilizado para recuperación de energía en calderas y hornos industriales que incluyen controles para la comercialización y de las actividades de recuperación de energía.

EPA decide no incluir en el listado de residuos peligrosos al aceite usado que será reciclado el 19 de noviembre de 1986, esta decisión se apoya en los efectos estigmáticos asociados y que puede desanimarse el reciclaje e incrementar la disposición inadecuada. El 19 de mayo de 1992 EPA decide no listar al aceite usado destinado para disposición como un residuo peligroso, basado en que las regulaciones existentes controlan adecuadamente cualquier escenario potencial de descarga al ambiente; eximiendo a su vez, a los filtros para aceite usados que no poseen revestimiento de estaño y plomo de la definición de residuo peligroso. El 10 de septiembre de 1992 EPA decide no listar al aceite usado destinado a reciclaje como un residuo peligroso y a su vez promulgar estándares de manejo. Por último el 4 de marzo de 1994 se aclaran y amplían las excepciones existentes para la mezcla de aceite usado con crudo y los puntos de inserción a los procesos de refinación.

6.2.2 Regulación específica para aceite usado

El Código de Regulaciones Federales 40 en su parte 279 define al aceite usado como:

"... cualquier aceite que ha sido refinado del petróleo crudo o cualquier aceite sintético que ha sido usado y como resultado de su uso se contamina con impurezas físicas o químicas" (CRF 40 parte 279.1)

La aplicación de esta definición se muestra en la figura 6.1; en ésta se establece que cuando el aceite usado mezcla con otra u otras sustancias la mezcla resultante puede presentar características peligrosas. Si los aceites usados se mezclan con residuos que solo presentan la característica de inflamabilidad, y no están incluidos en los listados de RCRA de residuos peligrosos, se pueden manejar como aceite usado; asimismo, las mezclas de aceites usados con residuos que presentan características de peligrosidad, esto incluye cualquier residuo peligroso no listado en RCRA que presenta alguna característica peligrosa con excepción de los residuos caracterizados únicamente como inflamables, se pueden manejar como aceites usados si la mezcla no exhibe ninguna característica peligrosa.

La suposición o presunción refutable se aplica a quienes manejan aceite usado, es una prueba que permite determinar si el aceite usado fue mezclado con residuos peligrosos; para esto el aceite que contiene más de 1000 ppm de halógenos totales es presumiblemente un residuo peligroso. La presunción de mezclado con residuos peligrosos puede refutarse por quien maneje aceite usado, al demostrar que éste no contiene concentraciones significativas de constituyentes halogenados peligrosos que se encuentren listados en el apéndice VIII de la parte 261; si se demuestra que el aceite usado no fue mezclado con residuos peligrosos regulados, la presunción puede refutarse. La figura 6.2 indica el proceso para refutar la presunción de mezclado.

6.2.3 Manejadores de aceite usado

Los manejadores de aceites usados son aquellas personas que realizan las actividades de manejo, como tales se incluye a los siguientes: generadores, centros de acopio, transportistas, instalaciones de transferencia, quemadores, vendedores, procesadores y re-refinadores; cuya definición y características se indican en la tabla 6.1.

Los manejadores cumplen requisitos que les son comunes, esto incluye principalmente requisitos sobre: almacenamiento; notificación y respuesta a derrames, descargas o fugas; contención secundaria; notificación de actividades y, documentación para localización y seguimiento del residuo. Adicionalmente existen requisitos de aplicación particular para cada manejador.

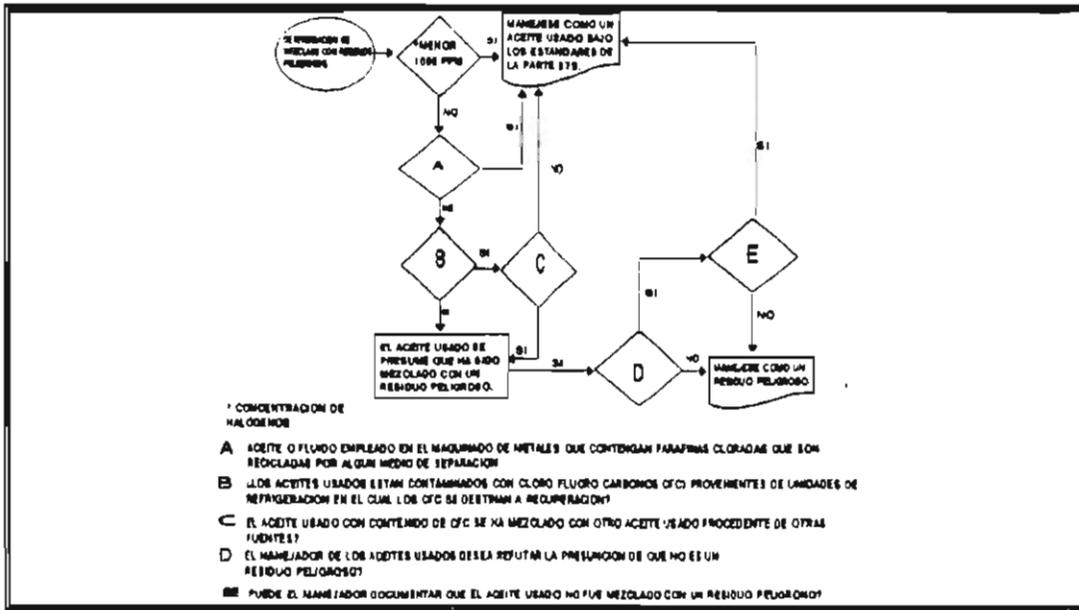


Figura 6.1 Diagrama de flujo para la aplicación de la definición de aceite usado
Fuente: *Used Oil Management Standard Training, EPA 1994*

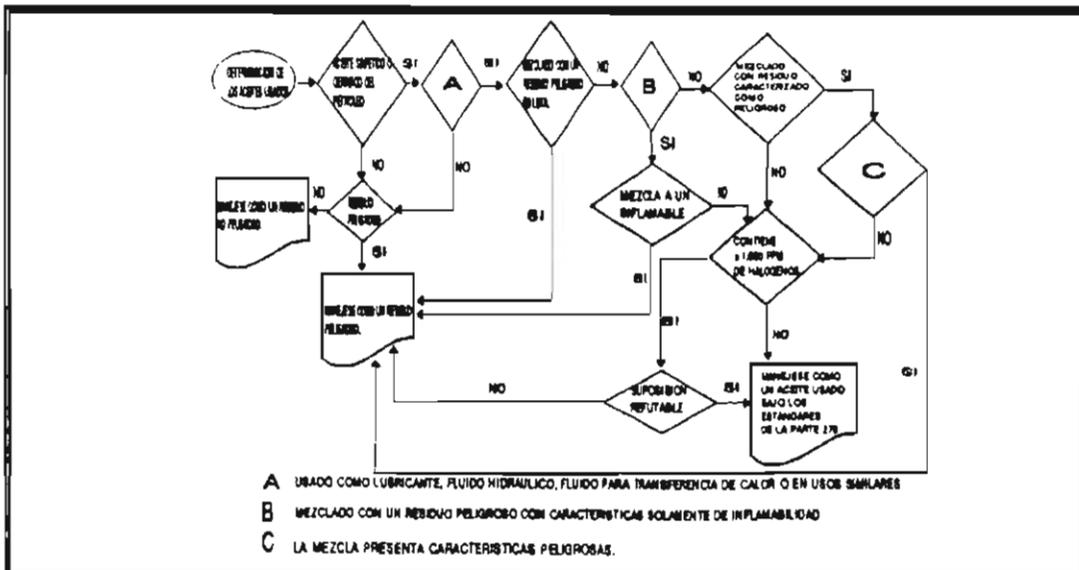


Figura 6.2 Diagrama de flujo para refutar la suposición de mezclado con residuos peligrosos
Fuente: *Used Oil Management Standard Training, EPA 1994*

Tabla 6.1 Manejadores de aceite usado en los Estados Unidos de América

Actividad de manejo	Definición/características
Generador	Un generador de aceite usado es cualquier persona, negocio o agencia gubernamental en cuyo desempeño o proceso produce aceite usado o, cuyo acto provoca por primera vez que el aceite usado sea objeto de regulación. Bajo la definición de generadores domésticos de aceite usado se incluyen a los individuos privados quienes generan aceite usado a través del mantenimiento de sus vehículos personales y, están exentos de las regulaciones incluidas en la parte 279 subparte C.
Centro de acopio	Los centros de colección o acopio de aceite usado son cualquier sitio o instalación autorizada por el gobierno estatal o local para manejar aceite usado y aceptar, reunir y/o almacenar aceite usado recolectado de los generadores. Un centro de colección exclusivo para generadores domésticos es cualquier sitio o instalación que acepta, reúne y/o almacena aceite usado recolectado únicamente de generadores de este tipo y no requiere de autorización. Los puntos de agregación de aceite usado son cualquier sitio o instalación que acepta, reúne y/o almacena aceite usado recolectado exclusivamente de otros sitio de generación o manejados por el propietario u operador de un punto de agregación o, colectados de generadores domésticos.
Transportista e instalaciones de transferencia	Un transportista es cualquier persona que transporta aceite usado o lo colecta de más de un generador y posteriormente traslada el aceite usado colectado. Una instalación de transferencia de aceite usado es cualquier instalación relacionada con el transporte que mantenga el aceite usado durante un tiempo mayor de 24 horas durante el curso normal de transporte pero no mayor a 35 días. El propietario u operador de las instalaciones de transferencia se considera también un transportista. Las instalaciones que mantienen menos de 24 horas en su interior no están sujetas a los requerimientos para almacenamiento (subparte 279.45); además, cuando el periodo de almacenaje es mayor de 35 días se estará sujeto a las regulaciones como procesador de aceite usado.
Procesadores y re-refinadores	Un procesador de aceite usado o re-refinador son instalaciones que procesan aceite usado y, están regulados por la parte 279 subparte F. Un re-refinador de aceite usado es una instalación que procesa aceite usado para producir aceite básico, combustibles industriales, extensiones de asfalto, combustibles tipo diesel y otros productos.
Quemadores	Se consideran quemadores de aceite usado a las instalaciones que utilizan combustible de aceite usado para recuperación de energía, cuando el combustible de aceite usado excede los niveles especificados en la parte 279.11 el combustible está fuera de especificaciones y el quemador que lo utilice debe sujetarse a las regulaciones contempladas en la parte 279 subparte G; si el combustible cumple con las especificaciones, las instalaciones que lo utilicen no estarán sujetas a estas regulaciones. Un combustible fuera de especificaciones puede quemarse en incineradores de residuos peligrosos, sujetos a las regulaciones de las partes 264 y 265 subparte O.
Vendedor	Un vendedor de combustibles elaborados con aceite usado es cualquier persona que envía aceite usado fuera de especificaciones de su instalación a otra instalación para la quema de aceite usado o, es aquel que por primera vez declara que el aceite usado a ser quemado para recuperación del contenido calorífico, cumple con las especificaciones. Las regulaciones aplicables a los vendedores de aceite usado para su empleo como combustible se encuentran en la parte 279 subparte H. A su vez, los vendedores pueden sujetarse a regulaciones como generador, transportista y/o procesador o re-refinador, así quien maneje aceite usado no puede ser únicamente vendedor.

Fuente: Used Oil Management Standard Training, EPA 1994

CAPITULO 7

ASPECTOS IMPORTANTES PARA LA GESTIÓN DE LOS ACEITES GASTADOS

El manejo inadecuado que recibe el mayor porcentaje de aceites gastados que se generan en el país hace necesario el desarrollo del sistema de control, para lo cual se requiere el perfeccionamiento de la legislación ambiental; así como, de disponer con los medios y procedimientos para su aplicación y ejecución, que incentive el cumplimiento y que acordes con la política ambiental permitan promover e inducir acciones en los particulares que sean compatibles con la conservación y protección del ambiente. Con este objeto se desarrollan a continuación aspectos de importancia para la regulación de las actividades de generación y manejo de los aceites gastados.

7.1 POLÍTICA AMBIENTAL

La política indica la manera de conducir los asuntos que interesan al Estado para alcanzar un objetivo, ésta es cambiante en términos de los resultados y de la satisfacción en el logro de los objetivos. En particular para la formulación y conducción de la política ambiental se deben considerar los principios establecidos en el artículo 15 de la LGEEyPA, los cuales a partir del análisis de los escenarios permitan el establecer un diagnóstico y determinar los objetivos requeridos para el desarrollo de la política ambiental y la aplicación de los principios. El diagnóstico ofrece la posibilidad que a partir de un objetivo general tendiente a prevenir y detener el deterioro del medio ambiente, el establecer un proceso de recuperación y conservación de los ecosistemas y recursos, y precisar a su vez los objetivos particulares; estos objetivos requieren a su vez establecer estrategias que indiquen la dirección a seguirse.

Las estrategias para la gestión de aceites gastados deben tener como propósitos el lograr en el conjunto de actividades de todos los sectores de la población, la industria y los servicios, un manejo y eliminación seguros de los aceites gastados y, la minimización de los costos ambientales y económicos debidos a un manejo inapropiado de éstos.

Así, para el desarrollo de estrategias aplicadas al manejo de los aceites gastados la jerarquización de las prácticas de manejo y el control de los mismos, puede apoyarse en lo establecido en el artículo 15 fracción VII de la LGEEyPA, que se incluye y desarrolla para los residuos peligrosos en el Programa de Medio Ambiente 1995-2000, declarando como niveles de prioridad: la prevención, reducción, reciclaje, tratamiento y disposición.

Estos ordenes de prioridad pueden y deben ajustarse de acuerdo a: las políticas regionales, las condiciones particulares que presentan los generadores y la infraestructura disponible, ya que las condiciones económicas y demográficas de las regiones sugieren la diferenciación correspondiente, y que en consideración de las

fuentes generadoras y de los costos involucrados en el manejo, permitan el reorientar actividades industriales y crear nuevas actividades de manejo.

7.2 DESARROLLO DE LA REGULACIÓN ESPECÍFICA PARA LA GENERACIÓN Y EL MANEJO DE ACEITES GASTADOS

Actualmente el manejo de los diferentes tipos de aceites gastados se regula al igual que los demás residuos considerados peligrosos de acuerdo a lo establecido en la LGEEyPA, el Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos, el Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera, y el Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos; así como, de las Normas Oficiales Mexicanas sobre residuos peligrosos que al igual que las anteriores son de aplicación general.

Sin embargo, los aceites gastados presentan una situación particular que se desprende de lo siguiente:

- El gran volumen generado de aceites gastados.
- La dispersión que presentan los generadores y la capacidad de generación de los mismos.
- El poder reciclarse y aprovecharse por medio de tecnologías ya probadas.
- Su valor inherente como recursos.

