

5



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

REVISION MONOGRAFICA DE LA PROBLEMATICA
AMBIENTAL DE LOS LUBRICANTES USADOS
Y ANALISIS DE LAS ALTERNATIVAS PARA
SU DISPOSICION EN MEXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

PRESENTA
GILBERTO ARELLANO GARCIA

ASESORES:
M. EN C. PEDRO MENDEZ LARA
M. EN C. VICENTE LOPEZ MERCADO

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO.

279597

2000



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

U. F. A. M.
 FACULTAD DE ESTUDIOS
 SUPERIORES CUAUTITLAN



Departamento de

Exámenes Profesionales
 ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
 Jefe del Departamento de Exámenes
 Profesionales de la FES Cuautitlán

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRÉSPO
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
 PRESENTE

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Revisión monográfica de la problemática ambiental de los lubricantes usados y análisis de las alternativas para su disposición en México".

que presenta el pasante Gilberto Arellano García
 con número de cuenta: 8352401-1 para obtener el TITULO de:
Químico Farmacéutico Biólogo

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo de Méx., a 26 de marzo de 199 9.

PRESIDENTE	QFB. Ma. Virginia Oliva Arellano	<u>Virginia Oliva</u>
VOCAL	QFB. Marina L. Morales Galicia	<u>Marina Morales</u>
SECRETARIO	M. en C. Vicente López Mercado	<u>Vicente López Mercado</u>
PRIMER SUPLENTE	QFB. Leticia Badillo Solís	<u>Badillo</u>
SEGUNDO SUPLENTE	QFB. Bertha Ortiz Vázquez	<u>B. Ortiz</u>

A mis padres, muchas gracias por todo su esfuerzo y apoyo.

A mis hermanos, primos y amigos.

A mis sobrinos.

Agradecimientos especiales:

A quien nunca paró para ayudarme a alcanzar mis logros, mi Madre.

A Pedro Méndez, por su gran ayuda para realizar este trabajo.

INDICE

	PAG.
1.- RESUMEN	1
2.- INTRODUCCION	2
3.- OBJETIVOS	4
4.- LUBRICANTES	5
4.1.- FUNCIÓN	7
4.2.- COMPOSICIÓN QUÍMICA	9
4.3.- FABRICACIÓN	14
4.4.- VOLUMENES DE PRODUCCION	20
5.- PANORAMA GENERAL DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL DESECHO DE LOS LUBRICANTES USADOS EN MEXICO	
5.1.- GENERACION	21
5.2.- IMPACTO AMBIENTAL	29
5.3.- EFECTOS TOXICOLOGICOS	32
6.- METODOS DE TRATAMIENTO Y DISPOSICION DE LOS LUBRICANTES USADOS EN LA ACTUALIDAD:	58
6.1.- RECICLAMIENTO	63
6.2.- INCINERACION	80
6.3.- CONFINAMIENTO	84
6.4.- BIODEGRADACION	86
6.5.- BIOREMEDIACION	88
7.- LEGISLACION EN MATERIA DE LUBRICANTES USADOS EN MEXICO	90
8.- DISCUSION Y CONCLUSIONES	104
9.- BIBLIOGRAFIA	111

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS	<u>PAG.</u>
1 - Clasificación de aditivos	17
2 - Consumo de lubricantes y generación de lubricante usado por sector	24
3 - Consumo de lubricantes y generación de lubricante usado por estado	26
4 - Consumo de lubricantes y generación de lubricante usado por estado (camiones)	27
5 - Consumo de lubricantes y generación de lubricante usado por estado (industrial)	28
6 - Resumen de síndromes de hepatotoxicidad	34
7 - Concentración de constituyentes en lubricantes usados	35
8 - Resumen de valores de toxicidad de constituyentes de lubricantes usados	38
9 - Clasificación de los PAH's de acuerdo a evidencias carcinogénicas	53
10 - Usos del lubricante usado en México	62

FIGURAS

1 - Clasificación de lubricantes	6
2 - Torre de destilación	10
3 - Residuos peligrosos generados en la industria	23
4 - Métodos de tratamiento	61

I. - RESUMEN

Ante la inexistencia de una oferta suficiente de infraestructura y de sistemas de manejo para los residuos peligrosos en nuestro país, lo que sucede actualmente con la mayor parte de las industrias responsables de su generación, es que los están almacenando dentro de sus instalaciones de manera temporal. En otros casos, los desechos son dispuestos de manera ilegal en forma de aguas de procesos, en cuerpos de agua, o bien, se mezclan con basura municipal y se tiran clandestinamente en sitios sin control. En estos casos se plantean riesgos muy importantes de contaminación a los acuíferos, de daños a la salud y a los ecosistemas, y en general, riesgos para la población. El hecho de que los residuos permanezcan almacenados temporalmente dentro de las empresas no resulta lo más adecuado, además de que plantea problemas potenciales

Por sus características de peligrosidad los lubricantes usados (lubricante que ya cumplió su función y está contaminado), pertenecen a la categoría de residuos peligrosos, es por eso que en la actualidad se han desarrollado tecnologías enfocadas al tratamiento de lubricantes usados de las cuales solo dos son las que permiten el aprovechamiento de éstos, bien sea para producir nuevamente un lubricante, como combustible o como materia prima

En aspectos legales se han desarrollado leyes, reglamentos, normas y procedimientos administrativos como manifiestos, permisos, licencias y registros, que definen las condiciones y restricciones que aplican a las diversas fases del ciclo de los residuos

Desafortunadamente los aspectos económicos orillan a las empresas a enviar los aspectos ambientales a segundo término y solo las empresas de grandes capitales, invierten en tecnologías, siendo que las pequeñas y medianas empresas causan también daños ecológicos. es por esta razón que se deben canalizar esfuerzos para este tipo de empresas.

2. - INTRODUCCIÓN

El avance que la humanidad ha observado en los últimos 50 años ha sido verdaderamente impresionante. Los inventos y descubrimientos que se han generado, han contribuido de manera sustancial a la salud y al bienestar del ser humano de manera muy importante. Sin embargo, y hay que reconocerlo, algunos de estos descubrimientos también han sido causa de problemas muy importantes a los que el hombre tiene que enfrentarse en la actualidad. Una muy importante es quizá el progresivo aumento de la contaminación de nuestro planeta. La generación de residuos en la mayoría de los actuales procesos de producción, es una realidad indiscutible.

El uso de maquinaria y equipo para la producción masiva de los diferentes satisfactores que la población demanda, es una necesidad fundamental en este mundo tan cambiante. Dentro de la complejidad de los diferentes procesos de producción las máquinas juegan un papel de primerísima línea. Sin ellas sería imposible producir al ritmo que las actuales condiciones de la población lo requieren.

La mayoría de las máquinas que en la actualidad se usan requieren para su correcto funcionamiento de lubricantes. Estos son materiales cuya principal función es la de reducir la fricción y por consiguiente, el desgaste. Actúan principalmente, en piezas metálicas y de plástico. Estos materiales son sustancias químicas derivadas en su mayoría del petróleo, aunque en la actualidad existe una amplia gama de productos sintetizados por el hombre.

Las nuevas tecnologías, requieren de dos características fundamentales: eficiencia y precisión. Por esta razón, los nuevos productos lubricantes contienen aditivos que les confieren nuevas y mejores propiedades que las diferentes máquinas requieren hoy en día.

Desafortunadamente por el tipo de función del lubricante éste debe ser sustituido por lubricante nuevo después de un periodo de uso, por lo que se convierte en un contaminante

En México la producción de lubricantes en el año de 1992, fue de 467,426m³ y la demanda registrada fue de 681,351m³. La diferencia de estas cifras fue cubierta con importaciones (1).

Para 1997 la producción de lubricantes fue de 522 millones 700 mil litros, lo cual implicaría que una cantidad similar sea producida de lubricante usado (2).

En nuestro país sin embargo, no existen datos confiables acerca del manejo de los lubricantes usados. Es muy posible que en la actualidad un gran porcentaje de la producción total tenga como destino final las alcantarillas o las formas clandestinas de desecho

Pese a que existe una legislación que regula el manejo de los lubricantes, en realidad su manejo es inadecuado y genera problemas de contaminación importantes. México se enfrenta a un problema fundamental no tiene la infraestructura necesaria ni adecuada para resolver el problema, lo que agrava el problema de la contaminación por lubricantes usados.

En este estudio se hace un análisis de la problemática ambiental generada por el inadecuado manejo de los lubricantes usados en nuestro país.

3. -OBJETIVOS

3.1. - GENERAL

HACER UNA REVISION BIBLIOGRAFICA DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL OCASIONADA POR LOS LUBRICANTES USADOS EN MÉXICO Y ANALIZAR LAS ALTERNATIVAS PARA SU DISPOSICIÓN.

3.2. - ESPECÍFICOS

3.2.1. - REVISAR EL IMPACTO AMBIENTAL DEL DESECHO DE LUBRICANTES USADOS.

3.2.2. - REVISAR EL PERFIL TOXICOLÓGICO DE LOS CONSTITUYENTES DEL LUBRICANTE USADO.

3.2.3. - REVISAR LOS MÉTODOS DE DISPOSICIÓN DE LOS LUBRICANTES USADOS.

3.2.4. - REVISAR EL MARCO LEGAL DE LA DISPOSICIÓN DE LOS LUBRICANTES USADOS.

4.- LUBRICANTES

Pinturas en las paredes internas de tumbas Egipcias, nos remontan al año 1650 a.C.; en una inscripción de la tumba del faraón Tehut Metep, se describe la forma en que se debía aplicar algún tipo de lubricante a los troncos para facilitar su movimiento y traslado para la construcción de las pirámides. Lo que nos indica que desde de antigüedad el hombre ha necesitado reducir la fricción.

Plinio (23-79 D.C.) preparó una lista de lubricantes de base animal y vegetal que eran comunes en su época y que a la fecha se siguen usando (3).

Las primeras sustancias usadas fueron los aceites minerales, obtenidos de yacimientos superficiales y mejorados con los ya conocidos lubricantes naturales.

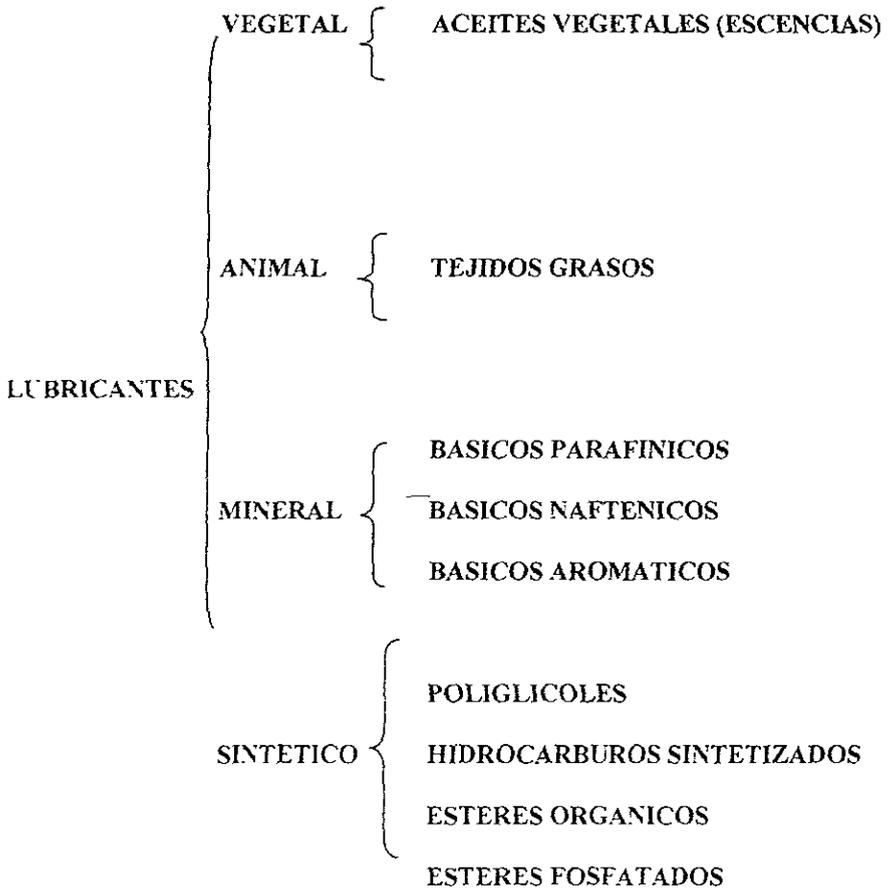
El primer pozo cuyo único propósito era la extracción de petróleo se complementó exitosamente en Pennsylvania en 1859. El incentivo para hacerlo era la creciente demanda de Kerosene para la iluminación: sin embargo ya se conocían los procesos de destilación, los cuales brindan fracciones lubricantes pesadas (3).

En la actualidad, los aceites lubricantes no se consideran como auxiliares de la maquinaria, sino parte integrante de ella. El lubricante es prácticamente una pieza más de cualquier maquinaria.

Los lubricantes son sustancias fluidas que dependiendo de las condiciones de fricción, actúan de sustancia intermedia en el punto de fricción.

En la figura No. 1 se encuentra una clasificación de los tipos de lubricantes.

Figura No. 1. Clasificación de los tipos de lubricantes (3).



4.1. - FUNCIÓN

La función y el efecto de los lubricantes están contenidos en el propio término. Lubricación significa el efecto de la sustancia lubricante en un punto de fricción.

El propósito primario de la lubricación es minimizar la fricción y el desgaste.

Existen en adición, otros propósitos secundarios dependiendo de la aplicación, estos incluyen. enfriamiento, mantener la máquina limpia, mantener los contaminantes en suspensión, prevención de la corrosión o actuar como sello (3)

La lubricación define por tanto, el control de la fricción y desgaste entre dos superficies en movimiento, debido a la introducción de una película entre ellas (4)

La lubricación de cualquier equipo se constituye como un factor importante para sostener la producción, reducir demoras y lógicamente abatir los costos de mantenimiento (5)

Los deslizamientos (fricción) de sólidos y líquidos, pueden combinarse así:

—

Líquido - líquido,

sólido-sólido

sólido-líquido

En todo desplazamiento, se generan resistencias por rozamiento que se oponen al movimiento

Las de menor valor son las de la combinación (líquido-líquido), y las de valor más elevado, las de sólido-sólido, siendo un punto intermedio las de tipo sólido-líquido

En las maquinarias, mecanismos, motores, etc, la casi totalidad de los casos pertenecen a la fricción sólido-sólido, siendo la finalidad de la lubricación la de transformar estas fricciones en líquido-líquido con la consiguiente disminución del rozamiento interponiendo una capa líquida

grasa intermedia entre las superficies de deslizamiento, sustituyéndose de este modo el rozamiento externo de dos cuerpos por el interior del lubricante, evitándose también la corrosión y el desgaste al no existir el contacto metal-metal, principal causa productora del mismo (3).

La lubricación participa en el equilibrio térmico de las máquinas, ya que disminuyendo el rozamiento, la elevación de temperatura es mucho más reducida.

Los lubricantes deben disminuir al máximo posible los rozamientos de las partes móviles, facilitando el movimiento, pero ésta, con ser una propiedad interesantísima, no es la única, ya que además deben.

Soportar grandes presiones.

Mantener la viscosidad poco variable ante los cambios de temperatura.

Actuar como fluido hidráulico.

Actuar como refrigerante.

Pero un lubricante, además de reunir todas las propiedades expuestas, para efectuar una buena lubricación debe mantener sus cualidades a lo largo del tiempo que dura su servicio sin estropearse, siendo síntomas de esto último la formación de ácidos y la formación de lodos. Debiendo ser además, refractario a cierto tipo de contaminantes, principalmente por aire y agua.

Como complemento un lubricante ha de cumplir las misiones de proporcionar cierre hidráulico y ser refrigerante de los órganos mecánicos y muchas veces en los sistemas eléctricos (6)

Resumiendo la función a cumplir por un lubricante es dar buen servicio y protección a las partes mecánicas, a todas las temperaturas, por un cierto periodo de tiempo, el cual está determinado por el tipo de aplicación, que puede ser momentáneo o por varios años

4.2.- COMPOSICIÓN QUÍMICA

Los aceites lubricantes minerales proceden en su mayoría de la destilación de petróleos brutos o crudos, así se les denomina por ser extraídos de las profundidades de la tierra, como se muestran en la figura No. 2

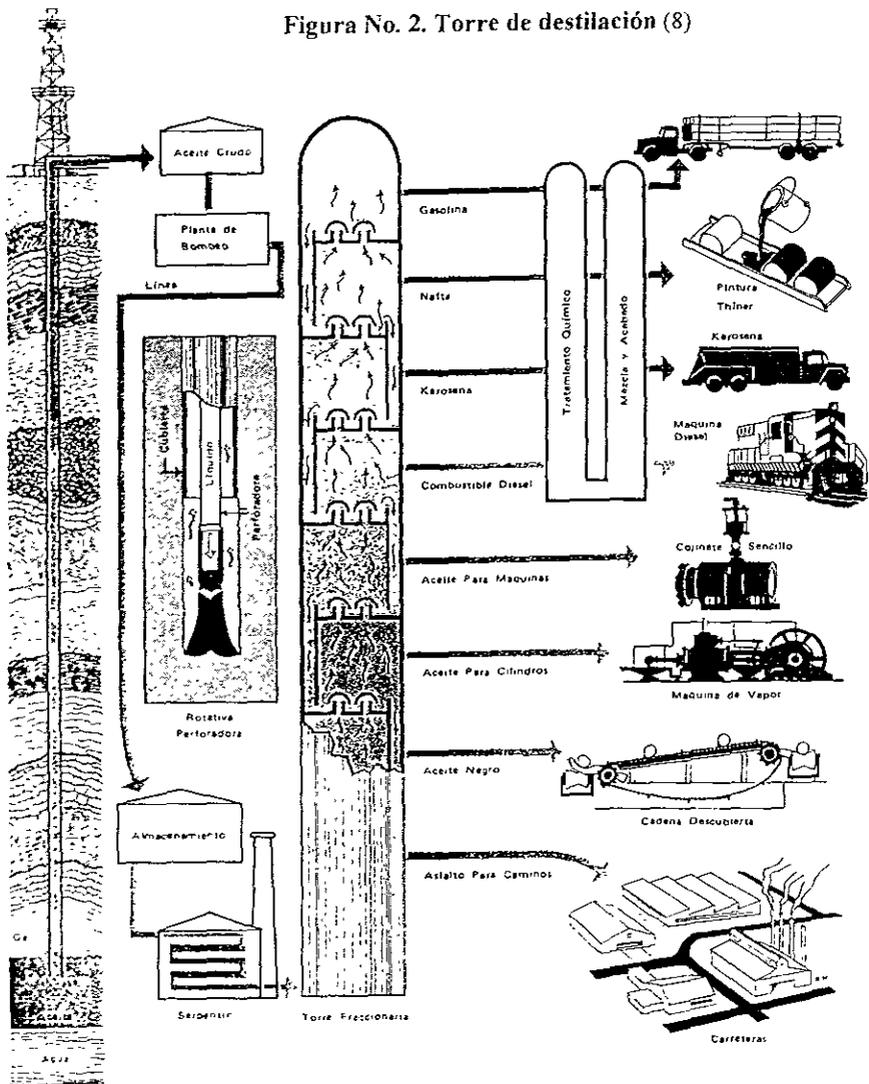
Los lubricantes son sustancias derivadas principalmente del petróleo (Minerales), además de existir de origen vegetal, animal o sintético (Ver fig No. 1)

Los lubricantes de origen animal y vegetal son de aplicación limitada y su costo elevado

Los lubricantes de origen sintético no se obtienen del petróleo directamente y son creados en el laboratorio, su aplicación es muy versátil y cuentan con mejores propiedades con respecto a los de origen mineral (7)

En la actualidad casi el 100% de los lubricantes que se utilizan son de origen mineral y sintético.

Figura No. 2. Torre de destilación (8)



LUBRICANTES DE ORIGEN MINERAL:

La sustancia básica de los lubricantes minerales es el petróleo, lo que también vale para la mayoría de los lubricantes sintéticos

Los petróleos son mezclas de hidrocarburos con diferentes contenidos de otras sustancias según su procedencia. La composición elemental media de los petróleos es de:

Carbono - 87%

Hidrógeno - 15%

Azufre - 7%

Oxígeno - 2%

Nitrogeno - 0.8%

Metales - 0.1%

El petróleo en estado nativo no es utilizable para la generación de energía ni para otros usos. Ha de ser tratado en la refinería de petróleo, donde se somete a 4 procesos:

Separación - Destilación

Transformación - Craqueo

Purificación - Desulfuración

Mezclas

Los lubricantes son mezclas de hidrocarburos. Dado que, en la mayoría de los casos, se trata de hidrocarburos en forma de cadena o de anillo, saturados y no saturados, la clasificación de los lubricantes minerales es: Parafinicos, Nafténicos y Aromáticos, también llamados Básicos o Crudos Lubricantes (4).