Lo anterior sugiere la necesidad de establecer una normatividad específica para los aceites gastados que permita una apropiada regulación de las actividades de generación y manejo, al asignar a cada uno de los participantes las responsabilidades correspondientes. Con este objeto se desarrollan a continuación los puntos de mayor importancia que inciden sobre estas actividades.

7.2.1 Definición de aceite gastado

No existe dentro de la legislación ambiental una definición de aceite gastado, para su elaboración es requisito primario el determinar su campo de aplicación; así, se propone como definición la siguiente:

" Aceite gastado: aceite derivado del petróleo o sintético que ha sido usado en la lubricación, transferencia de calor, transferencia de energía, como materia prima u otro fin industrial similar a éstos, que presenta contaminación física o química aún sin haberse usado y por lo cual resulta inadecuado para el propósito originalmente asignado."

y como complemento de lo anterior:

" Aceite sintético: compuesto químico, que posee las características de un aceite, preparado mediante síntesis química a partir de dos o más compuestos orgánicos de composición simple y, utilizado con el mismo propósito que los aceites derivados del petróleo."

La definición anterior de los aceites gastados tiene como propósito incluir dentro de ella a:

- Grasas.
- Aceites lubricantes.
- Aceites hidráulicos.
- Aceites dieléctricos.
- Aceites para transferencia de calor.
- Aceites para el maquinado de metales.
- Residuos aceitosos obtenidos de la recuperación de aceites gastados que fueron vertidos o derramados.
- Residuos aceitosos producto de la limpieza de recipientes y tanques de almacenamiento.
- Aceites contaminados durante el almacenamiento o manipulación.

Algunos de éstos residuos se incluyen en los listados de la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993 dentro de las categorías:

- Soluciones gastadas provenientes de la extrusión en la producción de aluminio, RP2.3/02.
- Residuos del proceso de extrusión de tubería de cobre, en la producción primaria y secundaria de cobre, RP2.4/02, RP2.5/02.
- Residuos de aceite gastado provenientes de la producción de hierro y acero, RP2.7/01.
- Aceites residuales de las operaciones de maquila, formación y termoformación plástica de componentes electrónicos, RP3.1/01.
- Aceites gastados de corte y de enfriamiento en las operaciones de talleres de maquinado, RP8.1/01.
- Residuos provenientes de las operaciones de barrenado y esmerillado, RP8.1/02.
- Lodos producto de la regeneración de aceites gastados de la industria metalmecánica, RP8.1/06.
- Lodos de los separadores API y cárcamos, de plantas petroquímicas, RP10.2.7/01.
- Aceites lubricantes gastados, RPNE1.1/03.
- Residuos de aceites aromáticos o nafténicos empleados en la producción de pinturas, RPP1.1/01, RPP1.1/02.

7.2.2 Destino

El destino que tengan los aceites gastados es un punto importante que debe jerarquizarse de acuerdo a las consideraciones en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y preservación del ambiente establecido en la LGEEyPA, y dentro de la política ecológica. Para regular las diversas opciones aplicables al destino de los aceites gastados es posible considerar las características físicas y químicas y establecer límites máximos permisibles de constituyentes y propiedades, que condicionen las particularidades del manejo y restricciones en el mezclado de aceites gastados con otros residuos y materiales.

Actualmente el destino que puedan recibir los aceites gastados no modifica su definición normativa como residuos peligrosos; asimismo, la mezcla de aceites gastados con otros residuos peligrosos tampoco la modifica, pero si los requisitos aplicables a su manejo. Para el caso de los aceites gastados, cuando éstos se destinen a reciclaje requieren sean condicionadas las opciones, así:

- Cuando el aceite gastado se recicle para la obtención de aceites básicos, la diferencia en la concentración de sustancias tóxicas no deberá ser significativa con respecto a la que presentan los aceites básicos vírgenes, o en su caso el producto terminado obtenido al emplear aceites básicos re-refinados o regenerados no deberá diferir de manera significativa en su composición de otros productos terminados similares en los que se emplearon aceites básicos vírgenes. El establecimiento de diferencias puede ser aplicable a los constituyentes que destaquen por sus características tóxicas por ejemplo: metales, BPC, TPC, etcétera.
- Cuando el aceite gastado se reuse incorporándose a un proceso como materia prima, en el cual se requiera o no de un pretratamiento, deberá asegurarse que el producto terminado no difiera significativamente de aquellos obtenidos a partir de aceites vírgenes.
- Cuando el aceite gastado se utilice en sustitución de un producto deberá asegurarse que por su composición no presente un peligro mayor al del producto sustituido. Éste es el caso de su empleo como desmoldante, en la preparación de caminos para pavimentación, etcétera.
- Cuando el aceite gastado se destine a combustión en sustitución parcial o total de combustibles convencionales, además de cumplir con las especificaciones para combustibles fósiles líquidos empleados en fuentes fijas, contenidas en NOM-086-ECOL-1994, deberá cumplir con otros parámetros que le serán establecidos, ya sea de manera general o, a partir de un estudio o análisis caso por caso.

7.2.3 Generador de aceites gastados

El Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos en su artículo tercero define al generador como:

" persona física o moral que como resultado de sus actividades produzca residuos peligrosos."

Para la aplicación de esta definición, y establecer los requisitos y obligaciones de los generadores de aceite gastado es conveniente hacer una diferenciación entre los generadores, de acuerdo al volumen que generan o que permanece en posesión como resultado de sus actividades, mediante un límite de generación periódico. Para fijar esta cantidad límite puede considerarse la tabla 5.2, y establecer el porcentaje de generadores que se desean cumplan con requerimientos más estrictos, o utilizar el valor límite de generación empleado por la USEPA para establecer las categorías de generadores, el cual es de 1000 kg/mes y, que para los aceites gastados podría ser de 1000 L/mes o fijado de acuerdo al peso específico promedio de los aceites gastados. Así, se tendrían pequeños generadores de aceites gastados que producen una cantidad inferior a este límite y generadores mayores que la rebasen.

Incluidos en la categoría de pequeños generadores se encontrarían los se puede llamar generadores domésticos, éstos generadores producen aceite gastado y residuos que los contienen, como resultado de las operaciones de mantenimiento o reparación de equipo mecánico menor, electrodomésticos, vehículos y, otros equipos de empleo en casas habitación. En este grupo pueden incluirse otras fuentes como son moteles, escuelas, oficinas, consultorios médicos, etcétera. Los aceites gastados producidos por los generadores domésticos comúnmente se incorporan a los residuos municipales y, al no existir referencias sobre ellos en la LGEEyPA y su Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos se requiere el determinar las obligaciones a que deben sujetarse, de tal manera que incorporen sus residuos a los canales de manejo indicados.

7.2.3.1 Obligaciones de los generadores de aceites gastados

Los aceites gastados al clasificarse como residuos peligrosos son objeto de condiciones o requisitos, que para los generadores se establecen en la LGEEyPA y su Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos, el Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos; además, de las Normas Oficiales Mexicanas relativas a la generación y manejo de residuos peligrosos. Entre las responsabilidades principales relacionadas con el manejo de aceites gastados se encuentran:

- Los generadores residuos peligrosos deberán contar con la autorización correspondiente por parte de la SEMARNAP para realizar actividades donde se generen o manejen éstos (Art. 7 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos).

- El generador deberá inscribirse en el registro que establezca la SEMARNAP para generadores de residuos peligrosos (Art. 8 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos).
- Cumplir con los requisitos de almacenamiento contenidos en los artículos 5, 8, 10, 12 y del 14 al 21 del Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos.
- Envasar e identificar a los residuos peligrosos de acuerdo a las indicaciones previstas en el Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos y las normas respectivas (Art. 8 fracciones V y VI del Reglamento).
- Transportar los residuos peligrosos en los vehículos que determine la SCT y bajo las condiciones previstas en los Reglamentos y Normas Oficiales Mexicanas correspondientes (Arts. 5, 8, 12, 14, 22 y 29 del Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos; Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos).
- La incineración de residuos peligrosos deberá ser de acuerdo a las disposiciones del Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos y Normas correspondientes (Art. 5 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos).
- Está prohibida la disposición final de residuos que contengan BPC en confinamientos controlados y en cualquier otro sitio (Art. 39 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos).
- Dar a los residuos peligrosos la disposición final que corresponda conforme a los métodos previstos en el Reglamento y conforme a lo dispuesto en las normas correspondientes (Art. 8 fracc. X Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos).
- Mantener un registro sobre la generación de residuos peligrosos (Arts. 8 y 23 del Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos).
- Mantener y ofrecer la información requerida por las autoridades sobre el transporte y entrega de residuos peligrosos por medio de un sistema de manifiestos (Art. 23 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos).
- El generador deberá dar aviso a la SEMARNAP de derrames, descargas, infiltraciones o vertido de residuos peligrosos y aplicar las medidas de seguridad que procedan (Art. 42 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos).

- Para el transporte de residuos peligrosos a cualquier instalación de tratamiento o de disposición final, el generador deberá entregar al transportista un manifiesto para el transporte de éstos (Art. 23 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos).

7.2.4 Recolección

El Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos define como recolección:

" acción de transferir los residuos al equipo destinado a conducirlos a las instalaciones de almacenamiento, tratamiento, reuso o a los sitios para su disposición final." (Art. 3 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos)

y quien realice esta actividad deberá:

- Contar con la autorización por parte de la SEMARNAP para instalar y operar sistemas de recolección (Art. 4 fracc. IV, Art 10 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos).

- La recolección de residuos fuera de las instalaciones donde se generen o manejen, así como su transporte deberá realizarse conforme a lo dispuesto en el Reglamento y las normas correspondientes (Art. 22 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos).

- Durante el transporte o transferencia de los residuos el recolector deberá cumplir con las normas correspondientes para el transporte de residuos peligrosos. En caso de suceder un derrame el recolector deberá informar a las autoridades correspondientes y notificar por medio de un manifiesto para casos de derrame a la SEMARNAP (Art. 5 y 42 del Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos).

Además, puede incluirse:

- El recolector podrá consolidar o reunir en un mismo recipiente aceites gastados del mismo tipo con objeto de transferirlos, transportarlos o entregarlos a las empresas de servicios de manejo destinadas al tratamiento, almacenamiento, reuso o disposición final.

- Poseer un registro sobre los volúmenes recolectados y, sobre la transferencia y entrega de éstos a las instalaciones de almacenamiento, tratamiento, reuso o disposición final.

- Cuando la empresa de recolección retenga en posesión aceites gastados por un periodo menor a cierto límite (que sería determinado por la SEMARNAP y, que puede ser 24 horas) no se considerará esto como almacenamiento.

7.2.5 Centros de acopio de aceites gastados

Los centros de acopio de aceites gastados son instalaciones donde se colectan, acumulan y almacenan de manera temporal aceites gastados, para posteriormente entregarlos a una o más empresas encargadas de las operaciones complementarias de manejo. Los centros de acopio no poseen una definición dentro de la legislación ambiental; sin embargo, como participantes en las operaciones de recolección es posible los reciban directamente de los generadores o por intermedio de una empresa de recolección de otras unidades de acopio. De esta manera será posible la existencia de varios tipos de centros de acopio, de acuerdo al tipo de aceite gastado que reciben y/o del tipo de generador de quien lo reciben; así, pueden existir centros de acopio exclusivos para aceites gastados de tipo automotriz aportados por pequeños generadores y centros de acopio que acepten todo tipo de aceites gastados aportado por cualquier generador.

Dentro de las consideraciones especiales para centros de acopio podemos establecer:

- Contar con la autorización correspondiente por parte de las autoridades facultadas para esto.
- Poseer un registro sobre las cantidades de aceite gastado recibido, que especifique cantidad, tipo de aceite y generador, y sobre su entrega posterior a las empresas de servicios de manejo.
- Contar con las áreas físicas requeridas para cada una de las actividades que se realicen en el centro de acopio de acuerdo a su capacidad máxima de almacenamiento.
- Contar con los medios y procedimientos para detectar las características físicas y químicas que indiquen el mezclado con otros residuos peligrosos, y en caso de suceder esta situación requerir al generador la comprobación de que las características que presenta el aceite gastado derivan de su composición original y de su empleo.
- Contar con medios y procedimientos para detectar bifenilos policlorados.
- Los centros de acopio no podrán almacenar en sus instalaciones aceites gastados por un periodo mayor al establecido, que puede ser similar a los fijados para generadores mayores, contados a partir de la fecha en que sean recibidos. Cuando los aceites gastados se acumulen en tanques de almacenamiento la fecha de inicio, para verificación del periodo de almacenaje, será contado a partir del día que el tanque recibe el primer

lote de aceite gastado; cuando por cualquier causa el periodo de almacenaje sea mayor al especificado requerirá de autorización por parte de las autoridades correspondientes, excepto en el caso que el centro de acopio pertenezca a instalaciones dedicadas al tratamiento o reciclaje.

- Los centros de acopio no podrán recibir aceites gastados que contengan bifenilos policlorados en una concentración mayor o igual a 50 ppm, a menos que pertenezca a una instalación dedicada al tratamiento o destrucción de éstos o posean la autorización correspondiente.

- Los centros de acopio podrán reunir en el mismo recipiente aceites gastados siempre y cuando sean; del mismo tipo, no presenten incompatibilidad y esta operación no se realice con objeto de disminuir la concentración de bifenilos policlorados o cualquier otra sustancia peligrosa en la mezcla resultante.

- Los centros de acopio que reciban aceites gastados de generadores domésticos, deberán registrarlos en su bitácora de recepción donde se tendrá que especificar que fueron recibidos sin manifiesto; estos volúmenes de aceite gastado pueden acumularse de manera separada y requerir de análisis para determinar que no contienen bifenilos policlorados en concentración mayor a la permitida para su recepción o, que fueron mezclados con otros residuos peligrosos. Al recibir aceites gastados de generadores domésticos es posible requerir una declaración de que el aceite es de origen doméstico y no presenta contaminación con otros residuos peligrosos.

7.2.6 Almacenamiento

El Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos define el almacenamiento como:

" acción de retener temporalmente residuos en tanto se procesan para su aprovechamiento, se entregan al servicio de recolección o se dispone de ellos."
(Artículo 3)

Las principales obligaciones aplicables a las personas que almacenan aceites gastados contenidas en el Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos son:

- Son responsables del cumplimiento de las disposiciones contenidas en el Reglamento y normas que de él se deriven (Art. 5).

- Contar con autorización de la SEMARNAP para realizar obras donde se manejen residuos peligrosos (Art. 7).