4.2.1.- BÁSICOS PARAFINICOS (9,10).-

Constituidos por un 70-80 % de hidrocarburos de cadena abierta saturada, lineal o ramificada pero nunca ciclíca, cuya fórmula genérica tipo es



Sus principales características aprovechables son:

- Baja densidad
- Elevado índice de viscosidad (80-90)
- Baja volatilidad y alta temperatura de inflamación
- Bajo poder disolvente (elevado punto de anhina)

se emplean por sus características físicas y químicas principalmente en la elaboración de lubricantes para motores de combustión interna así como una gran cantidad de lubricantes industriales

4.2.2.- BÁSICOS NAFTENICOS (9,10).-

Constituidos por un 70-80% de hidrocarburos nafténicos o sea saturados con cadenas cíclicas o policíclicas muy complejas con fórmula genérica del tipo:



Las características que identifican a los básicos nafténicos son:

- Densidad relativamente elevada
- Bajo índice de viscosidad (sobre 40)
- Mayor volatilidad que los parafínicos
- Alto poder disolvente (miscible con bases parafínicas)
- Baja temperatura de congelación

Se emplean principalmente para la elaboración de lubricantes utilizados en equipos que operan a bajas temperaturas

4.2.3.- BÁSICOS AROMÁTICOS (9,10) -

Constituidos por un 70-80% de hidrocarburos aromáticos, no saturados, con una o varias cadenas laterales con una fórmula genérica del tipo:



Su empleo como lubricante es limitada o casi nula

Cabe señalar que existen algunos de base mixta, o sea aquellos que poseen cualidades y constituyentes intermedios entre los de base parafinica y base nafténica.

Asimismo, es conveniente indicar que para usos prácticos las especificaciones de un aceite básico sirven como base para identificar el tipo del crudo del cual fue extraído

Los crudos, de acuerdo con su composición, pueden ser de base parafinica, de base nafténica y de base mixta. Los crudos de base parafinica, son designados también con el nombre de crudos de tipo Pennsylvania; los crudos nafténicos pueden ser designados como crudos de la costa de Estados Unidos; los de base mixta también son conocidos como crudos del tipo Mid-Continent

Debido a que existe una gran variedad de tipos intermedios, no es posible hacer una línea de separación precisa entre estos tres grupos de crudos.

4.3.- FABRICACIÓN DE LUBRICANTES

4.3.1.- LUBRICANTES MINERALES

Los basicos más apropiados para la obtención de lubricantes son los básicos parafinicos y los basicos nafténicos. llamados también básicos o crudos lubricantes (4)

Las condiciones de servicio de un sistema mecánico pueden ser lo suficientemente moderadas como para que un aceite de petróleo bien refinado, por sí solo sea capaz de ejercer su función de lubricante durante periodos de tiempo razonablemente elevados, sin temor a deterioros anormales del material, o a la aparición prematura de fenómenos desfavorables. Sin embargo, los rápidos desarrollos experimentados en el campo de los motores de explosión y en el diseño de la maquinaria industrial, con su continua tendencia a transmitir potencia cada vez mayores por medio de mecanismos cada vez más pequeños, han ido imponiendo crecientes cargas a los lubricantes. Las elevadas temperaturas, presiones y velocidades a que los mismos suelen estar sometidos en los actuales sistemas mecánicos, hacen que raras veces los básicos minerales puros, incluso los más refinados, puedan soportar las exigencias que se les demandan, sin la incorporación de productos capaces de modificar ciertas características o el curso de algunas de las transformaciones a las que inevitablemente dan lugar las mencionadas condiciones.

Dichos productos químicos, que se incorporan generalmente en pequeñas cantidades, para mejorar el comportamiento de un aceite, en relación con una determinada aplicación, se llaman aditivos.

Una formulación típica de un lubricante especial contiene entre 10 y 15% de aditivos, dependiendo de sus características requeridas para el uso final

Estos aditivos son un descubrimiento relativamente reciente, desarrollados y comprobados durante la segunda guerra mundial (11)

En los Estados Unidos y el Reino Unido las compañías más importantes dedicadas a la industria del petróleo ya los mezclan con sus lubricantes, consiguiendo unos lubricantes de características excepcionales

Los aditivos pueden dividirse en dos grandes grupos, según los efectos que producen de acuerdo a lo mostrado en la tabla No. 1.

1 - Inhibidores destinados a retardar la degradación del aceite actuando como detergentes, dispersantes, antioxidantes y anticorrosivos.

2 - Aditivos mejoradores de las cualidades básicas físicas con acción sobre el índice de viscosidad, punto de congelación, el punto de fluidez, el poder antiespumante, el sellado, la untuosidad, la extrema presión y la rigidez dieléctica.

Tabla No. 1.- PRINCIPALES TIPOS DE ADITIVOS UTILIZADOS
PARA ELABORACIÓN DE LUBRICANTES

ADITIVOS	FUNCION	COMPOSICION QUIMICA
ANTI CORROSIVOS Y ANTI OXIDANTES	PROTEGEN CONTRA CORROSION Y HERRUMBRE (DEBIDO AL EMBEJECIMIENTO Y DETERIORO DESTRUYENDO RADICALES LIBRES O REACCIONANDO CON LOS PEROXIDOS FORMADOS)	DI TIPOFOSFATO DE ZINC, ESTER DEL ACIDO ETIL FOSFORICOS DICHLORURO DE ETILENO, COMPUESTOS FENOLICOS
DE TERGENTES Y DISPERSANTES	DISPERSAN LA SUCIEDAD, EVITANDO ACUMULACION DE MUGRE	COMPUESTOS ORGANOMETALICOS DE ZINC CALCIO Y BARIO CON AZUFRE, CLORO Y FOSFORO SULFONATOS, FOSFONATOS, CARBOXILATOS
MEDICADORES DEL INDICE DE VISCOSIDAD	EVITAN CAMBIOS BRUSCOS DE VISCOSIDAD A VARIACIONES DE TEMPERATURA	ESTERES DEL ACIDO POLIMETACRILICO, SULFONATOS, FOSFATOS, FENATOS, RADICALES ALQUILICOS, SALICILATOS COPOLIMEROS DE METACRILATOS, ALQUIL SUCCINAMIDAS COPOLIMEROS DE ACETATOS DE VINILO
MEJORADORES DEL PUNTO DE FLUIDEZ	EVITAN CONGELAMIENTO DEL LUBRICANTE ABSORBIENDO CRISTALES DE PARAFINA	POLISOBUTILENOS, POLIMETACRILATOS, POLIACRILATOS COPOLIMEROS DE ACETATO DE VINILO, ESTERES DE ACIDO FORMICO, COPOLIMEROS DE ACRILATOS, POLIESTER DE BASE DE ESTIRENO.
ANTI ESPUMANTES	EVITAN LA ESPUMACION EN LOS LUBRICANTES REDUCIENDO LA TENSION SUPERFICIAL	LAUREATOS, OLEATOS, SILICONES, COPOLIMEROS CERA MODIFICADAS
EXTREMA PRESION	FORMA PELICULAS RESISTENTES PARA EVITAR CONTACTO METAL-METAL	COMPUESTOS ORGANICOS Y ANTIMONIO, MOLIBDENO AZUFRE, FOSFORO Y ARSENICO

4.3.2.- LUBRICANTES SINTETICOS (4,7,9)

Los lubricantes sintéticos son producidos por reacciones químicas controladas en su presión temperatura y cantidad de cada uno de sus componentes y en cada una de sus etapas de fabricación se efectúa una purificación de productos intermedios. Compuestos que se someten a reacciones catalíticas, son los que dan a los lubricantes sintéticos, características distintivas. Las materias primas son obtenidas de procesos térmicos del petróleo y del gas natural.

El etileno y sus derivados son utilizados como sustancias básicas para producir la mayoría de los lubricantes sintéticos, los cuales se desarrollan desde componentes de bajo peso molecular, formando moléculas mucho más grandes y con propiedades óptimas de comportamiento, para satisfacer condiciones de lubricación específicas.

El 98% de los lubricantes sintéticos que están en el mercado, pertenecen a cuatro grupos genericos. Aproximadamente un 38% pertenecen a los poliglicoles, un 33% son parte de hidrocarburos sintetizados, un 22% de ésteres orgánicos y un 5% restante de ésteres fosfatados.

POLIGLICOLES:

Los primeros lubricantes sintéticos fueron producidos con base a poliglicoles, los cuales pueden describirse como polialquilén-glicoles. se obtienen del petróleo y básicamente son polimeros de oxidos de etileno o propileno de alto peso molecular

HIDROCARBUROS SINTETIZADOS:

Producidos a partir de olefinas específicas a través de un proceso controlado de polimerización. Como éste selecciona y controla las estructuras químicas requeridas, los fluidos obtenidos de hidrocarburos sintetizados en su mayoría parafínicos, tienen una mayor estabilidad que la de los productos de estructuras aromáticas y nafténicas. Las ceras son eliminadas, obteniendo puntos de fluidez muy bajos

ESTERES ORGÁNICOS:

Pueden ser ácidos dibásicos o del tipo poliol, ácidos dibásicos esteáricos, frecuentemente llamados diésteres. Tiene una gran compatibilidad con los aditivos, permitiendo su uso en aceites de motores de combustión interna e industriales de alta calidad. Los polioles ésteres tienen básicamente las mismas propiedades de los dibásicos con la cualidad técnica que permite extender las temperaturas de operación, a niveles mucho más altos

ESTERES FOSFATADOS:

Estos ésteres inorgánicos usados con aditivos cuidadosamente seleccionados son aplicados en donde pueda existir algún riesgo de combustión, por lo tanto son altamente resistentes al fuego y muy estables para ser aplicados como fluidos hidráulicos. La resistencia al fuego es el resultado de la adición de fosfatos en moléculas orgánicas

Contrastando con la mayoría de compuestos orgánicos, la propiedad de resistencia al fuego se incrementa con la disminución del peso molecular precisamente por el descenso de la relación carbono-fosforo

4.4.- VOLÚMENES DE PRODUCCIÓN

El mercado nacional consumió en 1997, 522 millones 700 mil litros de aceite en la cual compiten alrededor de 130 marcas directas y maquiladas (2)

5. - PANORAMA GENERAL DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL DESECHO DE LOS LUBRICANTES USADOS EN MEXICO.

5.1. - GENERACIÓN

La inquietud mundial sobre los desechos peligrosos como uno de los principales problemas ambientales surgió durante los años setenta como resultado de una mayor toma de conciencia con respecto a la toxicidad potencial de muchos productos químicos para el ser humano, así como su persistencia en el ambiente. Los materiales de desecho son los que ya no tienen uso directo y se descartan en forma permanente. Constituyen una categoría específica que, debido a su cantidad, concentración o características físicas, químicas o infecciosas, pueden:

1) Causar un aumento de enfermedades graves, o

2) Plantear un riesgo potencial a la salud humana o al medio ambiente cuando son tratados, almacenados, transportados, eliminados o manejados en forma indebida.

Los problemas de los desechos peligrosos tienden a ser especialmente graves en países en desarrollo en los que el sector industrial está aumentando rápidamente para mejorar las condiciones económicas, pero por ello aplazan el establecimiento de instalaciones adecuadas de tratamiento y eliminación de desechos peligrosos. El resultado neto de ello producirá aumentos de los niveles de productos químicos u otros materiales peligrosos en nuestro medio ambiente.

Los desechos son generados por diferentes ramas industriales entre las que sobresalen las de celulosa y papel, química, farmacéutica, automotriz, petroquímica y de refinación, los residuos peligrosos incluyen sustancias y agentes con características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas (CRETIB) (13).

Existen más de 100 tipos de industrias que utilizan aproximadamente 8000 diferentes materias primas y productos terminados con características fisicoquímicas y toxicológicas variadas. La diversidad y heterogeneidad de los residuos peligrosos, entonces, hace difícil el establecimiento de criterios claros para su clasificación y manejo. Entre algunas formas de ubicar a los residuos se han considerado sus características químicas o físicas. Así, se tienen aguas, breas, bases, lubricantes, colas, solventes, envases, sedimentos, cabezas, carbones activados, catalizadores, jales, lodos, soluciones y tierras, entre otras (13). Lo cual es mostrado en la figura No. 3.

Las grandes cantidades que se generan de lubricantes usados proceden de los motores y transmisiones de automóviles, camiones de carga o transporte público, metro, ferrocarriles, tractores, barcos, algunas motocicletas y en general todo vehículo motriz, teniéndose además los producidos por la industria en general en procesos de maquinado o templado de metales, en la lubricación de engranajes, turbinas, compresores, al actuar como dieléctrico en interruptores, servir como fluido transmisor de presión (prensas hidráulicas) y algunos otros tipos que dentro de la industria cumplen funciones específicas, en la tabla No 2 se muestra el consumo de lubricantes y la generación de lubricantes usados por sector.

**Figura No. 3. Residuos peligrosos generados en las industrias
(13)**

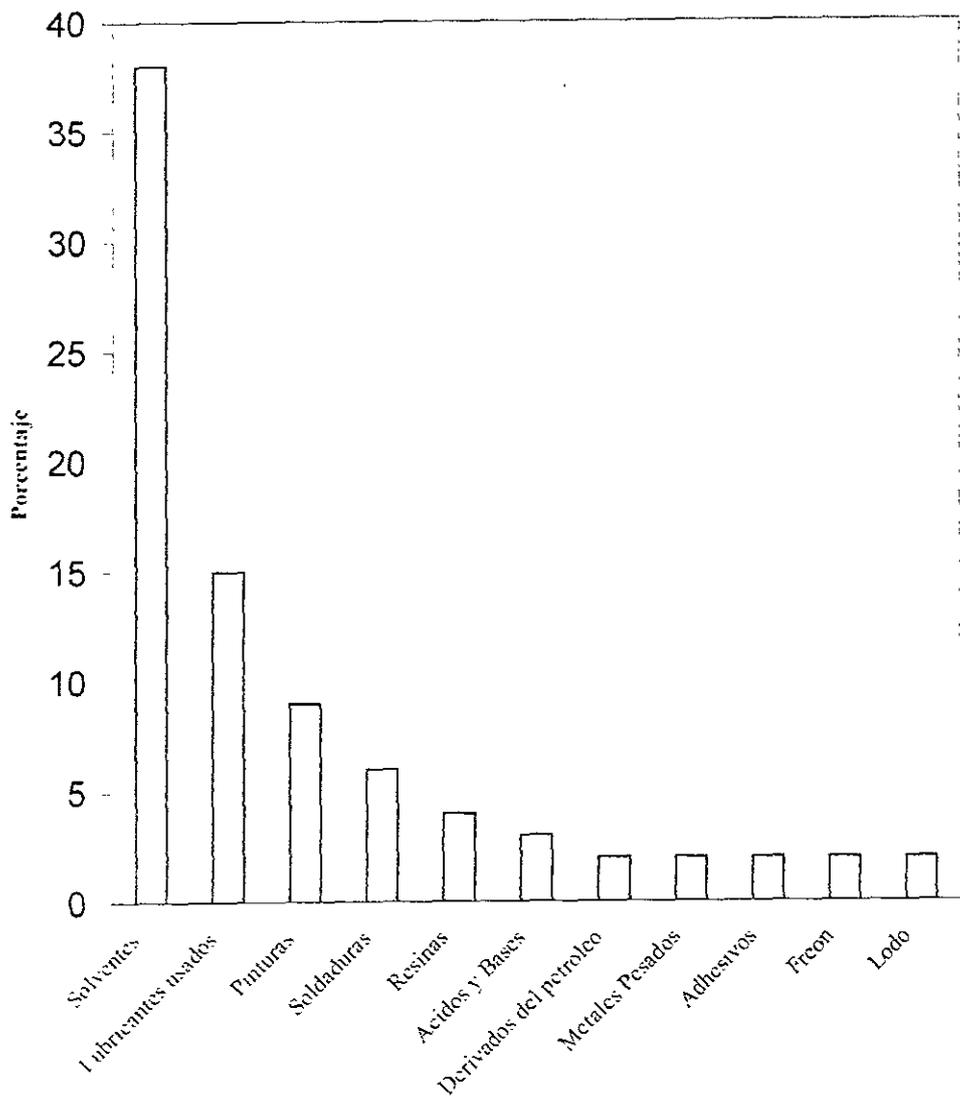


Tabla no. 2. Consumo de lubricantes y generación de lubricantes usados por sector

(1).

SECTOR	CONSUMO DE LUBRICANTES m ³	GENERACION DE ACEITES USADOS m ³
TRANSPORTE	428569.78	479141.01
AUTOMOTRIZ	401997.09	224716.37
MOSEL	167391	93571.8
GASOLINA	173806.4	97157.78
TRANSMISION/DIFERENCIAL	60799.27	33986.78
OTROS PARA EL TRANSPORTE	26572.69	14854.13
FERROCARRILES	14311.34	8000.04
MARINOS	7082.94	3959.36
TIEMPOS	1368.46	764.97
AVIACION	668.07	373.45
AGRICOLAS	3141.89	1756.31
INDUSTRIALES	173744.51	92953.31
HIDRAULICOS	86682.35	46482.06
ENGRANAJES	22769.7	12161.79
TURBINAS	11321.38	6056.94
TEXTILES	3639.63	1947.2
A TODA PERDIDA	3426.13	1832.98
COMPRESORES	1713.79	916.88
BAJADA	786.21	420.62
NEUMATICOS	396.15	213.01
MAQUINADO DE MATERIALES	26678.52	15343.01
OTROS	14131.53	7560.37
OTROS ACEITES	51101.33	
ELECTRICOS	40895.34	
TERMICOS	4163.96	
OTROS	42.03	
GRASAS	25209.99	
NO ESPECIFICADO	2725.4	

Los lugares donde se generan lubricantes usados son: Servicios de lubricación automotriz, agencias automotrices, talleres de mantenimiento de flotillas, vehículos de carga y pasajeros, armadoras de automóviles, industria pesada, minería, fundiciones, cementeras y construcción, ingenios azucareros, industria metal-mecánica, talleres de mantenimiento de maquinaria agrícola, industria de plásticos, flotas pesqueras con motores diesel, hidroeléctricas, termoeléctricas, industria petroquímica y en general donde existan sistemas hidráulicos y maquinarias que requieran lubricación.

La estimación de los volúmenes generados de lubricantes usados por los automóviles y camiones a nivel estatal se muestran en las tablas No. 3 y No. 4, estos valores se estimaron utilizando los datos de automoviles y camiones para carga y transporte de pasajeros con que cuenta cada estado.

La estimación de los volúmenes generados de lubricante usado por la industria a nivel estatal se muestra en la tabla No 5 Estas estimaciones se calcularon utilizando los datos del censo industrial de 1989 elaborado por el INEGI.

En un mercado nacional cuyo consumo anual se estima en el orden de los 3.3 millones de barriles - 522 millones 700 mil litros - en el cual compiten alrededor de 130 marcas directas y maquiladas (2)

INEGI Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática

Tabla no. 3. Consumo de lubricantes y generación de lubricantes usados por estado (automóviles) (1).

ENTIDAD FEDERATIVA	CONSUMO DE LUBRICANTES m3	GENERACIÓN DE LUBRIC. USADOS m3
AGUASCALIENTES	1424.16	796.11
BAJA CALIFORNIA	9776.98	5465.33
BAJA CALIFORNIA SUR	1027.59	574.42
CAMPECHE	923.53	516.25
COAHUILA	5399.17	3018.14
COLIMA	1298.48	703.49
CHIAPAS	1711	956.83
CHIHUAHUA	7917.28	4425.74
DISTRITO FEDERAL	53054.02	29657.2
DURANGO	1560.52	872.33
GUANAJUATO	4139.86	2314.18
GUERRERO	1834.81	1025.66
HIDALGO	1778.76	994.33
JALISCO	11032.67	6167.26
MEXICO	17905.62	9953.34
MICHOACAN	3615.54	2021.09
MORELOS	3400.39	1900.82
NAYARIT	718.43	401.6
NUEVO LEON	8315.874	4648.57
OAXACA	1362.73	761.77
PUEBLA	5882.641	3208.4
QUERETARO	1485.29	830.28
QUINTANA ROO	842.07	470.72
SAN LUIS POTOSI	2103.87	1176.06
SINALOA	2815.17	1573.08
SONORA	4038.19	2257.35
TABASCO	1551.91	867.52
TAMAULIPAS	6458.99	3610.58
TLAXCALA	700.12	436.09
VERACRUZ	6223.43	3478.9
YUCATAN	2373.16	1326.6
ZACATECAS	1193.47	667.15
TOTAL	173865.725	97077.19

Tabla no. 4. Consumo de lubricantes y generación de lubricantes usados por estado.
(camiones de carga y pasajeros) (1).

ENTIDAD FEDERATIVA	CONSUMO DE LUBRICANTES m3	GENERACION DE LUBRIC. USADOS m3
AGUASCALIENTES	2209.57	1235.15
BAJA CALIFORNIA	6946.74	3003.23
BAJA CALIFORNIA SUR	1573.48	879.58
CAMPECHE	1456.316	814.08
COAHUILA	7030.44	3930.02
COLIMA	2510.87	1403.58
CHIAPAS	3582.18	2002.44
CHIHUAHUA	13056.53	7298.6
DISTRITO FEDERAL	10629.36	5941.81
DURANGO	3465	1936.94
GUANAJUATO	6796.09	3799.01
GUERRERO	2343.48	1310.01
HIDALGO	2778.7	1553.29
JALISCO	12771.97	7139.53
MEXICO	11583.49	6475.17
MICHOACAN	6879.79	3845.8
MORELOS	3546.7	1983.72
NAYARIT	1724.13	963.79
NUEVO LEON	7817.18	4369.8
OAXACA	2828.91	1581.36
PUEBLA	6293.92	3518.3
QUERETARO	1707.39	954.43
QUINTANA ROO	870.44	486.58
SAN LUIS POTOSI	3113.48	1740.44
SINALOA	6913.27	3864.52
SONORA	7231.31	4042.3
TABASCO	2008.7	1122.86
TAMAULIPAS	9256.75	5174.52
TLAXCALA	2334.48	1310.01
VERACRUZ	9491.093	5305.52
YUCATAN	1925	1076.08
ZACATECAS	4703.7	2629.37
TOTAL	167380.459	92691.84

Tabla no. 5. Consumo de lubricantes y generación de aceites usados a nivel industrial

(1).

ENTIDAD FEDERATIVA	CONSUMO DE LUBRICANTES m3	GENERACION DE LUBRIC. USADOS m3
AGUASCALIENTES	1287.41	608.76
BAJA CALIFORNIA	2924.85	1564.8
BAJA CALIFORNIA SUR	378.15	202.31
CAMPECHE	11349.26	6071.85
COAHUILA	6916.6	3700.38
COLIMA	418.96	224.15
CHIAPAS	1909.91	1021.8
CHIHUAHUA	4926.52	2635.69
DISTRITO FEDERAL	29702.29	15890.72
DURANGO	1780.84	952.75
GUANAJUATO	5984.61	3201.77
GUERRERO	438.59	234.64
HIDALGO	3421.91	1830.72
JALISCO	9447.01	5054.15
MEXICO	26051.53	13937.57
MICHOACAN	2209.71	1182.2
MORELOS	2657.76	1421.9
NAYARIT	390.12	208.72
NUEVO LEON	14928.64	7986.82
OAXACA	2134.87	1142.15
PUEBLA	5499.61	2942.29
QUERETARO	3356.27	1795.6
QUINTANA ROO	228.97	122.5
SAN LUIS POTOSI	3998.07	2138.97
SINALOA	1290.17	690.24
SONORA	4571.57	2445.79
TABASCO	7248.62	3878.01
TAMAULIPAS	3936.04	2105.78
TLAXCALA	1157.92	619.49
VERACRUZ	11329.03	6061.03
YUCATAN	1198.95	641.44
ZACATECAS	689.74	358.31
TOTAL	173744.5	92873.3

5.2. - IMPACTO AMBIENTAL

El impacto ambiental es definido por la legislación Mexicana en la materia como "la modificación al medio ambiente ocasionada por la acción del hombre o la naturaleza". Es muy claro que la definición es muy amplia y variada, en ella se puede englobar perfectamente una gran cantidad de fenómenos

Se dice que hay un impacto ambiental cuando una acción o actividad produce una alteración en el medio o en alguno de los componentes de los mismos. Así, la variable fundamental de estos estudios es la cuantificación de dicha alteración por su magnitud e importancia, pudiendo ser esta última positiva o negativa.

El estudio del impacto ambiental que provoca la liberación no controlada de los lubricantes (de desecho o no), es un fenómeno muy importante en la naturaleza, ya que ocasionan deterioro importante de los ecosistemas

Para poder predecir los efectos sobre el ambiente que provocaría la liberación incontrolada de los lubricantes usados, es necesario hacer referencia a la naturaleza química de éstos

Los elementos que conforman las diferentes moléculas de los lubricantes usados son elementos no metálicos que tienen la capacidad de formar sustancias volátiles, la mayoría son gases, líquidos, o bien sólidos de bajo punto de fusión. En consecuencia su biodisponibilidad es alta, ya que se puede absorber al respirar o por la piel. Muchos compuestos de este tipo son tóxicos; como es el caso del gas natural, del gas LP e hidrocarburos líquidos como las gasolinas, plaguicidas, disolventes, etc. Otros en cambio, son más usados por la industria como el perclorotileno, acrilonitrilos, benzopirenos, dioxinas, etc. Otras moléculas que pertenecen a este grupo no son

toxicos ya que pueden ser metabolizadas por los seres vivos, como el oxígeno, los azúcares y las grasas

El lubricante usado actúa en el medio ambiente en forma similar a los productos pesados del petróleo en las aguas, tienen la tendencia a crear películas delgadas que interfieren con la oxigenación adecuada de los ríos, lagos y embalses

En el suelo paulatinamente ocupa los poros impidiendo también la adecuada oxigenación de éste, matando la vida existente en estos ecosistemas. Además de irse poco a poco percolando sobre las diferentes capas del subsuelo hasta alcanzar los acuíferos en donde se dispersa y en donde puede causar mayores problemas de salud, debido a los constituyentes enumerados (13).

Lo anterior se complica aún más debido a los aditivos que se le adicionan a los lubricantes, el contenido de metales en sales orgánicas es alto en los lubricantes usados, creando problemas de salud por este concepto (14).

En las aguas negras el lubricante usado causa problemas a las plantas de tratamiento y purificación del agua, además de los siguientes:

1) Los conductos de los sistemas de alcantarillas pueden ser tapados y obstruir el flujo del agua y hacerlos más lentos o, en el peor de los casos, provocar la obstrucción total generando el derramamiento de las aguas negras

2) Las cribas pueden ser bloqueadas en la estación de bombeo y tratamiento.

3) Las operaciones de recuperación de aceite se vuelven más problemáticas en la planta de tratamiento

4) Las estaciones de bombeo comienzan a fallar y requieren un excesivo mantenimiento de vaciado y limpieza

5) Los sistemas de flotación y electrodos comienzan a fallar provocando un mal funcionamiento de los sistemas de bombeo.

6) Se introduce al sistema peligro de explosión e incendio.

El uso de lubricante usado como combustible en áreas urbanas tiende a agravar la contaminación atmosférica, tanto por el humo que genera cuando la quema se efectúa en quemadores corrientes, como por la liberación a la atmósfera de los metales contenidos en solución y en suspensión

El principal problema para el tratamiento y reciclaje de los lubricantes usados, es que son distribuidos en grandes áreas, por lo que su acopio y recolección implica la inversión de equipos de transporte y almacenamiento.

5.3. - EFECTOS TOXICOLÓGICOS

La exposición a diversas formas de desechos peligrosos, puede ser por contacto directo o en forma indirecta. a través del aire, el agua o ingesta de alimentos.

El contacto directo puede afectar a varios grupos diferentes de la población como:

- 1) Los que trabajan en la industria y en los establecimientos de atención de salud y potencialmente, también sus familias
- 2) Los que trabajan en la recepción, el transporte y la disposición de desechos, incluyendo a los segregadores de residuos en vertederos.
- 3) La población general, como resultado del uso de métodos inadecuados de disposición, o accidentes como explosiones, derramas, incendios, fugas, etc

La mayoría de estas exposiciones son de índole intermitente, si bien pueden ocurrir repetidamente durante periodos prolongados.

Las exposiciones indirectas ocurren después de que los desechos peligrosos se han eliminado de una de las diversas maneras, incluida la combustión que pueden causar contaminación del aire, descarga de aguas superficiales, descarga sobre el terreno o en vertederos, o a causa de almacenamiento por ejemplo en tambores. Por lo tanto, diversos componentes de los desechos peligrosos pueden introducirse en el aire, el agua y el suelo, y en último término, en nuestros alimentos (15)

Este tipo de exposición, por lo general, es continuo para las poblaciones que viven cerca de diversos sitios donde se eliminan desechos peligrosos. Como resultado de ello, sus efectos en la salud humana pueden ser de índole crónica. Otro aspecto que es preciso considerar es, que el medio ambiente, en particular el agua y el suelo, pueden ser contaminados en forma casi irreversible.

Los efectos en la salud, que son resultado de la exposición a distintas sustancias químicas, ocurren en muchas formas y órganos diferentes según el tipo de sustancia química de que se trate, la vía de exposición y la dosis que se recibe. La ingestión es la vía de exposición que se informa con mayor frecuencia en episodios de contaminación ambiental que han afectado a los sistemas hepático, renal, hematopoyético, reproductivo y nervioso central.

El tipo y la gravedad de los efectos, depende de la dosis. El contacto cutáneo directo es importante en el ámbito ocupacional donde se han informado efectos dérmicos y en el sistema nervioso central, pero parece menos probable como ruta de exposición para las poblaciones que viven en los sitios aledaños de eliminación de desechos. Es poco probable que la inhalación sea importante, a menos que sea a concentraciones relativamente altas o como resultado de incendios, si bien en estudios se han notificado efectos hematopoyéticos, reproductivos y en el sistema nervioso central (16).

La función del hígado y los riñones a menudo se ve afectada en forma negativa cuando muchos productos químicos llegan a niveles tóxicos en el cuerpo, ya que ambos órganos actúan en el metabolismo y la excreción de productos químicos exógenos. En la tabla No. 6 se ve un resumen de síndromes de hepatotoxicidad y en la tabla No. 7 las concentraciones de los constituyentes más comunes en los lubricantes usados.

Tabla no. 6. Resumen de síndromes de hepatotoxicidad debido a agentes ambientales (16).

MANIFESTACION TOXICA	EJEMPLOS DE PRODUCTOS TOXICOS AMBIENTALES INFORMADOS EN EL HOMBRE
Necrosis Hepática Aguda o Subaguda	Alifáticos clorados en altas dosis (CCL ₄ , Tetracloroetano), Toxinas de las setas fosforo, Micotoxinas, dosis altas de bifenilos policlorados (PCB)
Colestasis	Dianina de metileno, Dinitrofenol, Cromo
Metamorfosis grasa leve	Dosis pequeñas de alifáticos clorados, Algunos plaguicidas organoclorados
Hipertrófia del retículo endoplásmico	Bifenilos policlorados; Algunos plaguicidas organoclorados
Enfermedad Venooclusiva	Productos fúngicos vegetales (alcaloides de pirrolidicina)
Granuloma	Benfido
Fibrosis hepatoportal	Cinuro de vino, Arsénico
Cirrosi	Alifáticos clorados; aromáticos; aflatoxina; arsénico; productos tóxicos vegetales
Carcinoma hepatocelular	Aflatoxina; etanol
Angiosarcoma	Cinuro de vino; arsénico

Tabla No. 7 CONCENTRACIONES (ppm) DE CONSTITUYENTES EN LUBRICANTES USADOS (108)

TIPO DE LUBRICANTE USADO	ARSENICO	BAIRIO	CADMIO	CRONIO	PLOMO	BENCENO	TRICLORO ETILENO	TETRACLORO ETILENO	TRICLORO ETANO	TETRACLORO ETANO	BENZO(M) PIRINA	BIFENILOS POLICLORADOS
LUBRICANTES Y FLUIDOS AUTOMOTRICES PROMEDIO	1.2	9.9	1.6	3.3	71.3	83	38	315	338	38	16	ND
LUBRICANTES Y FLUIDOS AUTOMOTRICES POR CASO	2.4	37.6	5	5	264	420	100	1700	2100	100	24	3.4

Hay inquietud generalizada, tanto en el público en general como en la comunidad científica, de que la exposición a concentraciones bajas de sustancias químicas por largo tiempo, pueden causar mayor frecuencia de una variedad de cánceres. Un consenso dentro de la comunidad dedicada a la investigación sobre el cáncer, es que rara vez surge espontáneamente (sin ninguna causa conocida), y que la frecuencia de fondo del cáncer "espontáneo" se ve aumentada por muchos agentes existentes, entre los cuales figura en forma prominente el número relativamente grande de productos químicos. La sensibilidad individual a la inducción del cáncer por estos agentes parece variar según la sustancia, la edad, el sexo, la constitución genética, la alimentación y la modalidad de exposición (16).

La exposición a productos químicos en el medio ambiente rara vez ejerce un solo efecto en un sistema biológico, y tales sustancias pueden influir en el proceso reproductivo por cualquiera de tres modelos de acción (16).

- 1) Genéticamente. Al cambiar los genes mismos
- 2) Como teratógeno. Al afectar el efecto embrionario durante la gestación
- 3) Como un producto tóxico paterno o fetal. Al trastornar la función reproductiva o causar crecimiento fetal anormal.

Es importante destacar que, a diferencia de la mutagénesis y la carcinogénesis, la teratogénesis es un fenómeno de umbral. En consecuencia, no cabría esperar que los efectos teratogénicos aumentaran en condiciones de exposición por debajo de un umbral. Se sabe que productos químicos como el DDT, las dioxinas, la dieldrina, el captan y el carabario producen malformaciones en animales de laboratorio. Algunos metales, como el plomo y el mercurio, se conocen que son teratogénicos en el hombre. Los compuestos industriales presentes como

contaminantes ambientales pueden producir daño en el lactante y el niño, tanto directamente, como al atravesar la placenta debido a la exposición en la madre. Sin embargo, esta esfera no ha sido objeto de estudio suficiente para proporcionar pruebas concluyentes sobre los efectos adversos a los niveles de dosificación bajos característicos de muchas exposiciones (16).

Los productos químicos alteran las funciones inmunitarias mediante la facilitación o supresión de actividades específicas, al perturbar el equilibrio de tipo de células maduras o intermedias, acelerando o deteniendo la maduración. El gran número y la variada naturaleza de los productos químicos capaces de alterar las respuestas del sistema inmunitario aumentan la inquietud sobre la presencia de tales productos químicos en el ambiente.

Considerando la complejidad del sistema nervioso, puede resultar una amplia variedad de cuadros clínicos, ya que ciertos productos neurotóxicos pueden mostrar propensión a afectar los nervios sensitivos, mientras que otros pueden afectar a las vías motoras, los ganglios basales, el cerebro o las neuronas cerebrales dispersas. En contraposición a los efectos a largo plazo retardados que se observan con respecto a los productos químicos más carcinogénicos, el período entre la exposición y el efecto correspondiente a un producto químico neurotóxico potencial es corto (16).

Los déficits neuropsicológicos que se han informado en relación con la exposición a sustancias tóxicas incluyen: trastornos en la inteligencia, la memoria y la solución de problemas, así como alteraciones en la atención, el funcionamiento psicomotor y el estado de ánimo (16).

TOXICIDAD DE LOS CONSTITUYENTES ENCONTRADOS EN LUBRICANTES USADOS

La tabla No. 8. resume los datos sobre toxicidad de los constituyentes comúnmente encontrados en los lubricantes usados. Esta fué presentada por la Integrated Risk Information System (IRIS)

Se ha elegido la información presentada por la IRIS, porque ha sido exhaustivamente revisada por la EPA. Se presenta la dosis de referencia oral (RfD) y la concentración de referencia por inhalación (RfC), únicamente en los casos en que está reportada. Es un marco de referencia para evaluar efectos no carcinogénicos crónicos por exposición a un tóxico determinado.

Tabla no. 8. Resumen de valores de toxicidad de algunos constituyentes encontrados en lubricantes usados (16).

CONSTITUYENTE	RfD Oral (mg/Kg/día)	RfC Inhalación (mg/m ³)
ARSENICO	3.0 X 10 ⁻⁴	NA
BARIO	7.0 X 10 ⁻²	NA
CADMIO	5.0 X 10 ⁻⁴	PENDIENTE
CROMO VI	5.0 X 10 ⁻³	NA
CROMO III	1	NA
PLOMO	NA	NA
BENCENO	PENDIENTE	PENDIENTE
BENZO(a)PIRENO	NA	NA
1,1,2 TETRACLOROETANO	PENDIENTE	NA
1,1,2 TRICLOROETANO	4.0 X 10 ⁻³	PENDIENTE
TETRACLOROETILENO	1.0 X 10 ⁻²	NA
TRICLOROETILENO	PENDIENTE	NA

Todos los factores de toxicidad de esta tabla fueron encontrados en el (IRIS)

Pendiente Una medida de riesgo para este constituyente está corrientemente bajo revisión por un grupo de trabajo de la EPA.

5.3.1 - ARSÉNICO

La toxicidad de los compuestos de arsénico varía ampliamente dependiendo de la forma química (orgánica o inorgánica) y el estado de oxidación del arsénico. Generalmente, los compuestos trivalentes son más tóxicos que los compuestos pentavalentes.

El envenenamiento agudo por arsénico en humanos puede producir efectos gastrointestinales (náuseas, diarrea, dolor abdominal), hemólisis y desórdenes en el sistema nervioso central y periférico (17).

La exposición crónica está asociada con hiperpigmentación, queratosis en la piel, neuropatías periféricas, desórdenes cardiovasculares y gangrena en las extremidades (17,18). Permaneciendo e incrementándose con la edad y la dosis para individuos expuestos a altos niveles de arsénico en el agua de beber. Esta misma población también presentó una gran incidencia de hiperpigmentación y lesiones en la piel (19). De aquí que, la EPA calculó una dosis de referencia de 3.0×10^3 para arsénico.

La inhalación por largos periodos de tiempo de compuestos inorgánicos de arsénico en humanos ha sido asociada con irritación del tracto respiratorio (incluyendo la perforación del septo nasal). Sin embargo, no ha sido determinada la concentración de referencia por inhalación todavía. Se ha encontrado que el arsénico es embriotóxico, fetotóxico y teratogénico en algunas especies animales después de la administración parenteral (17). Sin embargo, otros estudios han mostrado mínimos o ningún efecto excepto a altas dosis y cuando son administrados en el agua de beber.

El arsénico es considerado un carcinogénico en humanos del grupo A. Esta categoría es para agentes en donde existe suficiente evidencia para sustentar la asociación casual entre la exposición humana a los agentes y el cáncer. Estudios epidemiológicos han mostrado que la inhalación de arsénico está fuertemente asociada con el cáncer de pulmón y tal vez con angiosarcoma hepático. La ingestión de arsénico ha sido ligada a una forma de cáncer de piel y más recientemente a cáncer de vejiga, hígado y pulmón (19).

Los estándares para agua de primer uso para beber para arsénico según EPA es de $50\mu\text{g/L}$ (21). Este valor fue establecido como un valor máximo para arsénico en agua de beber por la U.S. Public Health Service en 1941, y continúa usándose en las regulaciones que la EPA establece.

La oficina encargada del agua de consumo de la EPA está considerando mantener el presente valor máximo de contaminación para arsénico en fuentes de agua de consumo municipales (22), y ha propuesto un máximo valor objetivo de $50\mu\text{g/L}$ basados en evidencias de que el arsénico es un micronutriente

5.3.2 - BARIO

La toxicidad del bario es altamente dependiente de las características individuales de sus sales (23). Las sales insolubles de bario, tales como el sulfato, son pobremente absorbidas después de la inhalación o exposición oral. Como resultado, tales sales tienen baja toxicidad. En contraste, las sales solubles de bario (acetato, carbonato, cloratos, hidróxidos, nitratos, óxidos o sulfuros) son rápidamente absorbidas y son tóxicas tanto por vía oral como por rutas de inhalación (24,25). El hidróxido y óxido de bario son fuertemente alcalinos en solución acuosa y la exposición dérmica puede conducir a una severa irritación de piel y ojos (26).