- Contar con autorización de la SEMARNAP para instalar y operar sistemas de almacenamiento (Art. 10).
- Presentar previo al inicio de sus operaciones un programa de capacitación para el manejo de residuos peligrosos (Art. 12).
- Para el almacenamiento y transporte de residuos deberá envasarlos de acuerdo a su estado físico, características de peligrosidad y tomando en cuenta la incompatibilidad con otros residuos y, conforme a las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes (Art. 14).
- Los movimientos de entrada y de salida de residuos peligrosos del área de almacenamiento deberán quedar registrados en la bitácora, donde se indique: la fecha del movimiento, origen y destino que tendrán los residuos (Art. 21).
- Cuando se produzcan derrames, infiltraciones, descargas o vertidos de residuos peligrosos se deberá dar aviso inmediato a la SEMARNAP y ratificarlo por escrito (Art. 42).

El Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos contiene diversos requisitos aplicables al almacenamiento de aceites gastados así, para ubicar los sitios destinados para almacenaje ya sean éstos áreas cerradas, áreas abiertas techadas o abiertas no techadas, se tiene:

- Estar separadas de áreas de producción, servicios, oficinas y de almacenamiento de materias primas o productos terminados (Art. 15 fracc. I).
- Estar ubicadas en zonas donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones, fugas, explosiones, incendios e inundaciones (Art. 15 fracc. II).
- Las áreas abiertas no deben localizarse en sitios por debajo del nivel de agua alcanzado en la mayor tormenta registrada en la zona más un factor de seguridad de 1.5 (Art. 17 fracc. I).

Dentro de las características físicas se precisa que deberán:

- Contar con muros de contención y fosas de retención para la captación de residuos o lixiviados (Art. 15 fracc. III).
- Los pisos deberán de contar con trincheras o canaletas que conduzcan los derrames a fosas de retención, con capacidad para contener el 20% de lo almacenado (Art. 15 fracc. IV).

- Contar con los sistemas de extinción contra incendios (Art. 15 fracc. VI).
- Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de lo almacenado en lugares y formas visibles (Art. 15 fracc. VII).
- Las áreas de almacenamiento cerradas no deberán con conexiones en drenajes en el piso, albañales o cualquier tipo de apertura que pudiera permitir que los líquidos fluyan fuera del área protegida (Art. 16 fracc. I).
- En las áreas de almacenamiento cerradas las paredes deberán ser de material no inflamable (Art. 16 fracc.II).
- Las áreas de almacenamiento cerradas deben contar con ventilación natural o forzada. En los casos de ventilación forzada deberá tener una capacidad de recepción de por lo menos seis cambios de aire por hora (Art. 16 fracc. III).
- Las áreas de almacenamiento cerradas deberán estar cubiertas y protegidas de la intemperie, contar con ventilación suficiente para evitar la acumulación de vapores peligrosos y con iluminación a prueba de explosión (Art. 16 fracc. IV).
- En áreas abiertas notechadas no deberán almacenarse residuos a granel cuando éstos produzcan lixiviados (Art. 18).
- Queda prohibido almacenar residuos peligrosos incompatibles en los términos de la Norma correspondiente (Art. 19 fracc. I).
- Queda prohibido almacenar en cantidades que rebasen la capacidad instalada (Art. 19 fracc. II).

Las áreas abiertas deberán cumplir además con:

- Los pisos deben ser lisos de material impermeable en las zonas donde se acumulen los residuos y de material antiderrapante en los pasillos, los cuales deberán ser de materiales resistentes a los residuos almacenados (Art. 17 fracc.II).
- Contar con pararrayos (Art. 17 fracc. III).

Además a los requisitos contenidos en el Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos pueden añadirse para mayor precisión:

- Queda prohibido el almacenamiento de aceite gastado en lagunas, pozas, diques o excavaciones en el suelo que no cuenten con la protección apropiada para evitar la migración de éste o sus constituyentes al subsuelo o la contaminación del suelo.

- No se permite el almacenamiento de aceite gastado en recipientes abiertos a la atmósfera en áreas de almacenamiento cerradas o abiertas.
- Queda prohibido el almacenar, ya sea en áreas cerradas, áreas abiertas techadas o no techadas, residuos aceitosos o residuos sólidos que contengan aceite gastado de manera tal que puedan dejar fluir aceites gastados al exterior, ya sea en áreas cerradas, áreas abiertas techadas o no techadas.
- Los sitios para ubicar tanques de almacenamiento de grandes dimensiones requerirán de un estudio geológico o de mecánica de suelos.
- Con el propósito de mantener la verticalidad de los tanques de almacenamiento el cálculo de las estructuras de cimentación se hará dependiendo de la mecánica de suelos y deberá considerarse el peso muerto del tanque, peso del producto que almacenará al 100 % de la capacidad del tanque, vientos dominantes, así como de un factor de seguridad establecido para el tipo de zona.
- Todos los tanques de almacenamiento superficial deberán estar limitados por diques de contención con el fin de evitar en caso de derrame o siniestros que éstos se extiendan hacia áreas próximas, y ofrecer la posibilidad de recuperar el producto en caso de derrames o fugas de consideración.
- Los diques deberán de poseer una altura mínima especificada por las normas correspondientes.
- El piso de los diques de contención serán de material impermeable con pendientes a registros de drenaje pluvial y aceitoso, el drenaje pluvial será superficial orientado mediante pendientes hacia un registro coladera. El drenaje aceitoso será conducido mediante tubería enterrada y se tendrá un registro a la salida del dique de contención. Ambos drenajes se interconectarán fuera del dique de contención a una serie de válvulas de control con el fin de poder enviar selectivamente de uno u otro drenaje a su destino; estas válvulas deberán estar normalmente cerradas.
- Cuando dos o más tanques de almacenamiento posean un dique de contención común, la capacidad mínima para la contención de derrames o fugas deberá ser del 100 % de la capacidad del tanque de mayor volumen al que se le sumarán los volúmenes muertos de los demás tanques en el interior del dique.
- Cuando dos o más tanques de almacenamiento posean un dique de contención común, la distancia entre cada uno de ellos deberá ser tal que considere y minimice la posible afectación de las estructuras de suceder un siniestro; además, de cumplir con las normas correspondientes.

- Los diques de contención no podrán hacer la función de barda que limite la propiedad de las instalaciones.

- La separación existente entre el muro de contención y el muro de colindancia o barda deberá ser la especificada en las normas correspondientes.

- La distancia mínima entre el dique de contención y el tanque de almacenamiento deberá ser tal que permita el ingreso de personal y no interfiera con las operaciones de inspección, mantenimiento o reparación.

- Dentro de los diques de contención no deberán existir de manera permanente equipo eléctrico.

- Las válvulas de entrada y salida de material de los tanques deberán ubicarse fuera del dique de contención.

Además, con respecto al periodo que permanecerán los aceites gastados en el interior de las instalaciones tenemos:

- Se considerará almacenamiento cuando los aceites gastados sean retenidos de manera temporal por un periodo mayor al especificado, que puede ser de 24 horas para recolectores, y mayor o igual para transportistas.

- En el caso de los pequeños generadores el límite para la cantidad de almacenamiento es el resultado de multiplicar la cantidad límite de generación que determina su pertenencia a la categoría de pequeño generador por el tiempo máximo de almacenamiento, a los centros de acopio podrá o no establecerse una cantidad límite de almacenamiento, de manera independiente del tiempo que podrán permanecer los aceites gastados en la instalación; los grandes generadores e instalaciones de tratamiento, reuso, reciclaje e incineración pueden almacenar cualquier volumen durante el periodo máximo de almacenaje indicado para éstos. Las posibles capacidades de almacenamiento obligan a permitir y considerar condiciones particulares; así, para volúmenes iguales o menores a la cantidad límite de almacenamiento para pequeños generadores, acumulados en áreas cerradas o abiertas techadas puede permitirse el empleo de tambores apropiados que cumplan con las condiciones de las normas: NOM-024-SCT2-1994 y NOM-028-SCT2-1994 o en tanque fijos debiendo cumplir con los requisitos apropiados contenidos en el Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos. También podrán almacenar en tambores o tanques los generadores mayores, centros de acopio, instalaciones de tratamiento, etcétera.

7.2.7 Transportista

El transporte de residuos peligrosos puede realizarse por autotransporte o empresas ferroviarias; sin embargo, en México el transporte de aceites gastados se efectúa preferentemente por autotransporte. El Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos define al autotransportista como:

" persona física o moral debidamente autorizada por la SCT para prestar servicio público o privado de autotransporte de carga." (Artículo 22)

Las obligaciones y requisitos que deben cumplir los transportistas de residuos peligrosos y en consecuencia de aceites gastados, se establecen en conjunto por el Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos, el Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos y las normas derivadas de éstos, por lo cual los transportistas:

- Durante el desarrollo de sus actividades son responsables de las disposiciones del Reglamento y de las normas que de él se deriven (Arts. 5 y 13 del Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos).
- Se requiere autorización por parte de la SEMARNAP para el transporte, así como, para prestar servicios de transporte (Art. 10 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos).
- Se requiere autorización por parte de la SCT para transportar y prestar servicio de transporte de residuos peligrosos por las vías generales de comunicación terrestre (Art. 10 Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos).
- El transporte se realizará en los vehículos que determine la SCT y bajo las condiciones previstas en el Reglamento y las normas correspondientes (Art. 8 fracc. VIII Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos).
- Transportar los residuos en vehículos autorizados por la SCT y cumplir con el Reglamento y Normas Oficiales Mexicanas correspondientes (Arts. 1, 5 y 33 del Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos).
- Presentar un programa de capacitación del personal responsable ante la SEMARNAP (Art. 12 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos).
- El personal y conductores que intervengan en el transporte deberán estar capacitados convenientemente (Arts. 128, 129, 130, 131 y 133 del Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos).

- Envasar los residuos de acuerdo a su estado físico, características de peligrosidad e incompatibilidad con otros residuos (Art. 14 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos; Arts. 18, 19 y 108 del Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos).
- El transporte de residuos deberá realizarse de acuerdo al Reglamento y normas correspondientes (Art. 22 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos; Arts. 1, 3 y 5 del Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos).
- El transportista deberá conservar el manifiesto de transporte durante 5 años (Art. 23 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos).
- El transportista en forma individual o en conjunto con expedidores o generadores de residuos peligrosos deberán contar con un seguro que ampare los daños que puedan ocasionar a terceros, en sus bienes y personas, ambiente, vías generales de comunicación y cualquier otro daño que pudiera generarse en caso de accidente, en conformidad con la normatividad respectiva (Art. 109 Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos).

De acuerdo a las particularidades que ofrece el transporte de aceites gastados pueden añadirse las siguientes observaciones:

- Cuando el generador contrate a una empresa transportista, éste deberá entregar el aceite gastado al destinatario determinado o acordado por el generador en el manifiesto de entrega y recepción de residuos peligrosos indicada para aceites gastados, en un periodo no mayor al fijado por la SEMARNAP contado a partir de la fecha de entrega al transportista. Cuando este periodo se rebase el transportista requerirá de una autorización de almacenamiento correspondiente.
- El transportista no podrá realizar venteo innecesario de vapores a la atmósfera de los recipientes que contengan aceites gastados, ni retirar fases acuosas, lodos, sedimentos, o cualquier material separado del aceite debido a procesos que ocurran en el interior de los recipientes sin intervención del transportista.
- En el transporte de aceites gastados los recipientes deberán estar rotulados de manera que se indique en forma clara que contienen aceite gastado e indicar el tipo de aceite que contienen, por ejemplo: aceite automotriz, motor; aceite industrial, engranajes.
- Es posible permitir el transporte de aceites gastados por el mismo generador en cantidades que no excedan en cada traslado un volumen máximo (determinado por la SEMARNAP) sin requerir las unidades de autorización por parte de SCT, ni de documentos para el transporte de aceites gastados; pero si, ofrecer características apropiadas de seguridad (establecidas por autoridades federales, estatales y/o

municipales para su tránsito en vías generales de comunicación) y que los aceites gastados estén correctamente envasados y etiquetados de acuerdo a las normas correspondientes.

7.2.8 Tratamiento de aceites gastados

El Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos define al tratamiento como:

" acción de transformar los residuos, por medio del cual se cambian sus características"

con objeto de tener una mayor precisión en los términos, la definición de tratamiento de aceites gastados puede cambiar a:

" el empleo de cualquier método, técnica, proceso o conjunto de operaciones destinadas a cambiar las características físicas, químicas, biológicas o su composición"

Sin embargo, deberá especificarse que:

- La sedimentación de partículas sólidas o la separación de fases acuosas que ocurran durante el almacenamiento, recolección o transporte, que suceden sin intervención del generador, recolector o transportista no se consideran tratamiento. Tampoco se considera tratamiento a las operaciones de limpieza realizadas por el generador con objeto de alargar la vida útil del aceite.
- Las operaciones de limpieza o remoción de contaminantes realizadas por el generador, dentro de sus instalaciones, con objeto de alargar la vida útil del aceite para su reuso posterior, no se considera tratamiento para efectos de la autorización correspondiente.
- Cuando las operaciones de tratamiento se realicen por el propio generador, dentro de las instalaciones, en las cuales se reaprovechen los aceites gastados generados por ellos mismos y/o por otros generadores deberá notificarse a las autoridades correspondientes de esta actividad y de requerirse, obtener su autorización. En esta situación pueden incluirse los complejos petroquímicos que mezclan el aceite gastado con petróleo crudo con el propósito de alimentarlo a una torre de destilación primaria, o el mezclado con combustóleo para su empleo como combustible.
- La remoción del aceite gastado de aguas residuales, realizada por el generador no se considera tratamiento; tampoco se considerara tratamiento a la remoción de aceites gastados de materiales, equipos o dispositivos que lo contengan o de alguna forma contaminados con él.

7.2.9 Incineración

El Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos define a la incineración como:

" Método de tratamiento que consiste en la oxidación de los residuos vía combustión controlada" (Artículo 3)

Las principales obligaciones para quien realice la incineración de residuos son:

- Son responsables de las disposiciones contenidas en el Reglamento y de las normas que de él se deriven (Art. 5 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos; Art. 10 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera).
- Presentar el manifiesto de impacto ambiental correspondiente (Arts. 7 y 11 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos).
- Autorización por parte de la SEMARNAP para instalar y operar sistemas de incineración (Art. 10 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos; Art. 18 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera).
- Programa de capacitación para el manejo de residuos peligrosos (Art. 12 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos).
- La empresa de incineración deberá conservar el manifiesto de entrega, transporte y recepción de residuos peligrosos durante 10 años (Art. 23 fracc. III Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos).
- Deberá entregar a la SEMARNAP, en el formato que ésta determine, un informe semestral sobre residuos recibidos para incineración (Art. 25 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos).
- La destrucción de residuos que contengan cualquier concentración de bifenilos policlorados podrá realizarse mediante incineración (Art. 39 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos).