El envenenamiento accidental o por motivos de suicidio en humanos con sales solubles de bario provoca primero un envenenamiento de la musculatura (debido a que el bario produce deficiencia de potasio) (24,25). Los efectos en la musculatura están caracterizados por una estimulación inicial, la cual es seguida por una parálisis muscular. Los síntomas iniciales incluyen efectos gastrointestinales (náuseas, vómito, contracciones musculares y diarrea). Sigue una estimulación muscular y del miocardio (hormigueo en las extremidades).

En casos severos, pérdida de los reflejos del tendón, fibrilación cardíaca y puede ocurrir parálisis muscular. También puede sobrevenir la muerte como consecuencia de las modificaciones cardíacas o por parálisis respiratoria. También han sido observadas hipertensión y fallo renal después de la exposición aguda de humanos a altos niveles de sales solubles de bario (27,28).

Estudios en animales también sugieren que puede ocurrir hipertensión y anomalías en el ritmo cardíaco por exposición crónica (29,30). La exposición de humanos por largos periodos no produce efectos similares (31,32). El efecto en el desarrollo y ciclo reproductivo de los efectos del

bario no han sido revisados adecuadamente. Sin embargo, algunos estudios en animales indican que el bario puede ser una toxina para el desarrollo y ciclo reproductivo (33).

Los primeros efectos observados en trabajadores después de la inhalación de polvo con sales insolubles de bario, sulfato de bario, comenzó con una pneumonocosis (baritosis) (24,25)

La función del pulmón y la probabilidad de desarrollar enfermedades respiratorias no fueron afectadas por la presencia de la pneumoconosis (34,35).

La EPA ha calculado una dosis de referencia RfD de 7×10^{-2} mg/Kg/día de bario basado en la ausencia de efectos en sangre observados en dos estudios que examinaron grupos expuestos a bario en agua para beber (31,32).

El estándar para el agua de beber para el bario según la EPA es de 1.0 mg/L (36). Este es un valor interino establecido en 1980. Un MCLG para el bario en agua de beber es de 1.5 mg/L ha sido propuesto en 1985. El MCLG está basado en efectos hipertensivos y cardiotoxicos observados en ratas.

—

5.3.3 - CADMIO

Los efectos agudos por la exposición a cadmio están primeramente asociados con irritación local tisular. Por ejemplo, la exposición aguda por inhalación de polvo de cadmio o humos causa irritación de los tejidos del tracto respiratorio y puede generar un síndrome que se asemeja a la fiebre por humos de metal (fiebre, dolor de cabeza, disnea, dolor de pecho pleurótico, rinitis, dolor de garganta, tos) (37). Estos efectos pueden no aparecer por varias horas después de la exposición. En casos severos, se puede desarrollar edema pulmonar fatal (38,39). Similarmente, el cadmio también irrita el tracto gastrointestinal y la ingestión de alimentos contaminados con cadmio está asociado con la aparición de náuseas, vómito, salivación, dolor abdominal y diarrea (40,41).

El cadmio se puede acumular primeramente en el hígado y piel durante largas exposiciones (42), y disfunción renal (progresiva disminución de la filtración glomerular) parece ser el primer efecto tóxico asociado con la inhalación crónica y la exposición oral (43,44).

La prolongada inhalación ocupacional de humos de cadmio provoca también disfunción pulmonar y enfisema (44). También ha sido reportado en personas expuestas por inhalación o exposición oral, severo dolor de huesos y osteomalacia (posiblemente asociada con una disrupción del metabolismo renal de la vitamina D) (45,46). Estudios en animales han demostrado que la exposición crónica a cadmio también puede estar asociada con hipertensión, anemia, inmunomodulación (47). Sin embargo, los datos existentes sobre los efectos en humanos son contradictorios y están limitados. El desarrollo neuropsicológico puede ser afectado en los trabajadores expuestos (48) y el desarrollo neurológico parece ser sensible también en animales.

(49,50) Otros efectos sobre el desarrollo en animales han sido observados a niveles altos de cadmio e incluye la disminución de peso corporal y malformaciones del esqueleto (47)

La EPA ha clasificado al cadmio como un carcinógeno del grupo B1 (probable carcinógeno humano) por inhalación. Se ha observado en ratas una fuerte asociación entre tumores de pulmón y la inhalación de cadmio (51), también en estudios epidemiológicos se han observado evidencias limitadas de un incremento de tumores entre trabajadores expuestos ocupacionalmente (52).

Fue estimada una unidad de riesgo de 1.8×10^{-3} ($\mu\text{g}/\text{Kg}/\text{día}$)-1 la cual fue obtenida por la EPA en base a la incidencia en pulmón, traquea, muerte por cáncer bronquial entre trabajadores expuestos a óxido de cadmio y humos de cadmio en los estudios realizados por Thun et al 1985 (52). Este valor es equivalente a un factor pendiente de 6 l ($\text{mg}/\text{Kg}/\text{día}$)-1.

También han sido asociados a la exposición de cadmio cánceres de próstata, aunque estudios más recientes no sustentan tal aseveración (53)

El estándar para agua de beber según la EPA para cadmio es de $5\mu\text{g}/\text{L}$ EPA (53). Este valor es equivalente a el MCLG para cadmio en agua de beber y está basado en toxicidad renal en humanos

5.3.4 - CROMO

El cromo puede tener varios estados de oxidación. Las propiedades biológicas de los compuestos de cromo dependen del estado de oxidación y solubilidad en agua del compuesto. El cromo hexavalente Cr(VI) es el más tóxico.

El cromo es un nutriente esencial para el metabolismo de la glucosa y una exposición oral a niveles bajos de compuestos de cromo no ha sido asociada con ser el causante de toxicidad sistémica. Sin embargo, este cromo es un fuerte oxidante, lo cual contribuye a sus propiedades irritantes y tóxicas (54).

Estudios de exposición aguda de humanos y animales usando una variedad de rutas de administración han indicado que los compuestos solubles de Cr(VI) y Cr(III) pueden producir daño en el hígado y riñón, aunque los niveles de dosis empleados fueron relativamente altas.

La exposición dérmica a ácido crómico o sales de Cr(VI) pueden causar dermatitis por contacto, sensibilidad y ulceración en la piel (55). La inhalación crónica a polvos de una sal de cromo (VI) puede causar problemas respiratorios incluyendo irritación y úlcera septo-nasal.

Se han establecido claramente estudios epidemiológicos en poblaciones de trabajadores que el Cr(VI) inhalado es un carcinógeno humano en vías respiratorias y pulmones como órganos blanco.

La EPA clasificó al Cr(VI) inhalado como un carcinógeno del grupo A (56).

5.3.5 - PLOMO

El plomo tiene diversos efectos biológicos en humanos y animales. Sus efectos son vistos a nivel subcelular de estructuras y procesos, así como a nivel general del funcionamiento del cuerpo. Existen muchos datos sobre los efectos a exposición al plomo en humanos, pero están generalmente relacionados a nivel de plomo en sangre en comparación a una exposición estimada. Los principales efectos tóxicos causados por la exposición a plomo son las alteraciones del sistema hematopoyético y nervioso. La exposición a plomo causa anemia por la inhibición del grupo hemo lo cual puede tener efectos deletéreos en otras proteínas que contiene el grupo hemo, tales como el citocromo P450, el cual destoxifica ciertos compuestos químicos en el cuerpo. Han sido reportados problemas de la síntesis de hemo en adultos a niveles menores de $50\mu\text{g/dL}$ de plomo en sangre (57)

Los niveles de plomo sanguíneo de más de $80\mu\text{g/dL}$ en niños y más de $100\mu\text{g/dL}$ en adultos sensibles puede causar un severo e irreversible daño a cerebro, encefalopatía y posiblemente la muerte. En niños, permanente disminución de la capacidad de aprendizaje ha sido vista a esos niveles aun sin otros signos de envenenamiento por plomo (57)

Otros efectos adversos están asociados con la exposición a bajos niveles de plomo. Han sido observadas lentas conducciones nerviosas en adultos a $30\text{-}40\mu\text{g/dL}$, alteración en la función testicular en hombres y disfunción renal (57)

La EPA ha clasificado a el plomo como un probable carcinógeno del grupo B2, teniendo inadecuada evidencia de carcinogenicidad de estudios humanos pero suficiente evidencia de estudios en animales. Algunos estudios epidemiológicos extensivos no han mostrado asociación entre la exposición a plomo y un incremento en la incidencia de tumores en trabajadores expuestos ocupacionalmente (59)

El MCLG está basado sobre los efectos a la salud de plomo en infantes y mujeres embarazadas como una población sensible (59). Han sido encontrados efectos adversos en infantes con niveles de sangre menores a 10µg/dL.

No se evaluaron muestras para periodos crónicos o subcrónicos ni para inhalación o ingestión oral en el Health Effects Assessment Document (57) debido a que la población en general está rapidamente incrementando su exposición a través de los alimentos, agua y polvo. Cualquier incremento significativo a la exposición de fondo podría representar un factor de interés.

5.3.6 - BENCENO

Los efectos tóxicos de vapores de benceno en humanos y otros animales incluyen depresión del sistema nervioso central y supresión de tuétano en los huesos, provocando anemia y depresión del sistema inmune (60)

La exposición crónica a vapores de benceno en humanos y animales puede causar continuos cambios de los elementos circulatorios de la sangre así como los precursores del tuétano en hueso (60). Puede ocurrir también leucopenia, trombocitopenia, anemia o una combinación de ellas. La exposición por largos periodos de tiempo puede provocar pancitopenia la cual resulta de la toxicidad del tuétano del hueso y se considera como la etapa irreversible de la enfermedad (61)

La depresión del sistema inmune por benceno es bien conocida. La disminución de anticuerpos séricos (IgG y IgA) en trabajadores expuestos a benceno (concentraciones de exposición no especificadas) han sido reportadas (60). Además, se ha demostrado que la administración de benceno a ratones in vivo inhibe la función de linfocitos T y E in vitro (61). Estas observaciones, así como la bien conocida habilidad del benceno de disminuir los leucocitos, puede explicar porque los individuos expuestos a benceno rápidamente sucumben a infecciones y eventos terminales ya que la toxicidad del benceno por exposición crónica es frecuentemente una aplastante infección (61).

Una serie de estudios epidemiológicos, tanto del caso control como de la serie, mostraron significativa asociación estadística entre leucemia y exposición por inhalación ocupacional (concentraciones no especificadas) a benceno (62,63,64,65)

La carcinogenicidad del benceno ha sido estudiada en ratas y ratones por varias rutas de exposición. En estudios con un tiempo prolongado por inhalación, el benceno ha sido asociado a carcinoma de glándula de Zymbal, carcinomas de la cavidad nasal y oral, carcinoma en piel, acantomas, carcinoma de estómago anterior, carcinoma en glándulas mamarias, angiosarcomas en hígado, hepatomas y tumores pulmonares y hemolimpaticular (66,67,68,69)

La EPA ha clasificado al benceno como un carcinógeno humano del Grupo A y ha calculado un factor pendiente para benceno de $0.029(\text{mg/Kg/día})^{-1}$ para la exposición oral y por inhalación derivados de estudios epidemiológicos en humanos (63,64,65) en los cuales un incremento en la incidencia significativa de leucemia fue observada en trabajadores expuestos a benceno, principalmente por inhalación (70)

El máximo nivel de contaminante permitido es de 0.005mg/L (71)

5.3.7 - HIDROCARBUROS POLICICLICOS AROMÁTICOS (PAHs)

Los efectos agudos por contacto directo con PAHs y materiales relacionados están asociados a la fototoxicidad. La primera respuesta fototóxica es dermatitis enrojecimiento de la piel, hormigueo e inflamación, y resulta de una sola exposición de 90 minutos de una solución de carbón de alquitrán de 1%. Esa dermatosis normalmente desaparece cuando el contacto con el material es eliminado. Dermatitis similares han sido observadas en la piel de ratón después de la aplicación dérmica de un PAH carcinogénico (72). Los PAHs carcinogénicos también han mostrado tener un efecto inmunosupresor en animales. Los PAHs también han mostrado provocar citotoxicidad en células que proliferan rápidamente en el cuerpo; el sistema hematopoyético y linfático son frecuentemente blancos (72).

La carcinogenicidad es el efecto tóxico más importante de la salud pública después de la exposición a materiales que contienen PAHs carcinogénicos. Algunos PAHs han mostrado ser potentes carcinógenos, produciendo tumores tanto en el sitio de aplicación y sistemáticamente en algunas de las diferentes especies animales cuando son administrados por cualquier vía (73) reportaron tumores gástricos, adenomas pulmonares y leucemia en ratones alimentados con benzo(a)pireno. Algunos PAHs han mostrado causar tumores en pulmón e instalación intratraqueal tanto en ratones como en hamster (72).

Para propósitos prácticos los PAHs son frecuentemente clasificados en dos categorías, los carcinogénicos y los no carcinogénicos. Aunque es importante acotar que muchos de los PAHs del grupo no carcinogénico han mostrado tener una débil potencia carcinogénica o por lo menos, actuar como promotores carcinogénicos.

Una clasificación más exacta debería diferenciar entre Carcinógenos potentes, Carcinógenos débiles y no Carcinógenos. Otro factor que complica la medida de riesgo de los PAHs es que ellos no se encuentran solos en la naturaleza, sino que existen como mezclas complejas que contienen diferentes PAHs de variada potencia carcinogénica. Las potenciales interacciones de un PAH individual presente como componentes de esa mezcla puede ser dirigida para intentar cuantificar el riesgo carcinogénico existente por la exposición de las mezclas.

El acercamiento adoptado por la EPA (74,75) como base para la medición de riesgo es aplicar el efecto pendiente calculado de ensayos sobre benzo(a)pireno a la subclase de PAHs carcinogénicos en la mezcla que ha sido medida. Este acercamiento involucra tres suposiciones: 1) que todos los PAHs carcinogénicos tienen la misma potencia que el benzo(a)pireno; 2) que sus efectos son aditivos; 3) que los PAHs no carcinogénicos no contribuyen a los efectos carcinogénicos de la mezcla. Aunque hay limitada experiencia empírica para sustentar las suposiciones 2 y 3, esto puede provocar una sobreestimación del riesgo debido a que el benzo(a)pireno es uno de los más potentes Carcinógenos entre los PAHs y está usualmente presente en pequeños porcentajes del total de la mezcla.

El benzo(a)pireno es un representante de los PAHs carcinogénicos y está clasificado por la EPA (75) en el Grupo B2 Carcinógenos humanos probables basados en suficiente evidencia de estudios carcinogénicos en animales y evidencia de estudios epidemiológicos.

La EPA (76) calculó un valor de $5.79 \text{ (mg/Kg.día)}^{-1}$ como el factor pendiente para una exposición oral a los PAHs carcinogénicos basados en la medida geométrica de varios factores pendiente calculados usando datos de Neal y Rigdom (77). En los cuales la administración de benzo(a)pireno produjo tumores al estómago anterior en ratones y ratas. Muy pocos PAHs

carcinogénicos son tan potentes como el benzo(a)pireno. Por lo tanto un factor de equivalencia de toxicidad ha sido desarrollado y aplicado a datos de bioensayos tumorales para otros PAHs. Esto resultará en factores pendiente para otros PAHs que son mucho menos tóxicos que el benzeno(a)pireno

La IARC (78) Revisando la carcinogenicidad de los PAHs indicó aquellos para los cuales existe limitada, inadecuada o adecuada negativa evidencia para carcinogenicidad. Los más potentes Carcinogenos son casi todos incluidos en el grupo para los cuales hay suficiente evidencia sobre sus propiedades carcinogénicas

En la tabla No 9 se muestra la clasificación de los PAHs de acuerdo a su carcinogenicidad (75).

Tabla. no. 9. Clasificación de los hidrocarburos policíclicos aromáticos de acuerdo a su evidencia existente sobre su carcinogenicidad (75).

Compuestos para los cuales hay suficiente evidencia de que son carcinogénicos en animales

Benzo(a)antraceno	Dibenzo(a,h)acridina	Dibenzo(a,h)pireno
Benzo(a)fluoranteno	Dibenzo(a,j)acridina	Dibenzo(a,i)pireno
Benzo(b)fluoranteno	Dibenzo(g,h)antraceno	Dibenzo(a,l)pireno
Benzo(k)fluoranteno	7H-Dibenzo(c,g)carbazol	Indeno(1,2,3-c-d)pireno
Benzo(e)pireno	Dibenzo(a,e)pireno	5-Metilciseno

Compuestos para los cuales existe limitada evidencia de que son carcinogénicos en animales

Antraceno	Ciclopenteno(c,d)pireno	2-,3-, 4- y 6-metilciseno
Benzo(c)acridina	Dibenzo(a,c)antraceno	2- y 3-metilfluoranteno
Carbazol	Dibenzo(a,j)antraceno	
Ciseno	Dibenzo(a,e)fluoranteno	

Compuestos para los cuales la evidencia existente es inadecuada para medir su carcinogenicidad

Benzo(b)acridina	Benzo(c)tenantreno	1-Metilciseno
Benzo(g,h)fluoranteno	Benzo(e)pireno	1-Metiltenantreno
Benzo(i)fluoreno	Caroneno	Fenantreno
Benzo(d)fluoreno	1,4-Dimetiltenantreno	Trifenileno
Benzo(c)fluoreno	Fluoreno	

Compuestos para los cuales la evidencia disponible no es suficiente para demostrar que son carcinogénicos

Acenftenc	Antraceno	Fluoranteno
Acenft, end	Dibenzofurano	Naftaleno
F,ent	2-Metilnaftaleno	

538 - 1,1,2- TETRACLOROETANO

El primer efecto tóxico después de su exposición es la depresión del sistema nervioso central. La inhalación aguda por vía oral y/o exposición dérmica de humanos a altos niveles de éste ha provocado dolor de cabeza, vértigo e inconsciencia. A niveles de exposición altos puede ocurrir daño hepatocelular (79,80).

La exposición ocupacional por largos periodos de tiempo al tóxico provoca principalmente efectos sobre el sistema nervioso, el gastrointestinal y hepático.

Este toxico es uno de los hepatotóxicos más potentes de todos los solventes hidrocarbonados clorados (81) También ha sido reportado cirrosis hepática y hepatitis (caracterizada por hepatomegalia e ictericia) en muchos casos de exposición ocupacional (82). También han sido reportados casos de nauseas, vómito, anorexia, constipación y dolor abdominal (82) Los efectos neurológicos predominantes después de la exposición ocupacional crónica incluye dolor de cabeza, temblores, letargia y parestesia (83). Estudios en animales mostraron que la hemoglobina, hematocrito y conteo de glóbulos blancos puede ser afectada por la exposición

La EPA (84) ha clasificado a este tóxico como un carcinogeno del grupo C (posible carcinógeno humano) basados en un incremento en la incidencia de carcinomas hepatocelular en machos y hembras de ratones a los que se les administró el tóxico. No fueron detectados datos de carcinogenicidad en humanos.

5.3.9 - 1,1,2-TRICLOROETANO

Los primeros efectos tóxicos después de la exposición aguda a 1,1,2-tricloroetano son depresión del sistema nervioso central, toxicidad hepática (85).

Estudios en animales indican que la inhalación aguda de altos niveles de el tóxico provoca un estado de anestesia que puede preceder a una parálisis respiratoria y muerte a niveles altos de exposición (86) Concentraciones narcóticas son irritantes a los ojos y mucosas respiratorias. También han sido observados irritación gastrointestinal, vómito en animales después de largas dosis orales (87) y hepatotoxicidad por algunos meses. Algunos estudios en animales también sugieren que algunos aspectos de la función inmune puede ser afectada por la exposición subcrónica (88)

La EPA en (89) Lo clasificó como un carcinógeno del Grupo C (posible carcinógeno humano) basados en carcinomas hepatocelulares feocromacitomas en una clase de ratón

5.3.10 - TETRACLOROETILENO

El tetracloroetileno es un depresor del sistema nervioso central que puede causar dolor de cabeza, falta de coordinación o inconsciencia después de la inhalación aguda o exposición oral (90).

La exposición a vapores con altos niveles de este tóxico irrita también los ojos y los tejidos del sistema respiratorio (91). El contacto directo con la piel puede provocar enrojecimiento, formación de ampollas y quemaduras de la piel (92). La exposición aguda por inhalación de humanos a altos niveles ha provocado casos de toxicidad renal (94). Han sido reportados casos aislados de arritmia cardíaca de personas expuestas a este tóxico (93).

La exposición ocupacional crónica provoca hepatotoxicidad (94).

Estudios recientes indican que la exposición ocupacional a este tóxico puede provocar encefalopatía crónica (95). No existen datos disponibles en humanos con relación al desarrollo de toxicidad. La exposición ocupacional crónica ha sido asociada con alteraciones menstruales y un incremento en los casos de aborto según algunos estudios (96,97).

El estándar para agua de beber según la EPA para tetracloroetileno es de 0.005 mg/L (98).

5.3.11 - TRICLOROETILENO

El tricloroetileno es un depresor del sistema nervioso central y la exposición oral o por inhalación a altas concentraciones provoca dolor de cabeza, somnolencia, euforia, vértigo, confusión o inconsciencia (99).

En casos extremos, puede ocurrir fallo respiratorio fatal (100). También ha sido atribuida la muerte después de la exposición a tricloroetileno y arritmia cardíaca (debido probablemente a la sensibilización del corazón a la acción de la adrenalina) (101). Tanto la exposición aguda como la crónica han sido asociadas a neuropatías del nervio craneal (102).

También han sido reportadas náuseas y vómito después de largos periodos de inhalación o exposición oral (102). Una respuesta de enrojecimiento de la cara y cuello han sido reportados después del consumo de alcohol cercanamente después de la exposición a tricloroetileno (103). El tricloroetileno ha sido usado una vez como anestésico y no se ha observado que tenga toxicidad marcada hepática o renal después de la exposición aguda. Sin embargo, en algunos casos se ha reportado toxicidad hepática después de la exposición por inhalación de humanos a niveles muy altos (104). Estudios en animales indican que la exposición aguda por inhalación a niveles extremadamente altos puede provocar toxicidad renal (105).

La EPA ha clasificado originalmente al tricloroetileno como un carcinógeno del Grupo B (probable carcinógeno humano) y ha desarrollado factores de riesgo por inhalación y oral. Sin embargo, la EPA (106) ha sacado su medida de carcinogenicidad original para tricloroetileno.

El estándar para el agua de beber según la EPA es de 5 µg/L (106).

6. - MÉTODOS DE TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE LOS LUBRICANTES USADOS.

Todo lubricante sufre, de una manera más o menos rápida, una serie de modificaciones que produce su envejecimiento y deterioro. Son debidas, principalmente, a factores extraños al lubricante o a la oxidación.

Los factores extraños al lubricante, como por ejemplo, polvo, polvo metálico o de los cojinetes, fibras textiles, agua, etc., pueden considerarse como causas inevitables por el servicio que prestan. En los lubricantes destinados a la lubricación de motores de explosión y diesel, señalaremos en primer lugar la dilución del lubricante por residuos de combustible mal quemado, lo que ocasiona una reducción gradual de la viscosidad y la capacidad lubricante (un 1% de combustible rebaja un 10% de viscosidad del lubricante). A la dilución citada hay que añadir el agua en el cárter, la carbonilla, la acción de gases corrosivos, las temperaturas excesivas, etc.

La acción del aire, los calentamientos más o menos intensos y el contacto con metales producen la oxidación y descomposición de los componentes no saturados del lubricante.

La oxidación y envejecimiento de un lubricante se manifiestan por cambios en su color y olor, por un aumento en su índice de acidez, así como por la formación de materias resinosas y asfálticas, precipitación de gomosidades y lacas (107)

Un lubricante oxidado pierde su capacidad para separarse del agua, es decir, se emulsiona con ella. Es por esta razón que un lubricante de calidad debe presentar una buena resistencia a la oxidación, lo que permitirá una mayor vida del lubricante y una mejor conservación del mecanismo, al evitar la formación de sustancias ácidas corrosivas, que con gran facilidad atacan a metales tan comunes en maquinaria y motores, como las aleaciones de cobre-plomo y cadmio-plata con que están elaborados muchos de los cojinetes de motores diesel.

Existe en el mundo una gran variedad de procesos para el manejo de lubricantes usados. En particular, hay una gran diversidad de sistemas que pueden ser empleados para tratar estos materiales con el propósito de reciclarlos, produciendo nuevamente lubricantes base, para aprovechar la energía térmica contenida en los mismos, o para aprovecharlos como materia prima en otros procesos.

Los lubricantes usados son un perfecto ejemplo del reducido subconjunto de residuos peligrosos que son susceptibles de ser reciclados para obtener un producto similar al material original en cuanto a sus propiedades. La obtención de un lubricante básico a partir de un lubricante usado contribuye a retornar un residuo al ciclo productivo, sustituyendo en parte el uso de materias primas vírgenes (107)

Las principales tecnologías disponibles actualmente en México para el manejo adecuado de lubricantes usados y que involucran el aprovechamiento de estos materiales y que se muestran en la figura No. 4, son:

1 - La re-refinación de lubricantes.

2 - La utilización de los lubricantes usados como combustible en hornos de cemento para recuperar su contenido calorífico, y

3 - Otras opciones posibles para el aprovechamiento de los lubricantes como materia prima en procesos industriales

En forma adicional existen en el país otras opciones para el manejo de lubricantes usados, tales como la disposición final en un confinamiento controlado, su aprovechamiento en ladrilleras como combustible, y su mezclado con combustóleo o gasóleo para su quema en calderas y generadores de vapor industriales que carecen de controles de emisiones atmosféricas adecuados. Lo anterior se presenta en la tabla No 10, en donde con la excepción de su disposición final en un confinamiento controlado, estas prácticas no están reguladas e implican riesgos potenciales para la salud y el medio ambiente y no se consideran opciones aceptables (108)

Figura No. 4. METODOS DE TRATAMIENTO DE LUBRICANTES USADOS

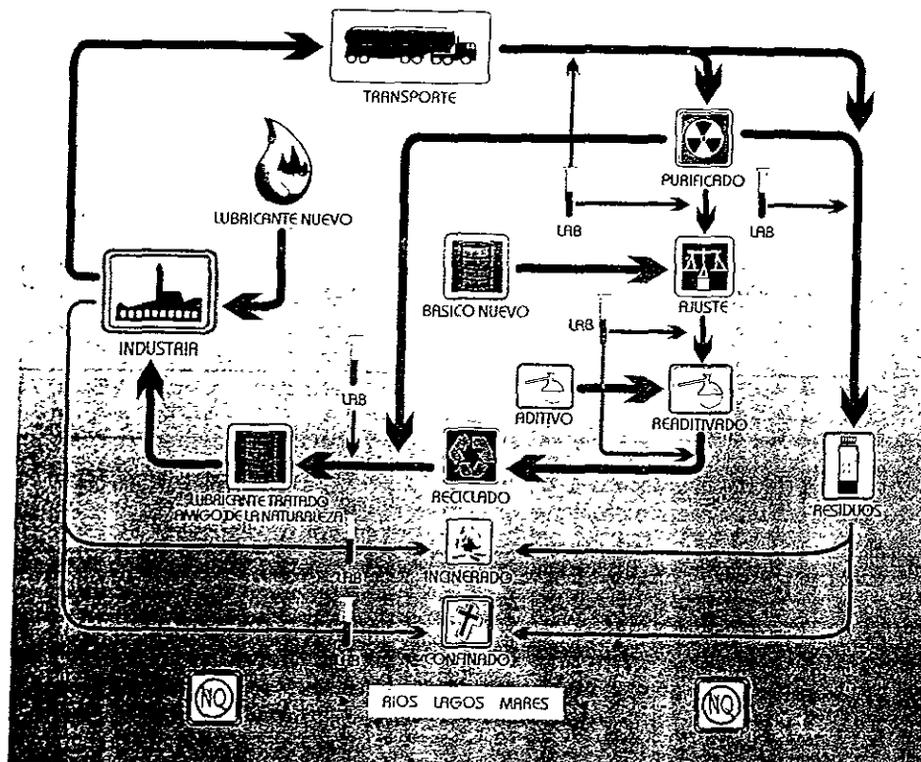


Tabla No. 10. REUSOS MÁS COMUNES DEL LUBRICANTE USADO

TIPO DE INDUSTRIA	APLICACIÓN
LADRILLERAS	COMBUSTIBLE
CEMENTERAS	COMBUSTIBLE
BAÑOS PÚBLICOS	COMBUSTIBLE
PANADERÍAS	COMBUSTIBLE
MINAS	COMPACTACIÓN DE TERRENOS
FUNDIDORAS	TEMPLADO
CONSTRUCCIÓN	CIMBRAS, MOLDES
INDUSTRIA QUÍMICA	IMPERMEABILIZANTES, MASTIQUES Y GRASAS
PORCICULTURA	INSECTICIDAS

6.1. - RECICLAMIENTO (108)

A continuación se describen las tecnologías desarrolladas actualmente en el mundo para el tratamiento de lubricantes usados. En primera instancia, se enuncian los tratamientos que son aplicados mediante métodos físicos, químicos y/o eléctricos, con el fin de separar el agua y los sólidos presentes. Posteriormente se describen los métodos térmicos como son la destilación o la evaporación de agua e hidrocarburos ligeros. Por último se describen en forma resumida los procesos de re-refinación existentes, tanto los que son utilizados actualmente, como los que están siendo desarrollados a nivel de laboratorio. Asimismo se incluye información referente a los lubricantes minerales residuales usados, generados durante los procesos de almacenamiento, tratamiento y/o manejo de los lubricantes, petróleo, grasas y orgánicos inmiscibles en general.

6.1.1. - PRETRATAMIENTO DE LUBRICANTES PARA RECICLAMIENTO

(108,10)

6.1.1.1 - TRATAMIENTO DE EMULSIONES

Estos tratamientos, que pueden ser tanto físicos, como químicos o eléctricos, tienen por objeto separar el agua y los sólidos de los lubricantes. Como principio, tenemos que las emulsiones son mezclas líquidas de pequeñas cantidades de material graso físicamente estables. Existen emulsiones naturales (como el caso de la leche), como resultado de un mezclado fuerte y profundo de residuos grasos y agua, o finalmente, producidas en forma artificial, como lo es la maquinaria

de corte que utiliza "lubricante soluble en agua" o jabonaduras con contenido de ácidos grasos. En muy raras ocasiones se puede encontrar un residuo de agua-lubricante, donde el lubricante se encuentre separado del agua. En la realidad, en los residuos acuosos se encuentra un lecho de lubricantes "puros", una interface emulsionada de agua-lubricante y una última de agua relativamente "pura".

Estos residuos deberán ser tratados por métodos físicos y por último, una vez separada en dos fases discretas de agua y lubricante, el residuo es procesado mediante tratamientos secundarios.

El rompimiento de emulsiones, se puede llevar a cabo por métodos químicos, físicos y eléctricos, de los cuales los métodos químicos, son los más comúnmente utilizados. Sin embargo no se tienen especificaciones precisas de tratamiento debido a la gran variedad de emulsiones acuosas con diferentes concentraciones y características, así como de la presencia de otros materiales, tales como tensoactivos y sólidos que afectan la estabilidad de la emulsión.

La desemulsificación por métodos químicos consiste en la adición de altas concentraciones de sales ionizantes, tales como las sales de aluminio o de hierro, las cuales son particularmente efectivas así como de ácidos, como el ácido sulfúrico, el cual rompe el equilibrio de la dispersión en la emulsión y permite el goteo y unión de la fase aceitosa.

Usualmente se requiere una concentración del 2% en peso de ácido para lograr la separación. En términos generales, para romper una emulsión se requiere utilizar un agente reactivo altamente soluble en el medio acuoso. Sin embargo, debido al costo de los reactivos químicos el método resulta poco rentable.

La desemulsificación química puede ser combinada con métodos físicos o electrolíticos con el fin de incrementar la eficiencia. Algunas emulsiones particularmente difíciles de tratar pueden ser

incineradas

Una vez que se ha conseguido el rompimiento de la emulsión, ésta será separada en dos fases. agua y lubricante. Uno de los métodos más comúnmente utilizados para la separación es mediante la inyección de aire presurizado en el residuo a tratar. Cuando éste es liberado adquiere la presión atmosférica expandiéndose en el medio y formando burbujas que acarrearán las gotas de lubricante a la superficie. El lubricante forma en la superficie una nata que es separada mediante un desnatador. Se pueden adicionar flocculantes químicos como sales o polielectrolíticos para incrementar la eficiencia en la aireación. Otra alternativa más, es la de hacer pasar al residuo a través de un lecho filtrante fibroso con propiedades hidrofóbicas. O bien simplemente por sedimentación cuando la emulsión no se encuentra establemente equilibrada.

Por último, el agua extraída contiene concentraciones remanentes de lubricantes que deben ser removidas mediante tratamiento biológico. Asimismo, el aceite extraído del residuo deberá ser tratado por métodos físicos o químicos, como es el caso de la centrifugación o redestilación.

Para el tratamiento de residuos acetosos, se deberá diseñar el tren de tratamiento cuidando de las características del residuo y combinando los métodos de desemulsificación y separación de las fases.

Un residuo acuoso con contenido de materiales orgánicos inmiscibles, es usualmente referido como un "residuo acetoso". Existen distintas etapas para el tratamiento de estos residuos, la primera etapa o tratamiento primario consiste en remover el aceite "puro" que se encuentra flotando en la superficie, mediante métodos físicos. El tratamiento secundario rompe la estabilidad de las emulsiones permitiendo la separación de las fases para extraer el aceite remanente.

En el tratamiento primario se utiliza la fuerza gravitacional para la separación de las fases por medio de la diferencia de pesos específicos entre el agua y el lubricante. A menor diferencia en los pesos gravitacionales se requiere un mayor tiempo de retención en el tratamiento. Por otro lado, influye también el grado de separación del lubricante. Estos son factores importantes a considerar en el diseño de los tanques de sedimentación con el fin de darle el tamaño y forma adecuada, llegándose a obtener hasta un 99% de eficiencia en la separación.

Los sedimentadores/separadores comúnmente utilizados son el interceptor de platos paralelos y el API. El separador API consiste de un desnatador que separa el lubricante de un caudal de agua pequeño, donde se permite que las gotas de lubricante emerjan a la superficie por diferencia de pesos específicos. Por otro lado, en el fondo se sedimentan los lodos y sólidos contenidos en el residuo, los cuales son removidos continuamente mediante el uso de rastras. El interceptor de platos paralelos consiste de un arreglo de platos alneados e inclinados en paralelo en la dirección del flujo. Las gotas o porciones de aceite chocan contra los platos y son forzados a descender por la corriente de agua hasta que logran pasar por debajo del plato inclinado y entonces es cuando emergen formando una nata de lubricante en la superficie.

Un mecanismo modificado de platos paralelos es el de los platos corrugados (CPI) los cuales se encuentran dispuestos transversalmente en el flujo. La inclinación del corrugado permite la adhesión de las gotas de lubricante al chocar y la flotación de éste en la superficie. Las experiencias dicen que el API es un 50% más eficiente que el CPI, aunque no se tienen datos científicos que lo comprueben. Por otro lado, el CPI y el API pueden ser de tamaños compactos y cerrados por lo que minimizan los problemas de malos olores.

El tratamiento secundario utilizado es el que ha sido mencionado en la sección de emulsiones. El efluente acuoso podrá contener lubricantes remanentes que deberán ser removidos por tratamientos biológicos o por adsorción con carbón activado.

Existen distintas tecnologías para el manejo de los residuos donde el lubricante es relativamente recuperable o rentable, y esto incluye extracción por solventes.

Otra de las metodologías que se utilizan es la de introducir al recipiente o evaporador a una corriente de vapor de agua, con el fin de volatilizar en primera instancia el componente de la mezcla azeotrópica con menor punto de ebullición. Estos equipos pueden ser diseñados para trabajar en forma continua con un caudal continuo de entrada y salida de la mezcla a tratar. O bien, trabajando de manera intermitente con cargas en el recipiente de la mezcla.

En el caso de la separación de aceites esta metodología ofrece una alta pureza del agua tratada, ya que como este elemento es el que tiene el menor punto de ebullición se logra extraer en forma muy pura, quedando remanente muy poca concentración de parámetros, tal como la dureza.

Por otro lado, el lubricante que queda en el fondo contiene todas las impurezas de la emulsión más las impurezas que originalmente contenía diluidas en agua.

Otro de los equipos que ofrece una mayor eficiencia es el reactor de evaporación de película, donde se tiene un caudal de entrada continuo de los residuos, y éstos son precalentados hasta una temperatura de saturación del agua. Posteriormente, la corriente laminar o de película pasa a través de un plato de calentamiento donde se separa el agua en forma de vapor y el lubricante es descargado al fondo del recipiente para ser enviado posteriormente a tratamiento, reciclaje y/o incineración.

6.1.1.2.- TRATAMIENTO DE LUBRICANTES MINERALES USADOS (RESIDUOS DE PROCESO) (108,10)

Los lubricantes minerales usados son generados inevitablemente durante el manejo, la refinación del petróleo y en los procesos químicos donde se utilizan productos de los lubricantes y grasas. Por otro lado, también se generan durante la distribución y transportación, su uso (como lubricantes) y en el reciclaje de los lubricantes usados

Las aguas residuales que contienen lubricantes provenientes de plantas petroquímicas y de refinación pueden ser tratadas por diversas tecnologías antes de ser descargadas a los drenajes o causes de aguas naturales. Asimismo, se consideran además como lubricantes usados minerales los siguientes

1 - Residuos aceitosos y lodos provenientes de los fondos de tanques de almacenamiento o tanques de separación de lodos y de floculación - sedimentación. Estos contienen (dependiendo de la fuente) lubricantes, agua, productos de degradación, corrosión y aditivos derivados del petróleo.

2 - Lubricantes usados con contenido de contaminantes volátiles y no volátiles, emulsiones y rabonaduras con contenido mayor de 8% de lubricante, más aditivos, metales e inhibidores.

3 - Lubricantes con trazas de residuos: lodos ácido - aceitosos con contenido de ácido sulfúrico, hidrocarburos y aditivos. tierras de blanqueo gastadas con 40% de aceites. más impurezas de los aceites. fondos de columna conteniendo residuos no volátiles generados en la re-refinación de los lubricantes

6.1.2.- TRATAMIENTO DE LUBRICANTES USADOS (108,10).

6.1.2.1.- PROCESO ÁCIDO ARCILLOSO

Se ha desarrollado un sin fin de procesos de tratamiento, aunque las tecnologías no son conocidas debido a que las casas comerciales y las firmas mantienen esta información como confidencial. Sin embargo, el método de tratamiento más utilizado es el proceso ácido arcilloso. En este método, en la primera etapa se aplica la sedimentación y drenado del agua del lubricante y/o grasa usada, posteriormente, mediante el cribado las películas grandes son removidas para su posterior calentamiento y centrifugado con el fin de remover las partículas menores a 2 micrómetros de diámetro nominal, así como el agua emulsificada.

Posteriormente, el lubricante pasa, por medio de una vía de conducción calentada, hacia un equipo deshidratador por flasheo a presión atmosférica y a 150°C para remover la humedad y los hidrocarburos ligeros. El aceite deshidratado se enfría a 40°C y mezclado con una solución del 6 al 10% en peso de ácido sulfúrico del 93 al 98%.

Al finalizar la reacción la mezcla se separa en dos fases, donde la capa inferior es un residuo ácido la cual es drenada para su posterior tratamiento, disposición o incineración.

El olor y color del lubricante es removido mediante la adición y mezclado de 3 a 5% en peso de tierra activada de blanqueo (cal viva) y 0.1 a 0.2% de un compuesto alcalino con el fin de hacerlo reaccionar al vacío en una torre de evaporación a 270°C. Los fondos de columna, están formados por lubricantes con viscosidades bajas, así como de tierras de blanqueo gastadas, las cuales

posteriormente son filtradas y removidas para su subsecuente disposición o incineración. Los lubricantes destilados condensados tienen una viscosidad baja.

Este proceso puede ser utilizado para tratar una gran variedad de lubricantes y grasas usadas con diversos tipos de contaminantes. Cada compañía de reciclaje ha desarrollado con certeza sus propias variaciones en el proceso, dependiendo de las cargas utilizadas y de las necesidades previstas. Cabe mencionar que el proceso de re-refinación es sumamente difícil y se requieren expertos en la materia para conseguir las especificaciones equicomparables con los lubricantes nuevos o de primera manufactura. Esto es especialmente difícil cuando se tienen lubricantes usados conteniendo aditivos, como es el caso de mejoradores de viscosidad o inhibidores de corrosión. Por lo que es necesario contar con técnicas y procedimientos de prueba de control de calidad para los lubricantes usados. Sin embargo, en principio no existen objeciones técnicas para reciclar lubricantes.