El propósito de la incineración de residuos peligrosos es la destrucción segura de éstos, actualmente no se cuenta dentro de la legislación ambiental con una definición técnico operativa de incinerador e incineración, que especifique las condiciones y porcentajes de destrucción para ser considerada como tal, en contraparte de otras operaciones de combustión que se realizan de manera controlada. Asimismo de acuerdo a los

compromisos técnicos asumidos por México a su ingreso a la OCDE se deberá incinerar los aceites gastados que contengan bifenilos policlorados en concentración mayor a 100 ppm, así también los materiales que los hayan contenido y que no fueron limpiados apropiadamente.

7.2.9.1 Condiciones para el empleo de aceites gastados como combustibles

El aceite gastado por su contenido calorífico puede emplearse como combustible en equipos de combustión, éstos últimos definidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-085-ECOL-1994 como el dispositivo que se utiliza para realizar la combustión de un gas, un líquido o cualquiera de sus combinaciones, así como sus accesorios. Actualmente para el empleo de aceites gastados como combustible se requiere de autorización por parte de la SEMARNAP, asimismo para su empleo de manera general se requiere que la SEMARNAP expida Normas Técnicas Ecológicas que se incorporen a las Normas Oficiales Mexicanas destinadas para productos utilizados como combustibles o energéticos (Art. 8 fracc XIII LGEEyPA) y, a su vez de disposiciones que regulen esta actividad (Art. 8 fracc. XI LGEEyPA). Lo anterior implica una posible modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-086-ECOL-1994, que establece las especificaciones que deben reunir los combustibles fósiles líquidos y gaseosos utilizados en fuentes fijas y móviles, la adecuación de combustibles elaborados con aceites gastados a estas especificaciones y la inclusión de otras especificaciones o, en su defecto incluirse en la normatividad específica para aceites gastados o el desarrollo de una norma que regule el empleo de aceites gastados y de otros residuos peligrosos en la elaboración de combustibles alternos.

Los aceites gastados destinados a ser utilizados como combustibles deberán someterse a los análisis necesarios que garanticen su idoneidad para este fin. Los análisis deberán contemplar las concentraciones de los metales plomo, níquel y cadmio que poseen gran toxicidad al hombre; los metaloides arsénico y antimonio que presentan mayor toxicidad al medio; los hidrocarburos clorados cuya combustión a demostrado que generan productos de combustión incompleta (cloroformo, tetracloroetileno, cloruro de metilo, etc.) y causa posible de la generación de dioxinas y furanos; BPC y fenoles clorados que también son potenciales precursores de dioxinas y furanos.

Los principales requisitos aplicables al empleo de aceites gastados como combustibles, contenidos en el Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera son:

- Las fuentes fijas de jurisdicción federal que emitan o puedan emitir olores, gases o partículas sólidas o líquidas a la atmósfera requerirán de licencia de funcionamiento (Art. 18 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera).

- No exceder los niveles máximos permisibles de emisiones a la atmósfera establecidos para fuentes fijas en las normas que establezca la SEMARNAP en coordinación con la Secretaría de Salud (Art. 16 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera).
- Las emisiones de contaminantes atmosféricos generados por fuentes fijas deben canalizarse por ductos o chimeneas de descarga, éstos deberán tener la altura efectiva necesaria de acuerdo a la norma correspondiente (Arts. 23 y 24 del Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera).
- Se deberán emplear equipos y sistemas que controlen las emisiones a la atmósfera; integrar un inventario de emisiones contaminantes a la atmósfera; instalar plataformas y puertos de muestreo; medir sus emisiones contaminantes; llevar un monitoreo perimetral de sus emisiones; llevar una bitácora de operación y mantenimiento de sus equipos de proceso y de control; dar aviso a la SEMARNAP en caso de paros programados, circunstanciales y en caso de falla en el equipo de control si éstas pueden provocar contaminación (Art. 17 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera).
- El muestreo y cuantificación de las emisiones contaminantes se harán conforme a las normas correspondientes. Para evaluar la emisión total de una fuente múltiple se sumarán las emisiones individuales de las chimeneas existentes (Arts. 23 y 24 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera).
- Los equipos de medición deberán estar calibrados de acuerdo a la norma correspondiente (Art. 26 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera).

A su vez, la SEMARNAP podrá modificar los niveles máximos de emisión para fuentes fijas específicas para cierta instalación de acuerdo al artículo 22 del Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera.

7.2.9.2 Cenizas

De acuerdo al artículo 6 del Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos los residuos, polvos y lodos de lavado de gases derivados de la combustión o incineración de aceites gastados, residuos que contengan aceites gastados, combustibles elaborado con aceites gastados requieren la determinación de sus características peligrosas. La LGEEyPA, el Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos y la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993 no definen a las cenizas como residuos peligrosos; sin embargo, es posible clasificarlos *a priori* como

residuos peligrosos cuando el aceite gastado se utilice en la sustitución parcial o total de combustibles convencionales, pudiendo refutar esta afirmación si:

- No existe diferencia significativa entre el residuo, polvo, lodos de lavado y cenizas derivados de la combustión de aceites gastados y los mismos correspondientes a los combustibles líquidos convencionales.
- Comparación con respecto a los componentes orgánicos e inorgánicos referidos por la NOM-052-ECOL-1993 que hacen de un residuo, peligroso por su toxicidad y obtenidos de acuerdo a la prueba de extracción NOM-053-ECOL-1993.

La disposición de residuos, polvos y lodos de lavado de gases derivados de la combustión o incineración de aceites gastados así como, las cenizas producidas se realizará de acuerdo al resultado de su determinación como residuo peligroso o no peligroso.

7.2.10 Disposición

La disposición de residuos se define en la NOM-084-ECOL-1995 como:

" la descarga, inyección, vertido, derrame o colocación de cualquier tipo de residuo en o sobre el suelo o cualquier cuerpo de agua."

La LGEEyPA limita la disposición de residuos, así:

- No podrán descargarse o infiltrarse en cualquier cuerpo o corriente de agua o subsuelo, aguas residuales que contengan contaminantes (Art. 121 LGEEyPA).
- Todas las descargas de redes colectoras, ríos, acuíferos, cuencas, cauces, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua y los derrames de aguas residuales en los suelos o su infiltración en terrenos, deberán satisfacer las normas oficiales mexicanas que para tal efecto se expidan; y en su caso, las condiciones particulares de descarga que determine la Secretaría o las autoridades locales. Corresponderá a quien genere dichas descargas, realizar el tratamiento previo requerido (Art. 123 LGEEyPA).

Para evitar la contaminación del agua, quedarán sujetos a regulación federal o local:

- VI. las infiltraciones que afectan los mantos acuíferos y
- VII. el vertimiento de residuos sólidos, materiales peligrosos y lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales, en cuerpos y corrientes de agua (Art. 120 LGEEyPA).

- Toda descarga, depósito o infiltración de sustancias o materiales contaminados en los suelos se sujetará a lo que disponga la LGEEyPA, la Ley de Aguas Nacionales, sus disposiciones reglamentarias y Normas Oficiales Mexicanas que para tal efecto expida la Secretaría (Art. 139 LGEEyPA).

- Los materiales y residuos peligrosos deberán ser manejados con arreglo a la LGEEyPA, su Reglamento y Normas correspondientes (Art. 150 LGEEyPA).

- Los residuos que se acumulen o puedan acumularse y se depositen e infiltren en los suelos deben reunir las condiciones para prevenir y evitar: la contaminación del suelo, alteraciones en el suelo que perjudiquen su aprovechamiento, uso, explotación y, riesgos y problemas de salud (Art. 136 LGEEyPA).

El Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas establece que para preservar y restaurar la calidad de los cuerpos receptores deberá realizarse el tratamiento de las aguas residuales para el control entre otros parámetros del contenido de grasas y aceites (Art. 6 Fracc. I y Art. 22). Por lo que los responsables de las descargas de aguas residuales deberán instalar sistemas de tratamiento y, las aguas residuales que sean arrojadas en el alcantarillado de las poblaciones deberán ajustarse, para grasas y aceites, a un máximo tolerable de 70 mg/l (Arts. 13 y 14 del Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de aguas).

A las anteriores disposiciones pueden agregarse:

- La disposición de aceites gastados directamente al suelo en sustitución de otros productos para la preparación de caminos que serán asfaltados o pavimentados podrá realizarse solo en el caso que la toxicidad al ambiente y a la salud sea menor o igual a los productos que sustituya, y cuyo uso esté autorizado.

- Los productos de fondo de las operaciones de destilación en el proceso de re-refinación y que son utilizadas como materia prima en la producción de asfalto no se consideran residuos peligrosos, y si un material peligroso.

- El empleo de aceites gastados como supresor de polvo en caminos o terrenos está prohibido.

- El empleo de aceites gastados como herbicidas está prohibido.

7.2.10.1 Disposición final

El Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos define a la disposición final como:

" Acción de depositar permanentemente los residuos en sitios y condiciones adecuados para evitar daños al ambiente "

por lo cual :

- Son responsables el generador y quienes manejen residuos peligrosos del cumplimiento de las disposiciones contenidas en el Reglamento y de las normas que de él se deriven (Art. 5 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos).
- El generador deberá dar tratamiento y disposición final que corresponda de acuerdo a la dispuesto en el Reglamento y normas respectivas (Art. 8 fracc. IX, X, Art. 152 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos).
- La empresa de disposición final deberán dar tratamiento previo a los residuos cuando la requieran de acuerdo a los métodos previstos por las normas correspondientes (Arts. 30 y 31 del Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos).
- Se prohíbe la disposición final de bifenilos policlorados o de residuos que los contengan en confinamientos controlados y en cualquier otro sitio (Art. 39 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos).
- La empresa de disposición final deberá conservar el manifiesto transporte, entrega y recepción de residuos peligrosos durante 10 años (Art. 23 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos).
- La empresa de disposición final deberá entregar a la SEMARNAP un Informe mensual y semestral de los residuos recibidos en ese periodo (Arts. 25 y 34 del Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos).
- Cuando por su peligrosidad la SEMARNAP determine que los residuos no deben depositarse en ninguno de los sitios a que se refiere el Reglamento éstos deberán tratarse de acuerdo a las normas correspondientes (Art. 40 Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos).

Además puede incluirse:

- La disposición en rellenos sanitarios de aceites gastados, y equipos, dispositivos o residuos que los contengan está prohibida.

- La disposición final de residuos que contengan aceites gastados en confinamientos controlados, se realizará exclusivamente para aquellos que no sean apropiados para reciclaje, para lo cual deberán recibir el tratamiento adecuado y no contener sustancias en concentraciones tales que por su peligrosidad esté prohibida la disposición en confinamientos controlados.

7.2.11 Residuos que contengan aceites gastados

Dentro de la legislación ambiental se encuentran diferentes medidas relacionadas con el manejo que deberán tener los residuos que contengan aceites gastados. Así, la LGEEyPA en el artículo 143 establece que para la disposición final de materiales y residuos peligrosos, sus empaques y envases vacíos, deberán manejarse de acuerdo a lo establecido por las normas que se expidan; de esta manera, la disposición final de empaques y envases vacíos con aceites de corte que contengan nítricos, o aceites minerales (DOF octubre de 1987 y DOF diciembre de 1987 respectivamente) deberán sujetarse a este requerimiento. Asimismo, el Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos establece en el artículo 28, que todo envase y embalaje vacío que haya contenido una sustancia o residuo peligroso o sus remanentes se consideran para su transporte como peligrosos.

La NOM-052-ECOL-1993 considera para los residuos que no se encuentran dentro de sus listados, deberá determinarse su toxicidad al ambiente; dentro de estos residuos pueden incluirse a objetos, materiales y dispositivos como son: los filtros para aceite, estopas impregnadas con aceite gastado, tierra contaminada, y en general residuos que puedan dejar fluir aceite gastado, o que puedan producir lixiviados. A pesar de no existir todavía consideraciones para su tratamiento de estos residuos, deberá requerirse la remoción del aceite gastado y su limpieza para recuperar su condición de riesgo anterior, esto es el ser manejados como residuos sólidos no peligrosos o peligrosos de acuerdo a las características que presenten. Asimismo, los residuos sólidos, semisólidos o líquidos generados en las operaciones de manejo de aceites gastados como son: lodos de limpieza de tanques de almacenamiento de aceites gastados y aceites básicos, residuos obtenidos de la limpieza de fugas, derrames o vertidos pueden considerarse *a priori* residuos peligrosos y manejarse de acuerdo a las disposiciones normativas correspondientes.

7.2.12 Notificación de derrame

El Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos contempla en el artículo 42 que deberá darse aviso a la SEMARNAP cuando por cualquier causa se produzcan derrames, infiltraciones, descargas o vertidos de residuos peligrosos, de manera implícita declara que todo derrame deberá reportarse; sin embargo, es recomendable para el caso particular de los aceites gastados, y en general para

cualquier residuo peligrosos, el especificar un volumen o cantidad a partir de la cual deberán reportarse estas contingencias; de esta forma un escape o pérdida menor a la cantidad de reporte establecida, causadas por la operación, reparación o mantenimiento de equipo se considerarán como pequeñas fugas, en las cuales deberán tomarse las medidas de limpieza requeridas pero no será necesario reportarlas por medio del manifiesto para casos de derrame. También puede establecerse que los derrames o fugas ocurridos en áreas de almacenamiento (que cuenten con la contención requerida para estos casos) que fueron debidamente contenidos y que no alcanzaron a contaminar suelo o aguas, no requieran de notificación de derrame, si las operaciones de limpieza fueron inmediatas y el aceite gastado no contenía otros residuos peligrosos o concentraciones de BPC iguales o superiores a el límite establecido.

7.2.13 Requisitos generales de manejo

De acuerdo a lo expresado en los incisos anteriores pueden establecerse los siguientes requisitos que de manera general pueden aplicarse al manejo de aceites gastados:

- Está prohibido todo tipo de derrame o vertido intencional de aceites gastados y de residuos que los contengan en cualquier cuerpo de agua superficial, subterránea, zonas de mar territorial, sistemas de drenaje y alcantarillado o descargas de aguas residuales.
- Está prohibido el vertido, depósito o derrame intencional de aceite gastado sobre el suelo o cualquier superficie dentro del territorio nacional.
- Está prohibido el mezclado de aceites gastados, residuos que les contengan y cenizas producto de la combustión de éstos con residuos considerados como municipales con el propósito de disponerlos en rellenos sanitarios o, cualquier otro propósito no autorizado; de suceder lo anterior los residuos resultantes se considerarán residuos peligrosos.
- Está prohibido el mezclado de aceites gastados con cualquier residuo considerado como peligroso en cualquier proporción o cantidad, en caso de realizarse esta operación la mezcla resultante se considerara un residuo peligroso y deberá manejarse de acuerdo a las condiciones de riesgo que presente.
- La SEMARNAP podrá autorizar el mezclado de aceites gastados con combustibles, diesel y combustóleo, en equipos o motores de combustión para la recuperación del contenido calorífico de acuerdo a límites y condiciones establecidas por ella.
- El agua contaminada con pequeñas cantidades de aceite gastado producto de pequeñas fugas o derrames ocurridas durante la operación, reparación o mantenimiento de equipos fijos o móviles no se considerarán aceites gastados o residuos peligrosos. Sin embargo, los aceites gastados o residuos de éstos recuperados del tratamiento de

las aguas residuales que no contengan otros residuos peligrosos se considerarán aceites gastados y podrán manejarse como tales.