Las modificaciones al proceso han sido realizadas con el fin de mejorar los procesos. Algunos están basados en la extracción de solventes, como el propano o el butanol, el cual es extraído después del pretratamiento y la deshidratación y antes del lavado con el ácido y las arcillas. Otras variaciones en el proceso es el empleo de sustancias alcalinas en el lavado, además de un tratamiento con hidróxido de sodio y peróxido de hidrógeno.

Los residuos jabonosos o acetosos con base agua con concentraciones por arriba del 5% de lubricantes (lubricantes solubles) son poco rentables, debido a la compleja composición de los lubricantes solubles utilizados comúnmente, ya que contienen materiales emulsificantes como son las jabonaduras del petróleo, un par de agentes que mantienen la estabilidad de la emulsión y frecuentemente bactericidas, por lo que hacen que el ablandamiento y la re-refinación un

sofisticado sistema de control y operación donde únicamente las empresas con bastante experiencia pueden lograrlo

6.1.2.2.- PROCESO DE RE-REFINACION PHILLIPS (108,10)

El proceso Phillips de re - refinación de los lubricantes usados (PROP) comienza cuando se mezcla una solución acuosa de fosfato de amonio con el lubricante usado a tratar, previamente calentado. Este proceso reduce el contenido de metales, a través de una serie de reacciones que ocurren por debajo de los 149°C de temperatura y 20 psi de presión, se forman fosfatos metálicos que son removidos posteriormente en la filtración. Durante las reacciones de desmetalización, el agua y los compuestos volátiles ligeros son evaporados.

Como segundo paso, el lubricante remanente, libre de sólidos y metales, es calentado y mezclado con hidrogeno y enviado a un catalizador de níquel - molibdeno. El objeto general de esta serie de operaciones es la de remover el azufre, nitrógeno, oxígeno, cloro, así como la de minimizar el color en el lubricante. Posteriormente el lubricante es destilado con el fin de separar la fracción ligera.

El PROP ofrece un rendimiento de arriba del 95%, con impurezas de metales menores a 10 ppm, así como pequeñas trazas de azufre. El proceso genera un residuo (tierra diatomacea) producto del filtrado, que puede ser dispuesto sin posibilidades de riesgos toxicos en un confinamiento.

Análisis efectuados recientemente indican que el proceso de desmetalizado es muy efectivo, dado que el contenido de metales en el lubricante antes de la desmetalización es relativamente alto (500

ppm). y en el producto final se tiene una concentración de 10 ppm de lubricante usado adicionado al proceso. Por otro lado, el combustible producido durante el proceso se encuentra casi exento del contenido de azufre en general

En resumen se puede concluir que este proceso ofrece eficiencias de remoción muy elevadas (del orden del 96%) Sin embargo, se pueden tratar lubricantes usados procedentes de motores automotrices, hidráulicos, compresores, pero deben estar libres de solventes clorados u otros productos químicos

6.1.2.3.- PROCESO DE HORNO ROTATIVO B.V. DE TECNOLOGÍA CINÉTICA INTERNACIONAL (KTI) (108.10)

Aunque existen bastantes alternativas en las metodologías utilizadas en este tipo de proceso, en todos los casos se utiliza para la eliminación de los productos indeseables, un horno rotativo que opera al alto vacío afectando el calentamiento de la carga mediante un intercambiador de calor, alimentado con un fluido térmico.

Esta destilación se efectúa en una etapa intermedia. antes del blanqueo con arcillas y ácidos o con hidrogenación

La ventaja que ofrece este proceso en comparación con la destilación en columna es de que en el horno rotativo se minimiza al máximo el ensuciamiento del equipo incrementando su operabilidad

Este proceso en la actualidad, ofrece eficiencias del 82%, flexibilidad en el proceso, admitiendo lubricantes de todos tipos con diferentes grados de contaminación, incluyendo la admisión de PCB's y otros componentes altamente tóxicos y no genera hidrocarburos de cadenas largas como subproductos. La desventaja que tiene este proceso cuando se utiliza la hidrogenación es que éste puede ser perturbado con la introducción de cualquier tipo de impurezas.

6.1.2.4.- PROCESO DE EXTRACCIÓN POR PROPANO (108,10)

La base de este proceso es la utilización del propano para extraer, de forma selectiva, el lubricante de un residuo de lubricante usado. El propano una vez que contiene el lubricante diluido es removido por evaporación en un reactor - extractor, mientras que los compuestos asfaltados pesados y los solidos suspendidos son depositados en el fondo del reactor. Estas impurezas y lodos pueden ser mezclados con combustibles para su quema o pueden ser confinados.

El proceso típico se divide en seis operaciones.

DESTILACION

EXTRACCIÓN CON SOLVENTE

SEPARACIÓN DEL SOLVENTE Y RECUPERACIÓN DEL ACEITE

TRATAMIENTO ÁCIDO

TRATAMIENTO CON TIERRAS DE BLANQUEO (ARCILLAS)

FILTRACION

El lubricante usado es destilado para remover el agua y los hidrocarburos ligeros. Posteriormente se mezcla con propano en un extractor en la proporción 15-20:1 (propano:lubricante) para obtener un producto de alta calidad. La mezcla de propano - lubricante es enviada a un separador, donde el propano es evaporado del lubricante y reutilizado en el proceso. En esta separación se forman los residuos asfálticos e impurezas.

Los residuos generados en este proceso son: fondos de columna, lodos acidificados y arcillas gastadas. Las cantidades generadas no son tan grandes como en el tratamiento convencional, sin embargo, si son cantidades representativas que requieren de cierta infraestructura en el manejo y transporte para su envío a confinamiento. Asimismo, el proceso genera ciertas cantidades de aguas residuales, que deben ser tratadas antes de su descarga.

6.1.2.5.- PROCESO DE EXTRACCIÓN POR SOLVENTES (BEC) (108,10)

Este proceso es muy similar al KTI, la diferencia estriba en que en este proceso se adicionan solventes en el tratamiento. El proceso comienza con la deshidratación del lubricante en la destilación, así como la separación por evaporación de los hidrocarburos ligeros. Al lubricante deshidratado se le adiciona una proporción 3:1 de los siguientes solventes: butanol, isopropanol y metil etil cetona (MEK), formando una mezcla de los solventes y el lubricante. Se deja sedimentar la mezcla donde se permite el asentamiento y drenado de los lodos y sedimentos, o bien, se centrifuga para separar estos residuos.

Después, mediante evaporación, se recupera, condensa y se reciclan los solventes. El lubricante tratado es destilado al vacío y tratado con arcillas de blanqueo y ácido, o por hidrogenación y filtrado para eliminar los olores y color del lubricante.

La generación de residuos de arcilla es mucho menor, y en su lugar, se obtienen residuos de hidrocarburos y compuestos pesados que pueden ser mezclados con algún combustible para su incineración.

Por otro lado, se están llevando a cabo investigaciones para sustituir en este proceso el tratamiento con arcilla por la hidrogenación. Esta mejora incrementaría la calidad del producto final y se eliminaría por completo la generación de arcillas gastadas. Sin embargo, las desventajas en la hidrogenación son mayor inversión inicial; es potencial fuente de riesgo, debido a las altas temperaturas y presiones en las que opera el equipo, el almacenamiento del hidrógeno tiene un alto riesgo de explosión; debido a fallas de energía se tienen riesgos de paro que ocasionaría grandes fugas de hidrógeno en la unidad criogénica de almacenamiento, el consumo de energía es mucho más elevado: la operación tiene muy poca flexibilidad en sus parámetros de control, como por ejemplo: se requiere un flujo constante de suministro de materia prima, por lo que no se podrá interrumpir momentáneamente la alimentación del sistema.

6.1.2.6.- PROCESO DE LA EMPRESA RESOURCE TECHNOLOGY INC. (RTI) (108,10)

En este proceso inicialmente se drena el agua del lubricante usado. Posteriormente, es calentado para evaporar el agua y los hidrocarburos ligeros a presión atmosférica por destilación (a una temperatura menor a 221°C) El lubricante deshidratado es enviado a destilación a vacío, donde se alcanza una temperatura de 327°C y se evaporan los hidrocarburos y combustibles semivolátiles. Este combustible puede ser quemado directamente o condensado y formulado para su venta y distribución

El lubricante remanente es inyectado a gran velocidad en una columna de destilación tipo ciclón. Las altas velocidades de la corriente generan una gran fuerza centrífuga que ayuda a la separación de los aditivos y contaminantes remanentes, eliminando la formación de coque o lodos aglutinados de residuos. En el fondo de la columna de destilación se depositan y extraen estos residuos que son utilizados como materia prima para las plantas de asfalto.

El proceso RTI produce, relativamente, un lubricante de alta calidad, con un contenido mínimo de metales (5 ppm) además de una eficiencia de recuperación del producto del 80% con relación a la carga de materia prima. El proceso casi no genera emisiones de contaminantes a la atmósfera y las aguas residuales generadas requieren de muy poco tratamiento. Los residuos sólidos generados representan una inversión ya que pueden ser vendidos y/o distribuidos.

6.1.2.7. - PROCESO DE DESTILACIÓN, FILTRADO Y TRATAMIENTO CON ARCILLAS (108,10).

En este proceso existen cinco unidades independientes de tratamiento: pretratamiento, deshidratación, evaporación, destilación, tratamiento con arcillas y filtración.

El pretratamiento depende del origen y grado de contaminación del lubricante usado. Usualmente los lubricantes usados provenientes de motores automotrices no requieren de un pretratamiento, mientras que la mayoría de lubricantes usados de la industria deben ser pretratados mediante reactivos químicos para eliminar el agua y los sólidos emulsificados con el lubricante. El agua condensada es enviada a tratamiento para su descarga, mientras que el lubricante es enviado a destilación.

El lubricante deshidratado es calentado y luego se pasa a un tanque de flasheo o evaporación. Aquí las fracciones de lubricante ligero son evaporadas, condensadas y bombeadas a almacenes temporales. Mientras tanto, los lubricantes pesados son enviados a un destilador de película fina. Al controlar los niveles de vacío se obtienen diferentes tipos de lubricantes de diversas viscosidades.

El lubricante se mantiene circulando del evaporador al destilador de película fina.

Finalmente los lubricantes y materiales inestimables son bombeados y almacenados. Estos aceites pueden ser comercializados directamente o mezclados con lubricante deshidratado para la formulación de combustible pesado. El vacío en este proceso se logra mediante un sistema de inyección. Los vapores colectados en el sistema son enviados a la planta de tratamiento de aguas residuales.

6.1.2.8.- PROCESO RECYCLON (18.10)

El proceso Recyclon consiste en la destilación inicial del lubricante usado, con el fin de evaporar el agua y los hidrocarburos ligeros. El lubricante deshidratado es enviado a un reactor que contiene partículas de sodio con un tamaño de 5 a 15 mm que son adicionadas en suficiente cantidad para conseguir una concentración de 1% de metales en solución. A través de una serie de reacciones, que incluye la polimerización de oleofinas saturadas y la conversión de compuestos sulfurosos halogenados, las impurezas del lubricante son transformadas en compuestos indestilables que se depositan en el residuo. Finalmente, el lubricante pasa a través de una serie de destiladores de película fina para la separación final de los residuos.

La eficiencia de recuperación es de un 70% aproximadamente. En este proceso se generan bajas emisiones de contaminantes a la atmósfera y el agua residual generada, que se encuentra acidificada. Basta neutralizarla para poder ser descargada a un drenaje o colector de aguas residuales.

6.1.2.9.- PROCESO SUPERCRITICO KRUPP (108,10)

El proceso comienza con la deshidratación del lubricante usado, por medio de una destilación a presión atmosférica. Posteriormente se mezcla con etano y es enviado a una torre empacada, donde el lubricante es extraído de los contaminantes en condiciones supercríticas de 1500 psis de presión y 43°C de temperatura. Los contaminantes son depositados en el fondo, mientras que el lubricante evaporado es enviado a otras dos torres empacadas donde se separa el etano del lubricante. El etano es enfriado y enviado a la primera torre.

A la fecha, únicamente en Alemania se han hecho corridas con el proceso Krupp a nivel experimental. Los análisis practicados dieron una concentración de 50 ppm de PCB's y la ausencia total de metales.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

6.2.- INCINERACIÓN (109)

Los lubricantes usados pueden también ser utilizados solos o como parte de un combustible formulado. llamado combustible secundario o alternativo. En hornos de cemento con el fin de realizar una adecuada recuperación de su contenido calorífico. El combustible secundario es una mezcla de hidrocarburos tales como: solventes orgánicos gastados, lubricantes usados, fondos de columnas de destilación y cualquier residuo líquido o semilíquido con un contenido calorífico importante. Este tipo de combustible resulta excelente para sustituir otros combustibles fósiles, principalmente el combustóleo, empleados en los hornos de clinkerización de cemento. Los lubricantes usados son uno de los ingredientes del combustible secundario con mayor capacidad calorífica. lo cual permite introducir en la mezcla residuos peligrosos con baja capacidad calorífica. tales como alcoholes, y aún obtener una formulación apropiada del combustible. En la actualidad en México. solamente tres cementeras utilizan combustible secundario como sustituto parcial del combustóleo. Se espera que en un futuro cercano el número de hornos de cemento que utiliza combustible secundario aumente considerablemente.

El programa de combustibles alternativos en Europa y Estados Unidos, ha demostrado ser una tecnología segura y limpia que permite destruir los residuos industriales sin crear problemas al medio ambiente.

En Europa se inicia el uso de los combustibles alternativos en la década de los sesenta

El primer uso documentado se dio en la década de los setentas. después de la crisis del petróleo de 1973

Para 1992, en Estados Unidos, 25 de las 98 industrias cementeras utilizaban materiales residuales como combustible suplementario

Para 1995, 50 cementeras estarán recuperando recursos a partir de residuos orgánicos industriales en los Estados Unidos

En 1992, la industria cementera Mexicana utilizó 2,337,368 m³ de petróleo, si se sustituyera el 25% de este combustible por uno alternativo podríamos ahorrar 584,342 m³ de petróleo anuales.

A continuación se presenta una breve descripción del proceso de elaboración de cemento en sistemas de horno seco con precalentador, tales como los empleados en plantas cementeras en México

El proceso de elaboración de cemento se inicia con la extracción de materias primas, las cuales incluyen piedra caliza, arcilla y agentes correctores como óxido de fierro y arenas silicas. Estos materiales naturales son mezclados y finamente molidos para lograr una uniformidad en su composición como "harina cruda".

La harina cruda es alimentada, a temperatura ambiente, por la parte superior de un arreglo de separadores ciclónicos (precalentadores), los cuales cumplen la función de precalentamiento al poner en contacto a la harina cruda con los gases de combustión provenientes del horno. Este sistema de precalentadores incrementa la temperatura de la harina cruda de 30°C hasta 700°C y como resultado la harina cruda pierde el agua absorbida y combinada. Así mismo, una vez precalentada la harina (entre 550 y 950°C), esta empieza a sufrir descarbonatación, lo cual constituye la pérdida de dióxido de carbono de los carbonatos presentes en la harina cruda

La siguiente etapa se inicia con la alimentación del material al horno rotatorio, donde ocurre una fusión parcial de la mezcla para formar el clínker. En esta etapa, la sinterización del clínker ocurre a una temperatura de 1,450°C. Finalmente el clínker es enfriado hasta una temperatura de 100°C a través de un enfriador de parrillas con aire a contracorriente. El clínker es molido con una pequeña cantidad de yeso para formar lo que propiamente constituye el cemento.

El horno rotatorio es un cilindro horizontal recubierto en la parte interior de ladrillo refractario para soportar las muy altas temperaturas que se desarrollan en el proceso. El horno tiene una pequeña inclinación con respecto a la horizontal, la cual, en conjunto con la rotación del horno, permite el desplazamiento del material desde la entrada en el extremo junto a los precalentadores hacia la descarga al enfriador del clínker.

Con el fin de alcanzar las temperaturas antes señaladas, el sistema aprovecha la energía de combustibles primarios y alternos a través de sistemas de combustión con alta eficiencia que operan con exceso de oxígeno obtenido del aire de enfriamiento. Por otra parte, los gases de combustión viajan en contracorriente a través del horno, intercambiando calor con la materia prima. La temperatura de los gases de combustión varía de los 2000°C, en el punto más caliente, hasta los 150°C, en la descarga del colector de polvos.

Las elevadas temperaturas de operación de los hornos de cemento, combinadas con el relativamente largo tiempo de residencia en el horno, contribuyen a garantizar una muy alta eficiencia en la destrucción de contaminantes orgánicos presentes en el combustible secundario, y en particular en los lubricantes usados. Además, los hornos que emplean combustible secundario están equipados con controles de emisiones atmosféricas adecuados y no generan un residuo

sólido peligroso. como es el caso de las cenizas de un incinerador, pues los metales pesados y otros residuos sólidos son incorporados dentro del clinker, y finalmente del cemento.

Ademas de la opción de empleo de los lubricantes usados como combustible en hornos de cemento. existe la posibilidad de emplearlos como combustible en otros sistemas, tales como plantas de asfalto y calderas industriales, entre otros, siempre y cuando estos sistemas cuenten con equipos de control de emisiones atmosféricas adecuados

Estas opciones no presentan las mismas ventajas del horno de cemento en cuanto a sus condiciones de operación, pues las temperaturas de operación no son tan elevadas como en el horno de cemento y los tiempos de residencia no son tan largos. Por lo tanto, en sistemas tales como plantas de asfalto y calderas industriales, que puedan utilizar lubricantes usados como combustible, el diseño y la adecuada operación del equipo de control de emisiones atmosféricas constituyen un elemento crítico para garantizar la confiabilidad de estas opciones de reciclaje.

6.3.- CONFINAMIENTO (13)

Dentro de las alternativas para la disposición de lubricantes usados se encuentra la de el confinamiento la cual solamente soluciona el problema por un tiempo pero el riesgo está latente, además que los sitios para la instalación implica contar con el aval de las comunidades vecinas para evitar conflictos que deriven en clausuras. El Instituto Nacional de Ecología, elaboró un sistema de información geográfica para la localización de infraestructura de manejo de residuos peligrosos que considera la geología, la climatología, la sismología, los asentamientos humanos, las tendencias de desarrollo urbano y las presiones ambientales existentes, encontrándose 89 sitios adecuados en Hidalgo, Puebla, Tlaxcala y Estado de México.

Actualmente en Mexico existen dos confinamientos controlados para desechos peligrosos que deben cubrir la demanda de la industria nacional. Sólo el confinamiento Residuos Industriales Multiquim. S A (RIMSA), ha logrado consolidar su actividad, ya que el confinamiento de San Luis Potosí enfrenta dificultades con la comunidad para operar.

Desde hace 9 años RIMSA opera el confinamiento de Mina, Nuevo León, y anualmente almacena cerca de 72.000 toneladas La autorización que le otorgó el INE tiene una vigencia de 25 años.

De los volúmenes de residuos peligrosos que ha confinado, 30% corresponden a lodos contaminados 24% a compuestos orgánicos y 8% a basura industrial. Los principales residuos que contiene ese sitio, además de los mencionados, son medicinas caducas, tierras contaminadas, grasas lubricantes, escoria de fundición y asbesto.

Es claro que este método de disposición debe ser como última instancia para residuos sólidos que hayan sido estabilizados o neutralizado y que no generen mayores riesgos.

6.4.- BIODEGRADACION (110)

La biodegradación se define como la actividad de un sistema biológico sobre alguna sustancia y cuya consecuencia es la modificación total o parcial de su estructura

Bajo esta definición se podrá pensar que cualquier sistema biológico puede actuar sobre cualquier sustancia por grande o tóxica que ésta resulte. Sin embargo, habría que hacer una serie de precisiones para ahondar en la definición

Para que un sistema biológico pueda actuar, o mejor dicho, usar determinado compuesto como fuente de carbono y energía, es necesario que se conjuguen una serie de condiciones que son inherentes a la molécula en cuestión, al medio ambiente y al mismo sistema biológico. Entre los factores que influyen al sistema biológico se tienen:

- 1 - Existencia del microorganismo adecuado
- 2 - Permeabilidad del sistema biológico
- 3 - Existencia del sistema enzimático adecuado.
- 4 - Sistemas enzimáticos extracelulares producidos por diferentes poblaciones de sistemas biológicos
- 5 - Tolerancia a los factores ambientales.
- 6 - Existencia de inductores adecuados
- 7 - Necesidad de varios microorganismos

Entre los factores que conforman el medio ambiente se pueden citar:

Medio ambiente Físico: Oxígeno, pH, Temperatura

Medio ambiente Químico: Actividad del agua, Nutrientes, Factores de crecimiento, Inhibidores.