- La mezcla de aceite gastado que presente una concentración igual o mayor a 50 ppm de bifenilos polclorados con aceites gastados u otros materiales, que presenten una concentración menor de éstos, con objeto de disminuir la concentración y hacerlos apropiados para su recolección, tratamiento, reciclaje, reuso o disposición queda prohibida; cuando se realice esta operación la mezcla resultante se considera que posee una concentración mayor a 50 ppm y deberá manejarse de acuerdo a lo establecido en los artículos 39 y 40 del Reglamento de la LGEEyPA en Materia de Residuos Peligrosos y las normas correspondientes.

- Queda prohibida la combustión de aceites gastados y residuos que les contengan en equipos de combustión que no cuenten con los medios requeridos para controlar sus emisiones.

- Los recipientes y objetos que hayan contenido aceites gastados deberán drenarse, lavarse y limpiarse de acuerdo a lo requerido en las normas correspondientes, considerándoseles cuando su peligrosidad al ambiente lo permita residuos sólidos municipales. Los remanentes y residuos de la limpieza de éstos deberán manejarse de acuerdo a las características de peligrosidad que presenten.

- Los residuos generados por el tratamiento o almacenamiento de aceites gastados son residuos peligrosos, a excepción de :

i Aguas residuales que no rebasen los límites establecidos en las normas correspondientes para descarga a drenajes, alcantarillado o cuerpos de agua.

ii Subproductos que de presentar características peligrosas deberán manejarse como material peligroso.

iii Residuos que no presenten características peligrosas.

7.3 APLICACIÓN DE INSTRUMENTOS ECONÓMICOS

Las regulaciones presentan la desventaja de ser inflexibles, relativamente costosas y no siempre la forma más eficaz de alcanzar los objetivos ambientales propuestos. Bajo una perspectiva económica, los problemas ambientales son resultado de fallas en el mercado, carencia de información e imperfecciones en los diseños institucionales y de la política, que se traducen en transferencia de costos y cargas ambientales de quienes los provocan a otros sectores de la sociedad; los instrumentos económicos son recursos de carácter económico, fiscal o de otro tipo que tienen como propósito la corrección de estos factores e implica que quienes generan estos costos y cargas ambientales los

asuman, y bajo el principio de quien contamina paga, se incorporen a un sistema de precios que trascienda en la generación y en el manejo de productos y residuos.

Dentro de los principales tipos de instrumentos económicos se cuentan:

- **Cargas ambientales:** éstas pueden ser cargas por emisión o cargas a los productos; las primeras son aquellas que se destinan a la descarga de contaminantes al ambiente, las segundas se aplican a productos dañinos al ambiente cuando se destinan a procesos de producción, consumo o disposición.
- **Permisos comerciales:** son cuotas ambientales, permisos o límites en la emisión de contaminantes determinados por la autoridad correspondiente y sujetos a comercio o intercambio bajo reglas establecidas.
- **Depósito-reembolso:** cargas aplicadas a productos potencialmente contaminantes que cuando se manejen de manera que se evita la contaminación es posible su reembolso.

Otro tipo de instrumentos económicos son los subsidios ya que pueden ayudar a la solución de situaciones de ineficiencia económica, pero de un modo general son incompatibles con el principio de quien contamina paga (OECD, 1991).

Los instrumentos económicos deben elegirse de un estudio a partir caso por caso, atendiendo el contenido y desarrollo de las políticas gubernamentales, y tomando en consideración los siguientes criterios:

- **Efectividad ambiental** en el logro de objetivos, al conseguir un incentivo permanente en el control de la generación y manejo de residuos, y en el desarrollo de nuevas tecnologías.
- **Eficiencia económica** para lograr una correcta ubicación de los recursos y su influencia en la minimización del volumen de residuos y en la contaminación.
- **Equidad** en la manera de distribuir las consecuencias del uso de un producto y del manejo de los residuos.
- **Administración y costo** que lleven al desarrollo de estructuras administrativas eficientes que incentiven e induzcan nuevas conductas.
- **Aceptación** por parte de los grupos a quienes se les impone un instrumento económico, para lo que se requiere de una adecuada información y consulta.

Además, la selección de los instrumentos económicos deberá hacerse de acuerdo al sector ambiental sobre el que ejercerán su acción, ya sean éstos el de la contaminación

del agua, contaminación atmosférica o contaminación del suelo; a su vez la aplicación de instrumentos económicos debe considerar cuidadosamente las características de los agentes económicos que afecten, como son el transporte, la Industria o el consumo.

Asimismo, para su desarrollo y aplicación es necesario contemplar bajo qué concepto o figura fiscal pueden incluirse.

7.3.1 Impuestos

De acuerdo al artículo primero del Código Fiscal los impuestos son:

" las contribuciones establecidas por la ley que deben pagar las personas físicas y morales que se encuentran en la situación jurídica o de hecho previstas por la misma y que sean distintas de la señaladas como aportaciones de seguridad social y a los derechos"

Éstos tienen como finalidad el sostenimiento y funcionamiento del Estado, es decir cubrir el gasto público en el desempeño de sus obligaciones de carácter legal, político, social y económico. Los impuestos son una prestación, esto significa que se debe hacer una aportación económica al Estado por estar obligados a ello, sin finalidad utilitaria inmediata, esto es no recibe por este pago cosa o servicio alguno. Los impuestos pueden tener fines fiscales, extrafiscales o ambos, los fines fiscales tienen como propósito la obtención de recursos para financiar el gasto público, los fines extrafiscales se utilizan para impedir el desarrollo de actividades nocivas o el favorecer las consideradas benéficas (Gómez, 1993; Sánchez, 1994).

El artículo 73 fracción XXIX-A de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos declara que el Congreso puede establecer impuestos; por regla general éstos deben tener por finalidad el gasto público, aunque por excepción pueden tener un fin especial o concreto. El artículo primero del Código Fiscal ordena que solo mediante ley podrá destinarse una contribución a un gasto público específico y, a su vez el artículo 22 párrafo cuarto del mismo establece que esto se hará tratándose de contribuciones que tengan un fin específico. Lo anterior quiere decir que la afectación de un impuesto específico puede integrarse o incrementar los recursos de organismos descentralizados, como se contempla en los artículos 15 fracción IV y 52 de la Ley Federal de Entidades Paraestatales; sin embargo, un impuesto al estar destinado a un fin específico no cambia su naturaleza de ser parte del gasto público. Esto imposibilita la creación de impuestos ecológicos cuyos montos sean destinados a ser administrados por organismos privados pero si, la creación de fideicomisos dirigidos por los organismos públicos correspondientes (Sánchez, 1994).

7.3.2 Subsidios o subvenciones

El subsidio es una forma contable mediante la cual el Estado otorga a los contribuyentes ingresos fiscales con el fin de ayudar al cumplimiento de objetivos económicos, políticos y sociales. Existen dos casos de subsidios: los subsidios reales y los virtuales, en los primeros la erogación es directa sin contrapartida por el lado del ingreso y los segundos no son aportaciones directas de recursos reales del Estado hacia los contribuyentes, sino que se otorgan con cargo a un impuesto, esto es la reducción de un impuesto. (Sánchez, 1994).

Los subsidios tienen varias acepciones como son: impuesto, contribución o carga. El otorgamiento de subsidios o estímulos fiscales se establece en el artículo 39 del Código Fiscal de la Federación, en cuya fracción I instituye que la condonación total o parcial de contribuciones y sus accesorios cuando, entre otros se trate de impedir que se afecte la situación de algún lugar o región del país, una rama de actividad, la producción, la venta de productos o la realización de una actividad. Asimismo, en la fracción III declara que el Ejecutivo Federal puede concederlos mediante resoluciones de carácter general las cuales deben señalar las contribuciones a que se refieren, el monto o proporción de los beneficios, plazos que procedan y los requisitos que deberán cumplirse por los beneficiados. A su vez los subsidios están regulados por los artículos 14 y 16 de la Ley de Ingresos de la Federación.

7.3.3 Derechos

Los derechos se definen en el Código Fiscal como:

" las contribuciones establecidas en la ley, por el uso y aprovechamiento de los bienes de dominio público de la Nación... también son derechos las contribuciones a cargo de los organismos públicos descentralizados por prestar servicios exclusivos del Estado " (Artículo 2)

De la anterior definición se deduce que los derechos son cantidades que los particulares pagan al Estado por algún servicio que les presta, su pago es obligatorio cuando se solicita voluntariamente o por disposición de una ley. La Constitución señala en los artículos 27 y 42 que el Estado es propietario del subsuelo, aguas dentro del territorio nacional y del espacio situado sobre éste, por lo cual su uso y aprovechamiento es objeto tributario.

Así, la explotación, uso y aprovechamiento de aguas nacionales, incluidas las del subsuelo, motivan el pago por parte del usuario de los cobros que establece la Ley Federal de Derechos. La explotación, uso y aprovechamiento de bienes de dominio público de la Nación como cuerpos receptores de descargas de aguas residuales motivará el pago de derechos que establece la Ley Federal de Derechos. El pago es

independiente del cumplimiento de lo dispuesto en la Ley sobre Prevención y Control de la Calidad del Agua, de lo dispuesto en la LGEEyPA, y en la Ley General de Salud (Art. 112 de la Ley de Aguas Nacionales).

7.3.4 Sistema de depósito-reembolso

En el sistema depósito-reembolso el depósito lo realiza quien adquiere un producto potencialmente tóxico, tiene como propósito el evitar la contaminación mediante el retorno de los productos y sus residuos, con la consiguiente devolución del depósito.

Aunque el sistema de depósito-reembolso indica que el depósito deberá reembolsarse íntegramente a quien lo realice; esto no es fácil de realizar, ya que para la operación del sistema se incurren en gastos de tipo diverso. Cuando esto sucede la fracción de depósito que no es reembolsable puede interpretarse como una carga fiscal producto de una contribución por un servicio público cuando el sistema es manejado por un organismo descentralizado o, como una contribución parafiscal cuando el sistema es administrado por un particular.

El sistema de depósito-reembolso como instrumento complementario a la regulación para aceites gastados, se propone como el más apropiado para inducir un cambio en el comportamiento de los generadores y así incrementar la recolección y el reciclaje de aceites gastados; por esta razón se desarrolla a continuación.

7.3.4.1 Monto del depósito

El monto del depósito puede estimarse de acuerdo a las siguientes variables:

- Consumo de aceites terminados.
- Volumen de aceites gastados.
- Costos de operaciones de manejo, que puede incluir: recolección, acopio, almacenamiento, transporte, etc.
- Costos de administración y operación del sistema de depósito-reembolso.

Para calcular el monto del depósito se requiere conocer la estructura de costos de empresas dedicadas al manejo de aceites gastados; así, el costo de manejo es el resultado de una suma de factores:

$$\text{Costo de manejo} = \text{Costo recolección} + \text{Costo transporte} + \text{Costo tratamiento}$$

Los costos de transporte varían en función de los costos fijos y de la distancia recorrida por el transporte, poseen dificultad para estimarse ya que varían regionalmente, y aún de manera municipal y local. Los costos de recolección involucran y varían de acuerdo a los costos de transporte local, acopio y transferencia a los sitios finales para tratamiento. Los costos de tratamiento son los atribuibles a las opciones de re-refinación, regeneración, reuso, elaboración de combustibles. Las tablas 7.1 y 7.2 proporcionan costos de manejo estimados para los diferentes conceptos.

Tabla 7.1 Costos de manejo de aceites gastados para ciudades con altas concentraciones poblacionales

Concepto	Costo ² , N\$	Porcentaje, %
Transporte	0.194	50.7
Recolección	0.139	36.5
Consolidación	0.041	10.8
Tratamiento	0.008	2.0
Total ¹	0.382	100

¹ Incluye margen de ganancia

² Costos para julio de 1995, actualizados a junio de 1996 de acuerdo al Índice Nacional de Precios al Consumidor

Fuente: Departamento de Política Sectorial, INE, noviembre de 1995

Tabla 7.2 Costos de manejo de aceites gastados

Origen	Destino	Costo transporte ¹	Otros costos ¹	Total ¹
Guadalajara	Zaportilic, Jal	0.066	0.194	0.260
Monterrey	Torreón	0.111	0.194	0.300
D.F.	Huichapan	0.051	0.194	0.245
Tijuana	Ensenada	0.043	0.194	0.236
Cd. Juárez	Torreón	0.203	0.194	0.396
Tampico	Cd. Valles	0.057	0.194	0.250
Promedio		0.088	0.194	0.281

¹ Costos para julio de 1995, actualizados a junio de 1996 de acuerdo al Índice Nacional de Precios al Consumidor

Fuente: Departamento de Política Sectorial, INE junio 1995

Estos costos son variables y el monto del depósito no deberá cubrir los costos totales de operación ya que los aceites gastados poseen un valor económico. El monto del depósito se obtiene de la suma del costo de manejo y del costo de administración del sistema:

$$\text{Depósito} = \text{Reembolso} + \text{Costo de manejo} + \text{Costo administrativo}$$

7.3.4.2 Monto del reembolso

El reembolso aplicable a cada litro de aceite gastado entregado para su manejo, tendrá un monto establecido de acuerdo al monto del depósito, los costos de manejo y los costos administrativos del sistema, así:

$$\text{Reembolso} = (\text{Depósito} / \text{factor de generación}) - \text{Costo manejo} - \text{Costo administrativo}$$

$$\text{Reembolso} = \$ / \text{litro aceite gastado.}$$

$$\text{Costo de manejo} = \$ / \text{litro aceite gastado.}$$

$$\text{Costo administrativo} = \$ / \text{litro aceite gastado.}$$

$$\text{Depósito} = \$ / \text{litro aceite nuevo.}$$

$$\text{Factor de generación} = \text{litro aceite gastado} / \text{litro aceite nuevo}$$

El monto del depósito puede aplicarse:

- Al momento de la compra de aceite nuevo que realice el consumidor.
- Sobre las ventas que realicen las formuladoras a los distribuidores y sobre las mismas hechas por importadores de aceites nuevos.

La segunda opción presenta mayor simplicidad ya que permite un control al inicio de la cadena de distribución, una menor cantidad de aportantes y la posibilidad de eximir del pago de depósito a los volúmenes de aceites terminados destinados a exportación. Cuando el aceite se destine a la exportación puede incorporarse al envase una leyenda que diga "*para venta exclusiva fuera de México*" o "*Prohibida su venta en México*" que permitiría detectar desviaciones de aceites terminados hacia el mercado nacional. De efectuarse el cobro del depósito directamente a las empresas formuladoras o importadoras, con cargo al consumidor, se obtiene una recaudación plena sobre la totalidad del aceite terminado destinado a su venta.

El precio promedio para un litro de aceite lubricante es de N\$ 18, el porcentaje que representa el costo de manejo puede obtenerse al considerar posibles factores de generación (0.501 y 0.56) y los costos de manejo (N\$ 0.236 y 0.396), obteniéndose un intervalo de 0.66 a 1.23% con respecto al precio del aceite nuevo. Si se considera un costo debido a la administración del sistema de depósito-reembolso igual a los costos de manejo se obtiene un intervalo de porcentaje de 1.32 a 2.46% con respecto al precio del aceite nuevo. Estos resultados se resumen en la tabla 7.3, en la cual el depósito se estableció como el 5% sobre el precio al consumidor del aceite nuevo, y el reembolso se obtuvo descontando del depósito los costos de manejo y administrativo.

Tabla 7.3 Montos del depósito y reembolso de acuerdo a los factores de generación

Factor de generación	Costo de manejo¹, N\$	Depósito por litro de aceite gastado, N\$	Reembolso, N\$
0.501	0.236	1.796	1.324
0.501	0.396	1.796	1.004
0.56	0.236	1.607	1.35
0.56	0.396	1.607	0.815

¹ Al incluirse el costo administrativo considerado igual al costo de manejo, el costo total de manejo es el doble del anotado.

La manera en que se distribuyan los ingresos destinados a satisfacer los costos de manejo deberá ser tal que estimule la obtención de aceites básicos a partir de aceites gastados, lo cual implica un análisis de costos de las diferentes opciones de reciclaje y reuso para una asignación adecuada.

7.4 PROGRAMA LOCAL PARA LA RECOLECCIÓN DE ACEITES GASTADOS

Los programas de recolección de aceites gastados de tipo local pueden orientarse hacia todo tipo de generadores o en su caso para los llamados generadores domésticos, el desarrollo de programas enfocados a estos últimos se justifica en el hecho de que aproximadamente el 50 % de los cambios de aceite para motor de los vehículos se realizan por el propietario y el destino que tienen éstos se ha identificado como inadecuado.

Los programas para el reciclaje de aceites gastados de procedencia doméstica o domiciliaria tienen por objeto el impulsar y apoyar el manejo adecuado de éstos; a nivel local pueden contar con el patrocinio de organismos gubernamentales, del sector privado o de ambos, y ser administrados y operados por diferentes grupos de manera independiente o coordinada.

El primer paso para llevar a cabo un programa de este tipo es el obtener información sobre otros programas para reciclaje existentes; el siguiente paso es conseguir información sobre la situación actual de manejo del aceite gastado en el lugar donde se desea establecer el programa, para esto es necesario determinar cuales son los problemas específicos de la localidad como pueden ser el vertido de aceites gastados a los sistemas de drenaje, la mezcla de aceites gastados con otros residuos peligrosos, la integración de los aceites gastados a los residuos municipales, la quema inadecuada, los servicios de manejo con que se cuentan, los problemas para el acopio, la existencia y distribución de centros de acopio, etcétera.

Para el diseño de programas es importante el determinar los objetivos y metas del programa, y así determinar los participantes, autorizaciones y requerimientos de las autoridades para la instrumentación de actividades, la logística involucrada en la recolección y su integración a otros programas de acopio existentes. Dentro del programa el acopio es fundamental que sea conveniente y accesible al generador, para obtener un mayor acopio. Existen dos opciones para la recolección: la recolección de aceites gastados como parte integrada a la recolección de residuos municipales o a la de otros materiales y, los centros de acopio. La primera es tal vez más conveniente y un método efectivo, ya que su integración a sistemas regulares de recolección permite una disponibilidad cómoda de servicio al generador.

La recolección y acopio de aceites gastados realizada por las opciones anteriores requiere un manejo posterior seguro, que demanda una selección apropiada de la empresa o empresas responsables.

7.5 MINIMIZACIÓN EN LA GENERACIÓN DE ACEITES GASTADOS

Las prácticas de minimización en la generación de aceites gastados son apropiadas para su implementación por pequeños y grandes generadores que poseen o concentran diferentes equipos que utilizan aceites y lubricantes. De esta manera, como parte prioritaria para la minimización en la generación de aceites gastados, es necesario desarrollar programas para talleres de mantenimiento y para la industria, que cuenten con objetivos claros y cuantificables e identifiquen las oportunidades de reducción.

7.5.1 Programa de minimización de aceites gastados en talleres de mantenimiento

El mantenimiento y reparación de automotores incluye como principales operaciones el cambio de fluidos como son: aceite de motor, aceite de transmisión, fluidos refrigerantes y líquidos para frenos; además del cambio de equipo sustituible como son filtros para aceite, filtros para gasolina, balatas, componentes eléctricos, baterías, etcétera, y la reparación de equipo fijo por ejemplo: tambores, alternadores, carburadores, cajas de transmisión, etcétera. Dentro de las actividades generadoras de residuos en talleres de

mantenimiento y reparación se incluyen: limpieza de las áreas, limpieza de las partes mecánicas, operaciones de mantenimiento periódico y, las operaciones de mantenimiento y reparación.

Los residuos de limpieza incluyen:

- *Estopas y trapos sucios*: las estopas y trapos se impregnan de residuos cuando se emplean en la limpieza de derrames o en la remoción de grasas; estos materiales usualmente peligrosos, son comúnmente mezclados con las basuras destinadas a ser dispuestas como residuos sólidos municipales.

- *Aserrín y virutas de madera*: el aserrín y virutas de madera se utilizan en la limpieza de los derrames de materiales y residuos y, dependiendo de la sustancia absorbida pueden calificarse o no como peligrosos.

- *Productos de lavado*: en la limpieza de pisos se emplean productos alcalinos para remover aceite y grasas que son posteriormente incorporados a las aguas residuales. En la limpieza de partes se emplean diversos solventes y combustibles.

Las operaciones de mantenimiento periódico generan la mayor cantidad de residuos peligrosos, esta cantidad depende del número de unidades atendidas. Destacan los diversos tipos de aceites para vehículos y filtros para aceite. Las operaciones de mantenimiento y reparación son aquellas que se requieren cuando las partes mecánicas fallan debido a la falta de mantenimiento preventivo, accidentes o debido al término de su vida útil. Además, de los residuos sólidos como son los acumuladores, llantas, balatas, etcétera se generan residuos líquidos producto de la reparación de motores, cajas de transmisión, dirección, mecanismos de frenado.

7.5.1.1 Oportunidades de minimización

Las opciones para minimización involucran una reducción en la fuente y el reciclaje. En la minimización de residuos de limpieza de áreas de trabajo se requiere de un esfuerzo para reducir el número de derrames que incluyan la capacitación del empleado, vigilancia e incentivos. Así, también el reuso de las aguas provenientes de otras áreas cuando éstas sean apropiadas.

- El uso de charolas para contener líquidos derramados debido a fugas o limpieza de partes es útil para mantener el suelo y áreas de trabajo limpias, y reducir el empleo de aserrín, estopas y otros materiales.

El almacenamiento apropiado de materiales y residuos, además de permitir la segregación de residuos puede evitar derrames accidentales.

Para la minimización de residuos de limpieza de partes se puede realizar una evaluación sobre las posibilidades de aplicación de la siguiente secuencia de pasos:

- Determinación de la necesidad de limpieza
- Selección del limpiador de menor peligrosidad
- Optimizar la eficiencia de limpieza
- Segregar residuos de limpieza
- Maximizar el reciclaje y el reuso.

En la limpieza de partes pueden emplearse solventes o soluciones acuosas de ácidos, detergentes y compuestos alcalinos.

La minimización de residuos producto del mantenimiento y reparación se relacionan directamente con el manejo que incluye la segregación de residuos incompatibles, y el evitar el mezclado de residuos que den por resultado una mezcla de mayor peligrosidad o que dificulte o impida su reciclaje o reuso. Comúnmente el aceite de motor se mezcla con otros tipos de aceite, solventes, etcétera; esta práctica debe evitarse ya que los solventes contienen compuestos clorados; los anticongelantes contienen etilen glicol, metales disueltos de las soldaduras e hidrocarburos clorados y, los diferentes tipos de aceites presentan incompatibilidad entre si.

7.5.2 Minimización en la generación de aceites de empleo industrial

La minimización en la generación de aceites gastados en la industria puede lograrse a través de cambios en la operación de los procesos y mediante la adquisición e inversión en equipo para el reacondicionamiento y reciclaje, y del desarrollo de tecnología. El desarrollo de tecnología y la adquisición de equipo puede ser costosa por lo cual pueden explorarse métodos y prácticas menos costosas. Un programa para la reducción en la generación puede incluir los siguientes pasos:

- *Inventario de materiales y procedimientos:* Tiene por objeto el confirmar que los aceites y su utilización están de acuerdo con los principios de ingeniería del proceso y las especificaciones del formulador de los aceites; y asimismo, reducir la diversidad y volumen de aceites empleados. Es recomendable crear un inventario sobre el tipo de aceite, las condiciones de operación, capacidad, consumo, desempeño del aceite, vida útil, etc. para cada equipo existente. El inventario permite analizar la idoneidad del aceite, comparar costos y jerarquizar áreas y equipos de interés. El inventario debe considerar una caracterización de los aceites ya que es apropiada para clasificar y determinar el manejo de los residuos.

- *Proceso para la sustitución de aceites:* Después de elaborar un inventario sobre los aceites empleados, se requiere de una evaluación para determinar el número y volumen de los diferentes aceites cuyo empleo puede reducirse. La evaluación y selección de

aceites apropiados para las operaciones involucradas puede resultar en una reducción en la generación y en la posibilidad de reunir los aceites gastados procedentes de diferentes equipos y hacer una evaluación de los factores siguientes: desempeño, seguridad y toxicidad, requisitos para su tratamiento, calidad del producto, costo y disponibilidad.

Durante la creación del inventario y del proceso de evaluación de los aceites pueden identificarse deficiencias en la operación, éstas deberán subsanarse con objeto de aumentar la vida útil del aceite, reducir la generación y, evitar fugas y derrames que incrementen el volumen de residuos o que se incorporen a las corrientes de aguas residuales.

- *Cumplimiento con regulaciones aplicables a los aceites gastados:* La minimización en la generación de aceites gastados y de residuos que les contengan es una práctica que ayuda al cumplimiento de las regulaciones aplicables a los aceites gastados. El minimizar derrames y fugas, y la limpieza correcta de los aceites derramados permite un margen de acción para el cumplimiento de los límites del contenido de grasas y aceites en las descargas de aguas residuales. La segregación de residuos y el almacenamiento correcto permite que la concentración de sustancias, como BPC, y que las características de toxicidad no aumenten y el manejo posterior sea menos costoso.

- *Reuso y reciclaje de aceites:* Diversos tipos de aceite industrial pueden reusarse por periodos largos mediante la remoción de contaminantes pudiéndose añadir concentrados y restaurar las condiciones originales del aceite; por ejemplo, los aceites solubles comúnmente requieren la adición de agua, los aceites que están en contacto con materiales de proceso requieren en ocasiones únicamente la remoción de contaminantes, el acondicionamiento pueden realizarlo empresas dedicadas a esta actividad lo que permite una reducción en los volúmenes generados y una disminución en los costos.

Existen además, diferentes sistemas para reciclaje en planta cuya selección requiere contemplar factores específicos de las plantas; sin embargo, los costos de adquisición pueden compensarse con los ahorros debido a la reducción en la compra de aceites nuevos y en el manejo de los residuos (Higgins, 1991).

CONCLUSIONES

El consumo de aceites terminados fue en 1992 de 689 700 m³, a partir del cual se estima una producción de aceites gastados de 371 555 m³, y donde se identifica como el principal generador a los medios de transporte con aproximadamente 76.3 %. Del volumen generado de aceites gastados se destinaron a reciclaje 31 000 m³ (8.3%), de este volumen 25 600 m³ se emplearon en la elaboración de aceites básicos re-refinados lo que represento un aprovechamiento de la capacidad instalada del 31%, capacidad que se redujo en 1995 a 45 400 m³/año.

La infraestructura existente para el manejo de aceites gastados es insuficiente, y de manera particularmente notoria en lo referente a la recolección, lo que no ha permitido el crecimiento de esta infraestructura; no obstante, el empleo de aceites gastados para la formulación de combustibles alternos se ha incrementado debido a la demanda que tienen para su empleo en hornos cementeros, y que a esta opción se han incorporado gran parte de los volúmenes de aceites gastados que anteriormente se destinaban a la obtención de aceites básicos re-refinados.

Como instrumento para una gestión adecuada de los aceites gastados es necesaria una normatividad específica para regular las actividades de generación y manejo que incluya lo siguiente:

- Una definición de aceite gastado basada en el origen posible y en su empleo o aplicación.
- El diferenciar a los generadores de acuerdo al volumen que produzcan de manera periódica, o que mantengan en posesión como resultado de sus actividades.
- El desarrollo de disposiciones particulares para generadores domésticos de aceites gastados que les eximan de requisitos aplicables a otros generadores; basado en la imposibilidad práctica de mantener un registro a causa de su número y la dispersión que presentan, y los costos administrativos que involucra su seguimiento y control.
- La prohibición del vertido, depósito o derrame intencional de aceites gastados en el suelo, cuerpos de agua o sistemas de drenaje y alcantarillado, o su mezcla con residuos sólidos con el propósito de disponerlos en rellenos sanitarios o en cualquier otro sitio.
- La prohibición de mezclar de aceites gastados con cualquier otro residuo peligroso y, cuando esto suceda la obligación de manejar la mezcla resultante de acuerdo a la peligrosidad que presente.