En cuanto a los factores relacionados con el sustrato y que influyen en la biodegradación, tenemos

- 1 - Similitud estructural en materiales degradables.
- 2 - Materiales que pueden usarse como fuentes de carbono y energía.
- 3 - No-toxicidad.
- 4 - Grado de polimerización y peso molecular
- 5 - Cadenas ramificadas.
- 6 - Alto número de sustituyentes.
- 7 - Anillos condensados

Así, para que una sustancia cualquiera pueda ser usada como fuente de carbono y energía, es necesaria la presencia de una serie de condiciones para que se pueda llevar a cabo la biodegradación. Sin la presencia de los factores mencionados anteriormente puede ocurrir que la biodegradación no se de o se realice en forma deficiente.

Es muy probable que un proceso de biodegradación ocurra si existen todas las condiciones necesarias enunciadas anteriormente. Aunque existen ocasiones en las que aún con la existencia de las condiciones óptimas no se da el proceso de biodegradación, puede ocurrir esto y en tal caso se dice que el sustrato es resistente a la biodegradación.

De lo anterior surgen dos ramas que tratan completamente diferente el problema del lubricante usado, uno que es desde la elaboración del aceite usado (lubricantes biodegradables), y el que lo ve cuando ya lo tenemos presente pero como contaminante en el suelo o aguas (bioremediación).

6.5.- BIOREMEDIACIÓN (111,112)

La tecnología de tipo biológica para el tratamiento de contaminantes presentes en un área, elimina (mineraliza) los compuestos orgánicos presentes en el ambiente, sin alterar prácticamente el ecosistema; por tanto, la correcta aplicación de este tipo de tecnología representa en la actualidad una buena alternativa. Sin embargo, esta no siempre es una solución universal a todos los problemas, por lo que es necesario realizar una serie de estudios previos para determinar su factibilidad de aplicación

Bioremediación: Proceso mediante el cual, y bajo la acción de los microorganismos, se degradan los contaminantes de tipo hidrocarbonado u organohalogenados presentes en sitios contaminados.

Para llevar a cabo la biorremediación se pueden emplear, tanto métodos "in situ" como "ex situ". En el primer caso, el tratamiento de los contaminantes se lleva a cabo en el sitio en el cual se encuentran los contaminantes, mientras que para el segundo, se requiere transferir el material contaminado a otro lugar para su tratamiento posterior

El bioventeo es un proceso fisicobiológico consistente en la inyección de aire a través de los pozos, los cuales se perforan en los sitios contaminados. El número, localización y profundidad de los mismos dependerá de muchos factores geológicos, así como consideraciones de ingeniería

Además del aire, también se bombean nutrientes, como por ejemplo una fuente de nitrógeno y de fósforo en concentraciones adecuadas que permitan el crecimiento óptimo de los microorganismos presentes en el suelo, y de esta forma degraden los contaminantes o, en su defecto, los convierten en otras sustancias menos dañinas al ambiente

Pilas de composteo: este sistema consiste en revolver el material contaminado con algún residuo, por ejemplo, bagazo de caña y posteriormente apilarlo, de esta forma se obtienen dos beneficios que son: modificar la textura del material contaminado del suelo y así mejorar el proceso de degradación

Biopilas: este proceso de degradación es muy similar al anterior, las diferencias que existen básicamente son las siguientes: no se adiciona al material contaminado un residuo que sirva como una fuente de carbono alterna, pero dependiendo del tipo de suelo en el cual se encuentre el material contaminado se le adiciona a éste otro material, con el fin de mejorar la textura del suelo (por ejemplo arena) y la otra diferencia es que este proceso requiere bases de ingeniería, debido a que se instala un sistema de tubería a través del material contaminado y en esta red de tubería se aplica ya sea vacío o aire.

Biorreactor: este tipo de sistema es más costoso que otros tratamientos de biorremediación, pero al mismo tiempo, es el más efectivo para eliminar los contaminantes, ya que este proceso se realiza bajo condiciones controladas de agitación, temperatura y pH

7.- LEGISLACIÓN

Falta de inversión y cultura ambiental, junto con el rechazo de comunidades a los proyectos, han bloqueado el camino para cancelar el riesgo al medio y la salud que significan los residuos peligrosos. Valga saber que cada año se acumulan millones de toneladas de desechos en las plantas industriales y que éstas los eliminan en forma inadecuada. En efecto, son limitadas las opciones que las industrias tienen para almacenarlos debidamente y darles un tratamiento especializado.

Hay tan solo 114 empresas dedicadas a este rubro ambiental, de las cuales casi la tercera parte se refiere al transporte. Por otra parte, se dispone de dos confinamientos, uno en Nuevo León, que esta en operación, y otro en San Luis Potosí, que no funciona debido a la oposición de los habitantes de la zona (13).

El desarrollo de la infraestructura para dar tratamiento adecuado a los desechos peligrosos aún llevará tiempo, en tanto las autoridades ambientales apenas han iniciado un inventario de desechos y buscan los sitios adecuados para establecer más confinamientos.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y protección al ambiente establece la prohibición de importar desechos para su confinamiento final, además de sustancias específicas cuyo ingreso esta vedado en el país.

Hay normas ecológicas que definen condiciones de manejo de los residuos, pero el mismo Instituto Nacional de Ecología admite que son limitadas, ya que carecen de referencias sobre las

cadena y las opciones posibles (tratamiento térmico, reciclaje y recuperación de materiales secundarios y de energía, entre otras). Asimismo, el organismo reconoce que se requiere un esquema normativo que considere de manera explícita la minimización de la generación de residuos y no solo arreglos tecnológicos "a final de chimenea".

Así, con sólo 114 empresas dedicadas a algún tipo de manejo de los casi siete millones de toneladas de residuos que se generan en el país, las autoridades ambientales buscan incentivar este mercado. Sin embargo, los proyectos enfrentan dificultades sociales para su instalación y operación. Tal es el caso de Confin que construyó la empresa estadounidense Metalclad en Guadalcázar, San Luis Potosí (13)

Esta escasa infraestructura está orientada al reciclaje de solventes usados y metales, al manejo de aceites lubricantes usados, al almacenamiento temporal para la incineración, al acondicionamiento de tambores y al tratamiento de bifenilos policlorados

Además indica el INE, más de 70 empresas están autorizadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para trasladar residuos peligrosos pero carecen de la autorización correspondiente por la autoridad ambiental y, en ocasiones, incurre en prácticas irregulares, como la disposición de los residuos en baldíos o barrancas

Tanto por los peligros que conlleva el manejo de los residuos, como por sus implicaciones económicas y sociales, se han establecido disposiciones legales (leyes, reglamentos y normas) y procedimientos administrativos (manifiestos, permisos, licencias y registros), que definen las condiciones y restricciones que aplican a las diversas fases del ciclo de vida (generación, recolección, almacenamiento, envasado y etiquetado, transporte, tratamiento y disposición final)

de los residuos de acuerdo con que éstos sean residuos sólidos municipales o que sean residuos especiales o peligrosos.

En lo que se refiere a los residuos sólidos municipales, son los gobiernos estatales y municipales los responsables de elaborar los reglamentos en la materia y de emitir las autorizaciones correspondientes

No obstante lo anterior, la Federación, a través de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) y del Instituto Nacional de Ecología (INE), puede promover acuerdos de coordinación y asesoría con los gobiernos estatales y municipales, para instrumentar y mejorar los sistemas de almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de estos residuos, así como para identificar alternativas de reutilización y disposición final de estos, incluyendo la elaboración de inventarios de los mismos y de sus fuentes generadoras. Asimismo, dichas instancias pueden elaborar la normatividad en la materia.

En lo que respecta a los residuos especiales y peligrosos, de acuerdo con la legislación ambiental vigente y a la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal es la SEMARNAP, a través de sus dos órganos desconcentrados, el INE y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), la responsable de su regulación y control.

Corresponde al INE elaborar la política y los ordenamientos legales para regular los residuos especiales y peligrosos, así como emitir las autorizaciones al respecto, con el apoyo de las delegaciones de la SEMARNAP. Por otro lado la PROFEPA y sus delegaciones, vigilan el cumplimiento de la legislación ambiental sobre dichos residuos (113)

RESIDUO PELIGROSO - De acuerdo con la legislación ambiental, son aquellos residuos en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológico-infecciosas, representan un peligro para la salud o el ambiente.

MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS.- Conjunto de operaciones que incluyen almacenamiento, recolección, transporte, reúso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final de los residuos peligrosos. Todas estas actividades requieren de autorización del Instituto Nacional de Ecología.

La política nacional de residuos peligrosos acuerda importancia prioritaria a la reducción de su generación y peligrosidad en la fuente, en particular, mediante la adopción de procesos productivos más limpios. Por otro lado la segunda prioridad es su reúso, reciclado y recuperación y la última su tratamiento y disposición final, todo ello, de manera ambientalmente adecuada.

Este esquema de prioridades tiene un horizonte de largo plazo, a fin de permitir crear la infraestructura de tratamiento y confinamiento para los residuos peligrosos que se encuentran almacenados y los que se generen en el transcurso de la incorporación del proceso productivo más limpios. Esto en virtud de la necesidad de atraer inversiones para la creación de esa infraestructura y la de reciclado y recuperación, asegurando el flujo de residuos que se requieren, durante el tiempo necesario para recuperar las inversiones.

La política en la materia enfatiza la importancia de la valorización de los residuos susceptibles de reciclado o recuperación, como una oportunidad para crear redes comerciales, fuentes de negocio y empleo.

Al mismo tiempo, busca contar con la sociedad como aliada para lograr el manejo ambientalmente seguro de los residuos, creando las instalaciones requerida para ello, y evitando el rechazo de las comunidades con base a su participación informada en la planeación de la ubicación de las mismas. (113)

El INE ha identificado como elementos para instrumentar la política de residuos peligrosos los siguientes (113):

1 - Creacion del sistema de información geográfica.- Responde a la necesidad de identificar zonas que podrian alojar instalaciones de manejo de residuos peligrosos, con base a la planeación y el ordenamiento territorial.

2 - Creación del sistema nacional de información y seguimiento tecnológico - Se busca establecer un esquema administrativo que vincule los centros nacionales e internacionales en la materia y haga accesible la información a los interesados y al público.

3 - Creacion de la certificación tecnológica -Basada en la acreditación de laboratorios, sistematizacion de metodologia de evaluación de tecnologías. procedimiento de verificación de especificaciones de operacion de procesos y empresas autorizadas. y en normas de procedimiento analitico de muestreo

4 - Normatividad - Orientadora de los mercados de sistemas de manejo, de los paquetes tecnológicos y de las decisiones de inversión

5 - Establecimiento de instrumentos económicos.- Su aplicación tenderá a lograr de manera eficiente internalización de costos ambientales, haciendo que el responsable de los mismos los asuma plenamente

6 - Programas de educación, capacitación, investigación y desarrollo.- Son considerados requisito indispensable para el desarrollo de cuadros y de instituciones para el manejo de los residuos peligrosos

7 - Sistema inventario de generación de residuos peligrosos - Indispensable para contar con elementos de diagnóstico en los cuales sustentar la aplicación de instrumentos económicos y fomentar inversiones en infraestructura de manejo.

8 - Sistema de seguimiento, validación y cumplimiento - Aplicado a los manifiestos y guías ecológicas contribuye a la integración de inventarios y verificación del cumplimiento de la ley.

9 - Evaluación del efecto ambiental del manejo de residuos peligrosos - Importante para el diseño de políticas costo-efectivas e identificación de prioridades de gestión y remediación.

10 - Reestructuración institucional y descentralización - para lograr sistemas de manejo efectivos y eficientes.

11 - Participación social.- Aunado al acceso del público a la información, se abren espacios para su participación en el proceso de autorización de instalaciones de manejo de residuos peligrosos

12 - Corresponsabilidad y garantías - Se identifica la necesidad de establecer un sistema normativo que adjudique responsabilidad civil y penal en casos de daños al ambiente y la salud y garantice la indemnización y remediación

A la fecha han sido publicadas siete normas NOM's sobre residuos peligrosos (113).

NORMAS OFICIALES MEXICANAS PARA RESIDUOS PELIGROSOS

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

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 al ambiente.

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-CRP-001/93

NOM-055-ECOL-1993, que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto los radioactivos.

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

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

NOM-058-ECOL-1993, que establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos (114).

Además de encontrarse en desarrollo los proyectos de norma que a continuación son enlistados:

- Revisión del proyecto de norma oficial mexicana NOM-087-ECOL-1994 Que establece los requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos biológicos-infecciosos que se generan en establecimientos que prestan atención médica.
- Proyecto de Norma Oficial NOM-090-ECOL-94 Que establece los requisitos para el diseño, construcción y operación de presas de jales.
- Requisitos para la impermeabilización de celdas de un confinamiento controlado.
- Técnicas del muestreo y manejo de muestras para el análisis de residuos peligrosos.
- Manejo de aceites lubricantes usados.
- Tratamiento térmico de residuos peligrosos.
- Caracterización de residuos estabilizados para su confinamiento.
- Requisitos para el diseño y construcción de los receptores de agro químicos
- Manejo de los residuos de la extracción de petróleo y gas.
- Revisión de la NOM-052-ECOL-1993
- Requisitos técnicos para la formulación de combustibles alternos en base a residuos
- Revisión de la NOM-055-ECOL-1993
- Manejo de envases y recipientes de agro químicos.
- Manejo de residuos peligrosos en la industria de plaguicidas
- Requisitos para el manejo de llantas usadas.

Se han establecido y publicado en el Diario Oficial de la Federación siete tipos de manifiestos y reportes de generación y manejo de residuos peligrosos, que tienen que ser llenados por los generadores y empresas que ofrecen servicios, para ser enviados al INE, ya sea directamente o a través de las delegaciones de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (114).

1 - Manifiesto para empresas generadoras de residuos peligrosos, DOF,3-mayo-89. Gaceta ecológica no 2 VIII-89

2 - Manifiesto de entrega, transporte y recepción de residuos peligrosos DOF,3-mayo-89. Gaceta ecológica no. 2 VIII-89

3 - Manifiesto para caso de derrame de residuos peligrosos por accidente DOF,3-mayo-89 Gaceta ecológica no. 2 VIII-89

4 - Reporte semestral de residuos peligrosos recibidos para reciclaje o tratamiento. DOF,3-mayo-89 Gaceta ecológica no 2. VIII-89

5 - Reporte mensual de residuos peligrosos confinados en sitios de disposición final DOF. 3-mayo-89 Gaceta ecológica no. 2, VIII-89.

6 - Reporte semestral de residuos peligrosos enviado para su reciclaje, tratamiento, incineración o confinamiento DOF.3-mayo-89 Gaceta ecológica no. 2, VIII-89

7 - Manifiesto para empresas generadoras eventuales de bifenilos policlorados Gaceta ecológica no 11. XI-90.

Ademas de las políticas y normas antes mencionadas, existen en el país; Programas, Sistemas y Conceptos que vienen a apoyar a las empresas para minimizar y controlar la generación de residuos peligrosos. dentro de los que destacan

7.1.- AUDITORIAS AMBIENTALES:

Este programa surge desde 1992 por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente y está enfocada tanto para empresas públicas como privadas. "Industria Limpia" es el nombre de esta iniciativa encaminada a verificar y, en su caso, resolver los procesos industriales, las actividades y el manejo de productos o situaciones que constituyan una fuente de contaminación o un riesgo para el ambiente.

Mediante este programa de incorporación **voluntaria**, las empresas se someten a una serie de audiencias ambientales y acuerdan con las autoridades un plan de trabajo para modificar las actividades que tengan un impacto ambiental negativo, y al final se otorga un certificado de "EMPRESA LIMPIA"

Un sistema que surgió más tarde es el ISO 14000, con objetivos similares. Desde el punto de vista de la administración, esta norma ofrece excelentes posibilidades de ser útil en el programa de protección ambiental. (117)

7.3.- CESPEDES:

El Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sostenible. Fue creado para alentar la promoción de inversiones particulares en infraestructura ambiental.

Los objetivos de este centro de estudios es apuntalar las tareas relativas a las nuevas políticas ambientales para la industria, que comprenden simplificación administrativa, desregulación y definición de normas propicias para la incursión privada, programas voluntarios de cumplimiento de la normatividad, así como sistemas de acreditación y certificación.

Relevante es también la promoción de inversiones ambientales en infraestructura, desde luego las requeridas por residuos industriales, así como el involucramiento privado en áreas naturales protegidas y la promoción de centros regionales de gestión ambiental del sector empresarial.

El propósito es que en 1998 operen 17 centros similares, en los cuales confluirán los esfuerzos de los distintos sectores de la sociedad, gobiernos, cámaras y universidades, a fin de facilitar mecanismos y procedimientos de gestión ambiental para las pequeñas y medianas empresas. La idea es propiciar el acceso a la consultoría (117)

7.4.- ECOEFICIENCIA:

Organismo del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), el centro de información para la Ecoeficiencia en los negocios (CIEN) se han dado a la tarea de difundir en Mexico el concepto de Ecoeficiencia

La visión central de la ecoeficiencia se puede resumir en "producir más con menos" Utilizar menos recursos naturales y menos energía en el proceso productivo, reducir los desechos y atenuar la contaminación son acciones positivas para el medio ambiente y benéficas para la empresa, porque sus costos de producción y operación se ven disminuidos Como meta final, la ecoeficiencia debe buscar la elaboración de bienes y la prestación de servicios a precios competitivos, que satisfagan las necesidades humana y eleven la calidad de vida de la población.

La ecoeficiencia captura la idea de reducir contaminantes a través de cambios en el proceso productivo: a fin de cuentas, la limpieza de los desechos al final de la cadena de producción es una operación que únicamente genera gastos adicionales a la empresa La ecoeficiencia promueve un diseño integral de tecnología para reducir la intensidad de uso de materiales y energía durante la producción, además de que impulsa la reutilización de insumos mediante procesos de reingeniería y reciclaje

La herramienta esencial utilizada para tales efectos es el análisis de ciclo de vida, en el cual se hace un monitoreo del proceso de producción para cada bien, desde su composición de materia prima hasta su etapa de confinamiento final. Al conocer el ciclo de vida de un producto se tiene un control más efectivo para optimizar los recursos naturales que lo componen, su distribución y sus efectos en el medio ambiente (117)

8.- DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los desechos peligrosos, producidos por establecimientos industriales, son y serán uno de los temas ambientales más importantes en nuestros tiempos. La cuestión crítica es, no solo las cantidades cada vez más grandes que se producen a medida que los países continúan desarrollándose, sino también la creciente inquietud pública en cuanto a la repercusión que la disposición inadecuada de estos materiales tóxicos pueda tener en la salud humana y en el ambiente

México además de responder a la crisis económica de los últimos años y a la necesidad de alcanzar mayor competitividad para participar en los mercados internacionales, tiene que realizar muchos esfuerzos para asimilar las exigencias de la legislación ambiental. Se dice fácil cuando se trata de empresas modernas, construidas según las nuevas reglas de la tecnología y que en su mayor parte ya tienen incorporados conceptos como ecoeficiencia y desarrollo sustentable

El problema mayor es para las industrias antiguas, que nunca se habían planteado la cuestión ambiental y que eran famosas por el humo negro de sus chimeneas o sus patios de maniobra cubiertos de escoria, desechos y subproductos. En su tiempo ni siquiera fueron mal vistas, generaron importantes polos de desarrollo regional, derramaron riqueza y dieron empleo a miles de trabajadores

Pero las cosas cambiaron de una manera drástica a partir de los años ochenta, cuando el impacto ambiental y la conservación de los recursos naturales se convirtió en una demanda de la sociedad. Las organizaciones no gubernamentales, que en aquellos tiempos hicieron oír su voz y no siempre fueron bien comprendidas, finalmente consiguieron su objetivo. Hoy día, las chimeneas humeantes y las plantas industriales muy contaminantes empiezan a ser parte del recuerdo. Sin embargo todavía hay mucho por hacer. Ya que las empresas grandes cuentan con vínculos tecnológicos o comerciales internacionales y tienen identificados sus problemas y oportunidades. El reto está ahora en la empresa pequeña y mediana, para la cual siempre existen menos recursos en términos de capacitación, administración, crédito y acceso a nuevas tecnologías. Aquí es donde deberán realizarse los mayores esfuerzos por parte de las organizaciones gubernamentales y empresariales. puesto que en México las empresas pequeñas son la mayoría

Conclusiones:

El impacto ambiental de los lubricantes usados es irreversible, involucrando todos los elementos de la tierra, llámese: agua, tierra y aire y presentándose en forma inmediata o a largo plazo. Dado que los lubricantes son esenciales para el funcionamiento de toda la industria, lo que procede es reglamentar adecuadamente su disposición una vez utilizado, apoyándose en métodos ya existentes y asesorados para elegir el proceso que se adecue a cada industria, considerando el menor impacto ambiental al final del proceso

Con respecto al aspecto toxicológico, está bien claro que los efectos se presentan de muchas maneras en la población y depende la zona en que se habite va ser el efecto, ya que los compuestos químicos que componen los lubricantes usados son bastantes

Se estima que existen en el país unas 300,000 empresas, de las cuales 15% son grandes y otra porción similar corresponde a las medianas. Del resto, unas 250,000 son micro, y 100,000 de ellas son empresas familiares con un nivel de subsistencia básica, en el límite entre la economía formal e informal. Todas estas compañías están sujetas a una complejísima legislación, no sólo ambiental sino en áreas fiscales, de salubridad, de relaciones laborales etcétera. Nuestro país tiene una estructura administrativa y burocrática sofisticadísima, aunque muy difícil de cumplir

Varias encuestas han mostrado que más de 60% de los problemas ambientales se pueden resolver sin ningún costo, implementando estrategias de orden y limpieza, como separar, clasificar, no tirar lubricantes a los drenajes, etcétera.