- La prohibición de mezclar aceites gastados cuando alguno de ellos presente una concentración igual o mayor a 50 ppm de bifenilos policlorados.
- La necesidad de limpieza y/o lavado, de acuerdo a las normas correspondientes, de los equipos, aditamentos, recipientes, etcétera, que contengan o hayan contenido aceite gastado, para recuperar su condición de riesgo inherente.
- La necesidad de establecer un volumen o cantidad de aceite gastado, y condiciones en las cuales suceda un derrame o fuga, a partir del cual deba reportarse el suceso como derrame ante las autoridades correspondientes.
- El condicionar la reutilización de aceites gastados de acuerdo a la composición y características que presenten.

Los beneficios de una normatividad específica para aceites gastados serían entre otros:

- El reducir los riesgos de contaminación al ambiente.
- El ahorro de recursos no renovables.
- El poder generar a partir de las bitácoras y manifiestos requeridos a generadores y empresas de manejo una base de datos que permita establecer un proceso de planeación.
- Estimular la participación de generadores que a la fecha no manejan de manera adecuada a los aceites gastado.

Por otra parte, la aplicación de instrumentos económicos posee amplias posibilidades para condicionar y modificar el comportamiento presente en el manejo de los aceites gastados.

El sistema de depósito-reembolso propuesto para el manejo de aceites gastados, es apropiado para incorporar los aceites gastados producidos por generadores domésticos y otros generadores a los canales de manejo. Cuando el cobro del depósito, con cargo al consumidor final, se aplica directamente a las ventas que realizan los formuladores a sus distribuidores y sobre las mismas de los importadores de aceites lubricantes, se obtiene un control al inicio de la cadena de distribución, una menor cantidad de aportantes y la posibilidad de eximir del pago del depósito a los volúmenes de aceite destinadas a exportación.

Para asignar el porcentaje del depósito que no es reembolsable al consumidor generado por el sistema de depósito-reembolso, se deberá apoyar de manera prioritaria a la recolección y el transporte, y dentro de las opciones de destino preferir los procesos para

la obtención de aceites básicos re-refinados sobre los procesos para la elaboración de combustibles alternos.

En la creación y administración del sistema de depósito-reembolso existen factores que deben considerarse. Cuando el sistema de depósito-reembolso vaya a ser administrado por un organismo descentralizado se deberá expedir una ley que haga posible el destinar el monto del depósito para este fin, que determine la contribución y la forma de asignar los recursos; si por el contrario el sistema será administrado por los formuladores, importadores y distribuidores, es posible se fomenten actividades de manejo de acuerdo a intereses particulares; esto puede evitarse si se establecen cuotas de recolección y re-refinación proporcionales a la producción o importación, que podrán realizar los productores y/o importadores en forma particular, o de manera coordinada con empresas de manejo.

Por último, la fórmula empleada para determinar el monto del reembolso incluye al factor de generación de aceites gastados, la representatividad de éste es fundamental para establecer el monto adecuado; los factores de generación de aceites gastados y consumo de aceites lubricantes incluidos en el apéndice son útiles a pesar de carecer de un proceso de muestreo y análisis de tipo estadístico que los fundamente; sin embargo, confirman la necesidad de desarrollar factores de generación y consumo adecuados a las condiciones y características del parque vehicular existente en el país.

APENDICE A

DETERMINACION DEL FACTOR DE GENERACION DE ACEITES GASTADOS

Los aceites y lubricantes durante su uso sufren un deterioro progresivo que ocasiona su sustitución, además durante su empleo se producen pérdidas por lo cual del volumen original destinado para realizar una función se obtiene una cantidad menor de aceites y lubricantes de desecho. Los factores de generación de aceites gastados permiten el estimar los volúmenes de aceites gastados que se generan como resultado del consumo de éstos.

A continuación se ofrecen algunos factores de generación de aceites gastados y de consumo de aceites para motor en vehículos de transporte que se obtuvieron durante el desarrollo de este trabajo.

A.1 Variables importantes en la determinación del factor de generación

En la cuantificación del volumen de aceites gastados que se generan como consecuencia de su empleo como lubricante en vehículos de transporte, es necesario considerar factores relacionados con sus características particulares que varían de acuerdo al uso específico a que se destinen los vehículos.

La generación de aceite usado se relaciona directamente con el consumo de aceite lubricante, que depende de la capacidad de los depósitos de aceite, periodo para cambios de aceite, pérdidas en el volumen de aceite debido a su quema durante la operación del vehículo, fugas, etcétera.

Para el caso particular del volumen de aceite contenido en el depósito que se quema durante la operación de la unidad, ésta es variable y depende de las características del motor y estado de conservación, así como del tipo de trabajo a que se somete el motor.

A.2 Factores de consumo y generación de aceites gastados para automóviles de uso particular

En la estimación de las capacidades promedio del depósito de aceite para motor de automóviles de uso particular, primero se obtienen las medias aritméticas de las capacidades del depósito de aceite de acuerdo a los diferentes modelos en venta, clasificados en categorías y empresas automotrices en los últimos 15 años.

Tabla A.1 Composición de ventas de automóviles por categorías

Categoría	Porcentaje %
Populares	56.68
Compactos	34.69
De lujo	7.20
Deportivo	1.43

Fuente: INEGI, 1993; INEGI 1994

Tabla A.2 Composición de ventas por categoría y empresa

Categoría	Empresa	Porcentaje %
Populares	Nissan	44.53
	Volkswagen	55.47
Compactos	Cyhrlyer	45.53
	Ford	28.72
	General Motors	23.99
	Volkswagen	1.76
De lujo	Ford	52.28
	Chrysler	30.80
	General Motors	16.92
Deportivo	Ford	94.2
	Chrysler	6.8

Fuente: INEGI 1993; INEGI 1994

Posteriormente, estas medias aritméticas se ajustan de acuerdo a los porcentajes que representan en la composición de ventas para las diferentes categorías y empresas fabricantes de vehículos para el periodo correspondiente; por ejemplo con la obtención de la capacidad promedio del depósito de aceite para motor de vehículos en la categoría de populares se tiene: en automóviles Nissan con media aritmética de 3.83 L, en automóviles Volkswagen media aritmética igual a 3.82 L; estas medias al ser afectadas por el porcentaje correspondiente de la composición de ventas para las diferentes empresas fabricantes dan por resultado:

capacidad del depósito de aceite de automóviles populares anteriores a 1988 = 3.83 L (0.4453) + 3.82 L (0.5547) = 3.82 L

A su vez, el promedio para cada categoría mostrado en la tabla A.3, fue calculado afectándolo de acuerdo al número de unidades vendidas en cada periodo.

Tabla A.3 Capacidad del depósito de aceite para motor por categorías ajustadas de acuerdo al porcentaje de ventas.

Categoría	Capacidad del depósito, en litros		
	Anterior a 1988	1988-1993	Promedio
Popular	3.82	3.98	3.857
Compacto	4.06	4.73	4.218
De lujo	4.60	4.73	4.63
Deportivo	4.73	4.73	4.73

Fuente: INEGI 1993; INEGI 1994; Baxter, 1991

La capacidad promedio de los depósitos de aceite para motor se determina al ajustar las diferentes capacidades de cada categoría por su porcentaje en la composición de ventas, obteniéndose:

Capacidad promedio=0.5668(3.86)+0.3469(4.218)+0.072(4.63)+0.0143(4.73)=**4.06 L**

El número de automóviles en la República Mexicana en 1994 fue de 7,749,641 unidades (INEGI, 1994). El procedimiento de cálculo de los factores de generación de aceite gastado se basa en la capacidad promedio del depósito del aceite para motor obtenido

anteriormente, así como del promedio de cambios anuales de aceite para motor realizados para cada vehículo, el cual se obtuvo de visitas realizadas a talleres de mantenimiento y estimado en 2.6 cambios anuales (esto equivale a decir que el 40% de los automóviles realiza dos cambios anuales y el 60% realiza 3 cambios anuales). Además, se considera que el promedio de aceite lubricante utilizado para la reposición del aceite lubricante perdido por fugas o su combustión durante la operación del motor, es de 9 L/año (aproximadamente 0.173 L/semana).

En el censo vehicular para diferentes estados realizado en 1992 puede observarse que aproximadamente el 96.8% del total de vehículos son de uso particular y el restante 3.2% son automóviles para transporte de pasajeros.

De todo lo anterior se obtiene:

Consumo de aceite lubricante en vehículos

$$\begin{aligned} \text{de uso particular} &= (2.6(0.968)(7749641)(4.05) + 9(0.968)(7749641))\text{m}^3/1000\text{L} \\ &= 146,507.27 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Aceite gastados generados} &= 2.6(0.968)(7749641)(4.05) \text{ m}^3/1000 \text{ L} \\ &= 78,992.401 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Factor de consumo} = \frac{146,507.27 \text{ m}^3 (1000 \text{ L})}{7749641(0.968) \text{ m}^3} = 19.53 \text{ L/año}$$

$$\text{Factor de generación} = \frac{78,992.401 \text{ m}^3}{146507.27 \text{ m}^3} = 0.539 \frac{\text{m}^3 \text{ aceite gastado}}{\text{m}^3 \text{ de aceite lubricante}}$$

A.3 Factores de consumo y generación de aceite gastado para automóviles de transporte de pasajeros

De acuerdo al censo vehicular de 1992 el número de automóviles utilizados para transporte de pasajeros se estima en 247,989 unidades. Las visitas y entrevistas realizadas a sitios de taxis y talleres de mantenimiento permiten estimar un período de cambio del aceite para motor de 16 días; así como, los días que el automóvil permanece en operación de 300 días/año, y un promedio de aceite utilizado para reposición de 0.25 L/día (se observa que existen vehículos con motores en perfecto estado que no presentan consumo aparente de aceite y automóviles que consumen un promedio que oscila entre 0.5 L/día y 1 L/día).

La capacidad del depósito de aceite para motor se estimó utilizando las capacidades promedio de los automóviles populares, compactos y de lujo en igual proporción dando por resultado 4.235 L.

Al utilizar los datos anteriores se obtiene:

$$\text{Consumo de aceite lubricante} = (300 \text{ días}/16 \text{ días } (4.235)(247989)+0.25 \text{ L/día} \\ (300 \text{ días/año})(247989)) \text{ m}^3/1000\text{L} = 38,291.052 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$\text{Factor de consumo} = \frac{38,291.052 \cdot 1000\text{L}/\text{m}^3}{247,989 \text{ vehiculos}} = 154.406 \text{ L/año vehiculo}$$

$$\text{Factor de generación} = \frac{19,691.877 \text{ m}^3}{38,291.052 \text{ m}^3} = 0.514268 \frac{\text{m}^3 \text{ aceite gastado}}{\text{m}^3 \text{ de aceite lubricante}}$$

APENDICE B

NORMAS OFICIALES MEXICANAS

B.1 Normas Oficiales Mexicanas sobre Residuos Peligrosos

* **Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993**, que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

* **Norma Oficial Mexicana NOM-053-ECOL-1993**, que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un desecho peligroso por su toxicidad.

* **Norma Oficial Mexicana NOM-054-ECOL-1993**, que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993.

* **Norma Oficial Mexicana NOM-055-ECOL-1993**, que establece los requisitos que deben cumplir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto los radiactivos.

* **Norma Oficial Mexicana NOM-056-ECOL-1993**, que establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.

* **Norma Oficial Mexicana NOM-057-ECOL-1993**, que establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para residuos peligrosos.

* **Norma Oficial Mexicana NOM-058-ECOL-1993**, que establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.

* *Publicadas en el DOF el 22 de octubre de 1993 y modificada su nomenclatura en el DOF del 29 de noviembre de 1994.*

B.2 Normas Oficiales Mexicanas para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos

Norma Oficial Mexicana NOM-002-SCT2/1994, listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados (publicada en el DOF del 30 de octubre de 1995).

Norma Oficial Mexicana NOM-003-SCT2/1994, características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos (publicada en el DOF del 21 de agosto de 1995).

Norma Oficial Mexicana NOM-004-SCT2/1994, sistema de identificación de unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos (publicada en el DOF del 13 de septiembre de 1995).

Norma Oficial Mexicana NOM-005-SCT2/1994, información de emergencia para el transporte terrestre de sustancias, materiales y residuos peligrosos (publicada en el DOF del 24 de julio de 1995).

Norma Oficial Mexicana NOM-006-SCT2/1994, aspectos básicos para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al autotransporte de materiales y residuos peligrosos (publicada en el DOF del 23 de agosto de 1995).

Norma Oficial Mexicana NOM-007-SCT2/1994, marcado de envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos (publicada en el DOF del 18 de agosto de 1995).

Norma Oficial Mexicana Emergente NOM-EM-008-SCT2/1994, disposiciones para efectuar la inspección de equipo de arrastre ferroviario (publicada en el DOF del 4 de septiembre de 1995).

Norma Oficial Mexicana NOM-009-SCT2/1994, compatibilidad para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1 explosivos (publicada en el DOF del 25 de agosto de 1995).

Norma Oficial Mexicana NOM-010-SCT2/1994, disposiciones de compatibilidad y segregación para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos (publicada en el DOF del 25 de septiembre de 1995).

Norma Oficial Mexicana NOM-011-SCT2/1994, condiciones para el transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos en cantidades limitadas (publicada en el DOF del 25 de septiembre de 1995).

Norma Oficial Mexicana NOM-018-SCT2/1994, disposiciones para la carga, acondicionamiento y descarga de materiales y residuos peligrosos en unidades de arrastre ferroviario (publicada en el DOF del 25 de agosto de 1995).

Norma Oficial Mexicana NOM-019-SCT2/1994, disposiciones generales para la limpieza y control de remanentes de sustancias y residuos peligrosos en las unidades que transportan materiales y residuos peligrosos (publicada en el DOF del 25 de septiembre de 1995).

Norma Oficial Mexicana NOM-EM-020-SCT2/1994, requerimientos generales para el diseño y construcción de autotanques destinados al transporte de materiales y residuos peligrosos, especificaciones SCT 306, SCT 307 y SCT 312 (publicada en el DOF del 30 de agosto de 1995).

Norma Oficial Mexicana NOM-021-SCT2/1994, disposiciones generales para transportar otro tipo de bienes diferentes a las sustancias, materiales y residuos peligrosos, en unidades destinadas al traslado de materiales y residuos peligrosos (publicada en el DOF del 25 de septiembre de 1995).

Norma Oficial Mexicana NOM-023-SCT2/1994, información técnica que debe contener la placa que portarán los autotanques, recipientes metálicos intermedios para granel (RIG) y envases de capacidad mayor a 450 litros que transportan materiales y residuos peligrosos (publicada en el DOF del 25 de septiembre de 1995).

Norma Oficial Mexicana NOM-024-SCT2/1994, especificaciones para la construcción y reconstrucción, así como los métodos de prueba de los envases y embalajes de las sustancias, materiales y residuos peligrosos (publicada en el DOF del 16 de octubre de 1995).

Norma Oficial Mexicana NOM-025-SCT2/1994, disposiciones especiales para las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1 explosivos (publicada en el DOF del 22 de septiembre de 1995).

Norma Oficial Mexicana NOM-027-SCT2/1994, disposiciones generales para el envase, embalaje y transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos para la división 5.2 peróxidos orgánicos (publicada en el DOF del 23 de octubre de 1995).

Norma Oficial Mexicana NOM-028-SCT2/1994, disposiciones especiales para los materiales y residuos peligrosos de la clase 3 líquidos inflamables (publicada en el DOF del 4 de octubre de 1995).

Norma Oficial Mexicana NOM-029-SCT2/1994, especificaciones para la construcción y reconstrucción de recipientes intermedios para graneles (RIG) (publicada en el DOF del 18 de octubre de 1995).

Norma Oficial Mexicana NOM-030-SCT2/1994, especificaciones y características para la construcción y reconstrucción de los contenedores cisterna destinados al transporte multimodal de gases licuados refrigerados (publicada en el DOF del 20 de octubre de 1995).

Norma Oficial Mexicana NOM-043-SCT2/1994, documento de embarque de sustancias, materiales y residuos peligrosos (publicada en el DOF del 23 de octubre de 1995).

Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCT2/1994, especificaciones especiales y adicionales para los envases y embalajes de las sustancias peligrosos de la división 6.2 agentes infecciosos (publicada en el DOF del 14 de agosto de 1995).

B.3 Normas Oficiales Mexicanas a ser publicadas como proyecto de Norma Oficial Mexicana en el DOF

Norma Oficial Mexicana NOM-032-SCT2/1994, especificaciones y características para la construcción y reconstrucción de contenedores cisterna destinadas al transporte multimodal de materiales de las clases 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9.

Norma Oficial Mexicana NOM-045-SCT2/1994, características generales de las unidades de arrastre ferroviario asignadas al transporte de materiales y residuos peligrosos.

Norma Oficial Mexicana NOM-046-SCT2/1994, características y especificaciones para la construcción y reconstrucción de los contenedores cisterna destinados al transporte multimodal de gases licuados a presión no refrigerados.

B.4 Anteproyectos de Normas Oficiales Mexicanas

Norma Oficial Mexicana NOM-017-SCT2/1994, lineamientos generales para el cargado, distribución y sujeción en las unidades de autotransporte de los materiales y residuos peligrosos.

Norma Oficial Mexicana NOM-037-SCT2/1994, disposiciones y características de las unidades motrices de autotransporte destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

B.5 Anteproyectos de Norma Oficial Mexicana programada para su elaboración

- Especificaciones para los envase y embalajes que transportan sustancias radiactivas clase 7.
- Clasificación, asignación y tipo de envases y embalajes.
- Requisitos para los envases y embalajes que transportan gases comprimidos clase 2.

B.6 Otras Normas Oficiales Mexicanas

Norma Oficial Mexicana NOM-085-ECOL-1994, que establece los máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales, bióxido de azufre y de óxidos de nitrógeno, y los requisitos y las condiciones para la operación de equipos de calentamiento indirecto por combustión, así como los niveles máximos permisibles de bióxido de azufre en los equipos de calentamiento directo por combustión (publicada en el DOF del 2 de diciembre de 1994).

Norma Oficial Mexicana NOM-086-ECOL-1994, especificaciones sobre protección ambiental que deben reunir los combustibles fósiles líquidos y gaseosos que se usan en fuentes fijas y móviles (publicada en el DOF del 2 de diciembre de 1994).

Norma Oficial Mexicana NOM-CCAT-002-ECOL/1993, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas, así como los requisitos de control de emisiones fugitivas, provenientes de las fuentes fijas dedicadas a la fabricación de cemento (publicada en el DOF del 22 de octubre de 1993).

Norma Oficial Mexicana NOM-001-STPS-1993, relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los edificios, locales, instalaciones y áreas de los centros de trabajo (publicada en el DOF del 8 de junio de 1994).

Norma Oficial Mexicana NOM-005-STPS-1993, relativa a las condiciones de seguridad en los centros de trabajo para el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias inflamables y combustibles (publicada en el DOF del 3 de diciembre de 1993).

Norma Oficial Mexicana NOM-009-STPS-1993, relativa a las condiciones de seguridad e higiene para el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias corrosivas, irritantes y tóxicas en los centros de trabajo (publicada en el DOF del 15 de marzo de 1994).

B.7 Manifiestos y reportes de generación y manejo de residuos peligrosos

- * Manifiesto para empresas generadoras de residuos peligrosos.
- * Manifiesto de entrega, transporte y recepción de residuos peligrosos.
- * Manifiestos para casos de derrame de residuos peligrosos por accidente.
- * Reporte semestral de residuos peligrosos recibidos para reciclaje o tratamiento.
- * Reporte semestral de residuos peligrosos confinados en sitios de disposición final.

* Reporte semestral de residuos peligrosos enviados para su reciclaje, tratamiento, incineración o confinamiento.

** Manifiesto para empresas generadoras eventuales de bifenilos policlorados.

* *Publicado en el DOF del 3 de mayo de 1989 y Gaceta Ecológica no. 2 de agosto de 1989.*

** *Publicado en la Gaceta Ecológica no. 11 de noviembre de 1990.*

BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

Bauer Mary P. y Kellar Elizabeth Jane. "Managing your Hazardous Wastes" Government Institutes Inc. USA 1992.

Baxter M. J., "Manual de Gasolina de Reparación y Mantenimientos". Tomo 1 al 6, Editorial Océano/Centrum. México 1991.

Benloch María, José. "Los lubricantes: características propiedades y aplicaciones". Ediciones CEAC. Madrid, España 1990.

Brunner Calvin R. "Hazardous Waste Incineration" Ed. McGraw-Hill, USA 1993.

Code of Federal Regulations Title 40, parts 271 and 279. National Archives Records Administration. Washington, USA marzo de 1994.

Code of Federal Regulations Title 40 parts 300 a 399. Office of the Federal Register National Archives and Records Administration. USA 1991.

Código Fiscal de la Federación. Editorial Pac S.A. de C.V. México 1992.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Colección Leyes y Códigos de México. Editorial Porrúa 113a. edición México 1996.

Diario Oficial de la Federación. Decreto que reforma, adiciona y deroga diversas disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente. México D.F. 13 de diciembre de 1996.

Departamento de Política Sectorial, INE. Información proporcionada en noviembre de 1995.

ECOLTEC. Información proporcionada por la empresa ECOLTEC S.A. de C.V.

Environmental Protection Agency. "Waste Minimization Opportunities Assesment Manual" EPA/625/7-88/003. USA julio 1988. p.p. 1 - 26.

Environmental Protection Agency. "How to Set Up a Local Program to Recycle Used Oil" EPA 530-5W-89-039A. USA 1989.

Environmental Protection Agency. "Industrial Pollution Prevention Opportunities for the 1990's" EPA/600/8-91/052. USA agosto 1991.

Environmental Protection Agency. "Guides to Pollution Prevention. The Automotive Repair Industry" EPA/625/7-91/013. USA octubre 1991. p.p. 1 - 13.

Environmental Protection Agency, "Used Oil Management Standards Training". USA, Agenda: abril 5 de 1994.

Federal Register Vol. 50. Part II, 40 CFR parts 260, 260, 264, 265, 266, 270, 271 and 302. Hazardous Waste Management System. Used Oil; Final Rule and Proposed Rules. USA November 29 1985.

Freeman, Harry M.. "Standard Handbook of Hazardous Waste. Treatment and Disposal" McGraw-Hill USA 1989. p.p. 4.3 - 4.11.

Gaceta Ecológica No. 9. Programa Nacional de Protección al Medio Ambiente 1990-1994. México, D.F. 1993. p. 13.

Gaceta Ecológica No. 23, Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos. México, D.F. 1993. p. 20.

Gaceta Ecológica No. 23. Ley Federal de Metrología y Normalización. México, D.F. 1993. p. 36.

Garza, Gustavo y Rivera, Salvador. "Dinámica macroeconómica de las ciudades de México". INEGI 1994.

Gomez Valle, Sara. "Legislación Fiscal" Editorial Banca y Comercio S.A. de C.V. México 1993.

Higgins, Thomas E. "Hazardous Waste Minimization Handbook" Lewis Publishers, Four printing. USA 1991. p.p. 33 - 50.

Instituto Nacional Estadística, Geografía e Informática. "INEGI XI, Censo de Transporte y Comunicaciones", México, D.F. 1989.

Instituto Nacional Estadística, Geografía e Informática. "La industria automotriz en México". INEGI 1994.

Instituto Nacional de Ecología. Información proporcionada por la Dirección General de Residuos, Materiales y Riesgo en Agosto de 1995.

Instituto Nacional de Ecología/SEMARNAP. "Programa para la minimización y manejo integral de residuos industriales peligrosos en México 1996-2000" . Septiembre de 1996 p.p. 70-71.

IKF (Kaiser Servicios Ambientales), "Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana para Regular el Manejo de Lubricantes Usados". México D.F. agosto de 1994.

Kubasek, Nancy K. y Silverman, Gary S. "Environmental Law". Editorial Prentice Hall, USA 1994.

LGEEyPA (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente), Editorial Porrúa S.A. México, D.F., 1994.

Lindgren, Gary F. "Managing Industrial Hazardous Waste". Ed. Lewis Publishers, cuarta impresión. Chelsea, Michigan USA 1990. p. 223.

Manual Práctico del Automóvil, No. 3. Ediciones Uve, S.A. Madrid, España 1982.

MARPFRE. "Implicación ambiental de la incineración de residuos urbanos, hospitalarios e industriales". Madrid, España 1994.

Martínez Palacios, José Luis. "Tratabilidad del agua grasosa de un autoservicio, mediante flotación". UNAM División de Estudios Superiores de la Facultad de Ingeniería 1982.

Miñana G.J.A y Plou L.J. "Estudio sobre la Regeneración de Aceites Usados en México". O.N.U.D.I. proyecto US/INT/88/227, México, D.F. 1992.

Mueller Associates, Inc "Waste Oil, Reclaiming Technology Utilization and Disposal". Editorial Noyes Data Corporation. New Jersey, USA 1989.

Muñoz Barret Jorge, Vega Gleason Silvia, Celis Humberto, Sánchez Luna Gabriela, Jiménez Peña Adolfo, Osorio Avril y Carmona Lara María del Carmen "La industria petrolera ante la regulación jurídico-ecológica en México". Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM. México 1992.

Nolan J. J., Harris C. y Cavanaugh O., "Used Oil: Disposal Options, Management Practices and Potential Liability". Tercera edición Government Institutes, Inc. USA 1990.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. "Applying Economic Instruments to Environmental Policies in OECD and Dynamic Non-member Economies" OECD documentos. Paris 1994.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. "Managing the Environment. The role of Economic Instruments". Paris 1994.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. "Environmental Policy: How to Apply Economic Instruments". Paris 1991.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. "Identification of Responsibilities in Hazardous Waste Management". Paris 1985.

Pollution Technology Review No.181, "Environmental Consequences of and Processes for Energy Technologies". Editorial Noyes Data Corporation. New Jersey, USA 1990.

Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). "Estudio preliminar de normas para el manejo de los aceites usados". México D.F. 1994.

Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). Información proporcionada por la Subprocuraduría de Auditoría Ambiental en abril de 1994.

Puertos Mexicanos. Información proporcionada por la empresa Puertos Mexicanos órgano desconcentrado de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en 1995.

Roger D. Griffin. "Principles of Hazardous Materials Management". Editorial Lewis Publishers, 1990.

SAE. "SAE Handbook Engines, Fuel, Lubricants, Emissions and Noise". Edición Society of Automotive Engineers Inc. Estados Unidos. Vol 3, Cap. 23, 1990. p.p. 23.01- 23.21.

Sánchez León, Gregorio. "Derecho fiscal mexicano". Cardenas Editor y Distribuidor S.A. de C.V., México 1994.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos/Comisión Nacional del Agua. "Ley de Aguas Nacionales". SARH/CNA diciembre 1992.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes "Programa de Desarrollo del Sector Comunicaciones y Transportes 1995-2000". Diario Oficial de la Federación 25 marzo de 1996.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Información proporcionada por la Dirección de Normatividad del Transporte, 1994.

Secretaría de Energía. "Programa de Desarrollo del Sector de la Energía" Diario Oficial de la Federación 19 de febrero de 1996.

Secretaría de Hacienda y Crédito Público. "Índice Nacional de Precios al Consumidor de 1950 a 1996; Recargos Vigentes de 1982 a 1996". Subsecretaría de Ingresos, México 1996.

Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca/Instituto Nacional de Ecología. "Lo que a usted le conviene saber sobre los residuos y su legislación ambiental" SEMARNAP/INE 1995. p.p. 8 - 12.

Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). "Programa de medio ambiente 1995-2000" Diario Oficial de la Federación 3 de abril de 1996.

SEDESOL/INE, "Residuos Peligrosos en el Mundo y en México". Serie Monográfica No. 3, México, D.F. 1994. p. 117.

SEDESOL/INE, "Bases para una Política Nacional de Residuos Peligrosos". México D.F. 1994. p. 8.

SEMIP (Secretaría de Energía, Minas e Industrial Paraestatal), "La Industria de los Lubricantes en México", enero de 1994.

Shewmake Tiffen y Wasselman Cheryl. "Petroleum Refining and Petrochemicals. Technical Support Document. International Training Workshop. Principles of Environmental Enforcement". EPA Estados Unidos de América febrero de 1995.

Southwest Center for Environmental Reseach and Policy. "Medio ambiente fronterizo de los Estados Unidos y México: la perspectiva científica". Memorias del curso ofrecido en el Museo de Antropología e Historia en diciembre de 1995.

TEXACO. Información proporcionada por la empresa TEXACO S.A. de C.V.

Vazquez Millán, Jose Marcelino. "Anteproyecto de una planta regeneradora de aceites lubricantes usados". Facultad de Ingeniería UNAM, Tesis 1992.

Vidal, Benito R. "Aceites de corte y aditivos industriales". Biblioteca del mecánico, Editorial Gustavo Gilli S.A. España 1974.

Wills J. George. "Lubrication Fundamentals". Mobil Oil Corporation, Marcel Dekker Inc. USA 1980.

World Bank, World Health Organization (WHO) and the United Nations Environmental Program (UNEP). "Safe Disposal of Hazardous Wastes: the Special Needs and Problems of Developing Countries. Volumes I, II and III". World Bank Technical Paper number 93. USA 1989.

Speight James G. "The Chemistry of Petroleum". Marcel Dekker Inc. USA 1991.