Tal y como se mencionó anteriormente el mayor problema lo representa la pequeña industria, ya que es donde se concentra un volumen considerable de desechos y específicamente de lubricantes usados en donde lo más sencillo para ellos es tirar el lubricante a las alcantarillas, ya que además de sus problemas administrativos, legales, fiscales y laborales no están interesados en cubrir un requisito engorroso de almacenamiento, transportación y disposición de lubricante usado

Una de varias alternativas para la solución del problema específicamente del lubricante usado para la pequeña industria (talleres mecánicos, cambio de lubricantes, mantenimiento de flotillas, etcétera) es el involucramiento directo de las empresas productoras de lubricantes, por medio de asesoramiento y ayuda para los trámites legales ante las instancias gubernamentales, por que quien

Más que los productores tienen identificados los establecimientos que le consumen, además de conocer su producto y conocer las empresas autorizadas que pueden disponer del lubricante usado. El siguiente problema es determinar cuál es la mejor alternativa para la disposición del lubricante usado y aunque resulta obvio cuál es, las autoridades brindan alternativas que permiten mantener los residuos guardados (confinamiento). En efecto, la esencia es desaparecer los residuos peligrosos, por lo que la incineración y regeneración son las únicas alternativas que se deben manejar, por lo que todos los apoyos gubernamentales y particulares se deben canalizar para la generación de más de estas industrias y de las que ya existen.

RECOMENDACIONES

A continuación se enlistan 20 puntos para la minimización de residuos, fundamentales para la solución de este problema en donde están involucrados todos los que participan directa o indirectamente en la generación de residuos:

- 1 - Elaborar un inventario de los organismos laterales y multilaterales que apoyan iniciativas de minimización de residuos y producción más limpia. Describir las reglas, funciones y programas que lleven a cabo.
- 2 - Promover que esos organismos hagan un balance de sus acciones, de los resultados obtenidos y de lo que queda por hacer para llevar a sus últimas consecuencias sus programas, a fin de redefinir rumbos y coordinación y cooperación entre ellos, además de hacer más eficientes sus contribuciones.

- 3 - Orientar las políticas, en primer término, hacia las áreas en las que existan las mayores oportunidades de éxito, para ganar la confianza de la sociedad y avanzar posteriormente hacia la solución de problemas de mayor envergadura y complejidad.
- 4 - Propugnar por que la cooperación país-país se oriente a lograr la producción más limpia y no a seguir empleando soluciones al final de los procesos.
- 5 - Los gobiernos deben enseñar con el ejemplo, promoviendo la producción más limpia en sus empresas. la minimización de residuos y la compra de productos respetuosos del ambiente para influir en sus proveedores
- 6 - El marco regulatorio debe ser flexible y no prescriptivo, claro y no contradictorio, y debe incluir la premiación de las empresas que se desempeñen bien
- 7 - Debe diversificarse el mercado de capitales y los instrumentos financieros para sustentar la producción mas limpia. lo que conlleva la necesidad de fundamentar, con bases económicas y no solamente sociales. las inversiones para su adopción
- 8 - Impulsar la cooperación gobierno-industria para ganar confianza mutua a partir del desarrollo de acciones conjuntas para establecer o consolidar las políticas, regulaciones y programas de incentivos a la producción más limpia
- 9 - Incluir en los programas curriculares de las escuelas de educación media y superior los contenidos ambientales requeridos para el cambio de comportamiento de los diferentes factores sociales y para el diseño ambiental

- 10 - Fortalecer a los órganos de gobierno responsables de la protección al ambiente, ya sea dirigiendo hacia ellos los ingresos provenientes de los pagos de servicios, multas e impuestos ambientales, o de otros mecanismos
- 11 - Fortalecer los mecanismos para lograr que la gestión en los órganos de gobierno sean tan eficientes como el de las empresas privadas; simplificar y hacer más transparentes los procesos administrativos, y alentar la coordinación intersectorial
- 12 - Fomentar la adopción de la norma ISO 14000 por las empresas.
- 13 - Alentar y capacitar a los empresarios para que incluyan el balance de materiales y establezcan una contabilidad total que incorpore los costos ambientales en la definición de los costos de sus productos.
- 14 - Ampliar la cobertura y la penetración de los programas de educación de los consumidores, tomando en cuenta su estratificación
- 15 - Reforzar las acciones para dar acceso a la información ambiental al público y capacitarlo para hacer juicios fundamentados en dicha información.
- 16 - Acelerar el proceso de valoración de daños ambientales y establecimiento de garantías bancarias y seguros
- 17 - Incentivar a las empresas para que dediquen un porcentaje de sus gastos de publicidad a costear la transmisión de mensajes con contenidos ambientales
- 18 - Desarrollar o fortalecer los mecanismos para que el mercado reconozca a quien genera productos limpios
- 19 - Fortalecer la participación de los grupos no gubernamentales en las diversas tareas, desde el

diseño de políticas y elaboración de regulaciones hasta los programas de capacitación de las comunidades, para que participen en las actividades que alienten la minimización de residuos y la producción más limpia

20 - Promover la adopción de programas, cuidando que se basen en tecnologías más limpias y no sólo en el empleo de las mismas al final de los procesos.

9.- BIBLIOGRAFÍA

- 1 - Secretaria de Energía Minas e Industrias Parestatales, La Industria de los Lubricantes en Mexico. Enero 1994
- 2 - Alto Nivel. 1988. Aceites y Lubricantes "Gota a gota afinan oportunidades". Año 10, No. 118, pp 52-64
- 3 - Benlloch Mana. José. Luricantes y Lubricación Aplicada. Cap 1,2,55 Ediciones CEAC, Barcelona España 1985
- 4 - Kluber Lubrication Munchen K. G. Manual de Lubricantes Ed. 07/91
- 5 - Bailey. Charles A. and Aarons, Joseph, The Lubrications Engineers Manual U S A 1971
- 6 - Fuller. Dudley D. Theory and Practice of Lubrications For Engineers. New York 1956
- 7 - Mobil Magazine No 1. Folleto informativo de Lubricantes sintéticos 1996

8 - Manual de Lubricación, Biblioteca Industrial Edicol, Manual de Lubricación Tomo I y II 1974

9 - Encyclopedia for the User of Petroleum Products, Exxon Company, U.S.A. 1993

10 - Paramo José, Lubrriingeniería, Cap 1, 4, 6, 7 1ed. 1994

11 - Lubrizol, Ready Reference for Luricants and Fuel Performance, Folleto informativo. The Lubrizol Corporations 1998

12 - Paramins, Seminario de Actualización de Conocimientos de Lubricantes, New Jersey, 1993

13 - Manufactura. 1996. Residuos peligrosos, reto colectivo. 6-14. Disminuir y minimizar residuos. 16-21. Vol 2. No 11.

14 - Brown, C. C. and Chu, K. C. 1983a Approaches to Epidemiologic Analysis of Prospective and Retrospective Studies

15 - Arlens et al 1978 Introducción a la Toxicología General. México.

16 - Organización Panamericana de Salud. Desechos Peligrosos y Salud en América Latina y el Caribe Cap 3. 4. 5 Pp 2-24 Washington D C 1994

17 - Environmental Protection Agency (EPA) 1984 Health Assessment Document for Inorganic Arsenic Office of Health and Environmental Assessment, Washington, D.C. March 1984. EPA 600/8-83-021F.

18 - International Agency for Research on Cancer (IARC). 1980 IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans Vol. 23: Some Metals and Metallic Compounds World Health Organization, Lyon, France, pp 39-324.

19 - Tseng, W.P., Chu, H.M., How, S.W., Fong, J. M., Lin, C.S., and Yeh, S. 1968 Prevalence of skin cancer in an endemic area of chronic arsenicosis in Taiwan J. Natl. Cancer Inst. 40 453-463

20 - Hood, R.D., Thacker, G.T., and Patterson, B.L. 1977. Effects in the mouse and rat of prenatal exposure to arsenic Environ Health Perspect 19:219-222

21 - Environmental Protection Agency (EPA) 1991. National Primary Drinking Water Regulations Code of Federal Regulations. 40:578-715

22 - Environmental Protection Agency (EPA) 1985. National Primary Drinking Water Regulation - Synthetic organic chemicals and inorganic chemicals and microorganisms Proposed Rule. Federal Register 50-46935-47025

- 23 - Reeves, A.L. 1986 Barium. In. Freiberg L , Nordberg, G.F., and Vouk, V. Handbook on the Toxicology of Metals, 2nd Ed Elsevier/North Holland, New York, N.Y, 84-94
- 24 - American Conference Of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) 1991. Documentation of the Threshold Limit Values for Substances in Workroom Air Sixth Edition. Cincinnati, OH
- 25 - Agency on Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) 1991. U.S. Department of Health and Human Services. Toxicological Profile for Barium. U.S. Public Health Service. October 1991
- 26 - Grant. W M 1986. Toxicology of the Eye 3rd ed Charles C Thomas Publishers, Springfield, IL, 134.
- 27 - Gould, D.B . Sorrell, M.R , and Luparello, A.D 1973 Barium Sulfide Poisoning: Some factors contributing to survival. Arch Intern Med 132:891-894.
- 28 - Shankel, R and Keane, J.R. 1988 Acute paralysis from inhaled barium carbonate. Arch Neurol 45 579-580

- 29 - Hicks, R. Caldas, L Q A., Dare P.R.M., et al 1986. Cardiotoxic and bronchoconstrictor effects of industrial metal fumes containing barium. Arch Toxicol. (Suppl. 9) Toxic interfaces of neurones, smoke and genes Springer-Verlag New York, Inc., Secaucus, NJ.
- 30.- Perry, H. M., Kopp, S.J, Perry, E F., et al 1989. Hypertension and associated cardiovascular abnormalities induced by chronic barium feeding J. Toxicol Environ Health 28:373-388
- 31 - Brenniman, G.R. and Levy, P S. 1984. Epidemiological study of barium in Illinois drinking water supplies. In Advances in Modern Enviromental Toxicology IX, Calabrese, E J., Tuthill, R W , and Condie. L , eds. Princenton Scientific Publications, Princeton, N.J, 231-240.
- 32 - Wones. R.G.. Stadler, B L. 1990. Lack of effect of drinking water barium on cardiovascular risk factors Environ. Health Perspect. 85:355-359
- 33 - Tarasenkho. N Y., Pronin, O.A. 1977 Barium compounds as industrial poisons. J Hyg Epidemiol Microbiol Immunol 21 361-373.
- 34 - Doig A T 1976 Baritosis A benign pneumoconiosis Thorax 31.30-39
- 35 - Wendt. E 1956. Arch Gewerbepathol Gewerbehyg 15.171-185

36 - Environmental Protection Agency (EPA) 1992 Integrate Risk Information System. Environmental Criteria and Assessment Office. Cincinnati, OH. .

37 - Ehnder, C. G 1985 Cadmium and Health. A Toxicological and Epidemiological Appraisal. Chapter 8

38 - Beton, D.C., Andrews, G.S 1966. Acute cadmium fume poisoning. five cases with on death from renal necrosis. Br. J. Ind. Med 23:292

39 - Patwardhan, J.R. and Finckh, E.S 1976. Fatal cadmium-pneumonitis. Med. J. Aust. 1:962-966

40 - Buckler. H.M Smith. W.D. 1986 Selfpoisoning with oral cadmium chornde Br. Med J. 292 1559-1560

41 - Cole. G.M and Baer. L.S 1944. U.S Med Nav Bull 43:398-399.

42 - Nordberg. G.F., Kjellstrom. T 1985 Cadmium and Health A Toxicological and Epidemiological Appraisal Chapter 6

43 - Buchet, J.P., Lauwerys, R. 1990. Renal effects of cadmium body burden of the general population *Lancet* 336:699-702

44 - Freiberg, L. 1950. Health hazards in the manufacture of alkaline accumulators with special reference to chronic cadmium poisoning *Acta Med Scand (Suppl. 240)* 138:1-124

45 - Blamed, J.D., Adams, R.G. 1980. Cadmium-induced osteomalacia *Br J Ind. Med.* 37:104-108

46 - Shigematsu I. 1984. The Epidemiological approach to cadmium pollution in Japan *Ann. Acad Med Singapore* 13:231-236

47 - Agency on Toxic Substances and Disease Registry. 1991. U.S. Department of Health and Human Services Toxicological Profile for Cadmium U.S. Public Health Service. October 1991

48 - Hart B.A., Voss, G.W. 1989. Pulmonary tolerance to cadmium following cadmium aerosol pretreatment *Toxicol Appl Pharmacol.* 101:447-460

49 - Baranski, B. 1985. Effect of exposure of pregnant rats to cadmium on prenatal and postnatal development of the young *J Hyg Epidem Microbiol Immunol.* 29:253-262

- 50 - Baranski, B. 1983. Effects of oral subchronic cadmium exposure on fertility, prenatal and postnatal progeny development in rats. Arch. Toxicol 54:297-302
- 51 - Takenaka, S. 1983. Carcinogenicity of cadmium aerosol in Wistar rats. J. Natl Cancer Inst 70:367-373
- 52 - Thun, M.J. 1985. Mortality among a cohort of U.S. cadmium production workers. J. Natl. Cancer Inst 74:325-333.
- 53 - Environmental Protection Agency 1992. Integrated Risk Information System. Environmental Criteria and Assessment Office. Cincinnati, OH
- 54 - Environmental Protection Agency 1980. Ambient Water Quality Criteria for Chromium. Office of Water Regulations and Standards. Washington, D.C. EPA 440/5-80-35
- 55 - Environmental Protection Agency 1984a. Health Assessment Document of Chromium. Environmental Criteria and Assessment Office. Research Triangle Park, N.C. EPA 600/8-83-014F
- 56 - Environmental Protection Agency 1984b. Health Assessment Document of Chromium. Environmental Criteria and Assessment Office. Cincinnati Ohio. EPA 540/1-86-019

- 57 - Environmental Protection Agency 1984a Air Quality Criteria for Lead Environmental Criteria and Assessment Office. Research Triangle Park, North Carolina External Review Draft. September 1984 EPA 600/8-83-028B
- 58 - Environmental Protection Agency 1984b Health Assessment Document for Lead Environmental Criteria and Assessment Office. Cincinnati Ohio. EPA 540/1-86-055.
- 59 - Environmental Protection Agency 1985 b National primary drinking water regulation: synthetic organic chemicals, inorganic chemicals and microorganisms proposed rule Fed. Reg. 50 46936-47025.
- 60 - Environmental Protection Agency 1985a. Drinking Water Criteria Document for Benzene. Office of Drinking Water, Washington, D.C.
- 61 - International Agency for Research on Cancer (IARC) 1982. IARC Monographs on the evaluation of the carcinogenic Risk of Chemicals to Humans. Volume 27
- 62 - Aksoy, M 1985 Malignancies due to occupational exposure to benzene. Ind Ned 7 395-402

- 63 - Wong, O 1982. An Industry-Wide Mortality Study of Chemical Workers Occupationally Exposed to Benzene. Oakland, California.
- 64 - Rinsky, R.A 1987. Benzene and Leukemia. An Epidemiologic Risk Assessment N. Eng. J. Med 316:1055-1050.
- 65 - Ott, M.G. 1978. Mortality among individuals occupationally exposed to benzene Arch Environ Health 33:3-10
- 66 - Cronkite, E.P. 1985. Benzene hematotoxicity and Leukemogenesis. Am J. Ind Med. 7:447-456
- 67 - Maltoni, C 1985. Experimental studies on benzene carcinogenicity at the Bologna Institute of Oncology. Current results and ongoing research Am J. Med. 7 4150446.
- 68 - National Toxicology Program (NTP). 1986. Toxicology and carcinogenesis studies of benzene NIH Publications No 86-2545
- 69 - Snyder, C a 1980 The inhalation toxicology of benzene. Toxicol. Appl Pharmacol 54 323-331

70 - Environmental Protection Agency 1985. Interim Quantitative Cancer Unit Risk Estimate due to Inhalation of Benzene. Prepared by the office of health and environmental Assessment. Washington D C

71 - Environmental Protection Agency 1992 Integrated Risk Information System (IRIS). Risk estimate for carcinogenicity for benzene Environmental Criteria and Assessment Office, Cincinnati, OH

72 - Santodonato, J 1981. Health and ecological assessment of polynuclear aromatic hydrocarbons J Environ Pathol. Toxicol. 5:1-364

73 - Rigdon, R 1969 Relationship of leukemia to lung and stomach tumors in mice fed benzo(a)pyrene Proc Soc Exp. Biol Med 130:146-148

74 - Environmental Protection Agency (EPA). 1980. Ambient Water Quality Criteria for Polynuclear Aromatic Hydrocarbons Office of Water Regulations and Standards Washington, DC EPA 44 5-80-069

75 - Environmental Protection Agency (EPA) 1984. Health Effects Assessment for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) Environmental Criteria and Assessment Office, Cincinnati, OH EPA 540 1-86-013

76 - Environmental Protection Agency (EPA). 1992. Integrated Risk Information System (IRIS). Environmental Criteria and Assessment Office, Cincinnati, OH.

77 - Neal, J 1967. Gastric tumors in mice fed Benzo(a)pyrene: A Quantitative Study Tex. Rep. Biol Med 25:553-557.

78 - International Agency for Research on Cancer (IARC). 1983. Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans Vol. 32, Part 1, Lyon France.

79 - Mant, A K 1953. Acute tetracholoethane poisoning Br. Med J. 655-656

80 - Wilcox, W.H 1915 An outbreak of toxic jaundice of a new type amongst aeroplane workers. Trans Med Soc London 38:129-156.

81 - American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH) 1986. Documentation of the Threshold Limit Values for Substances in Workroom Air. 5 Ed Cincinnati OH.

82 - Coyer H A 1944 Tetracholoethane poisoning Ind Med 13:230-233

83 - Hamilton A 1917 Military Medicine and surgery. J Am Med Assoc 69:2037-2039

- 84 - Environmental Protection Agency (EPA) 1992. Integrated Risk Information System (IRIS). Environmental Criteria and Assessment Office, Cincinnati, OH
- 85 - Agency on Toxic Substances and Diseases. 1989 U.S. Department of Health and Human Service. U.S. Public Health Service.
- 86 - Bonnet, P. 1980. Determination of the median lethal concentration of principle chlorinate aliphatic hydrocarbons in the rat. *Arch Mal Prof Med. Trav Secur. Soc* 41:317-321
- 87 - White, K.L. 1985. Toxicology of 1,1,2-trichloroethane in the mouse. *Drug Chem Toxicol* 8:333-356.
- 88 - Sanders, V.M. 1985. Humoral and cell-mediated immune status of mice exposed to 1,1,2-trichloroethane. *Drug Chem, Toxicol* 8:357-372.
- 89 - Environmental Protection Agency (EPA) 1992. Integrated Risk Information System. Environmental Criteria and Assessment Office. Cincinnati OH
- 90 - Koppel C. 1985. Acute Tetrachloroethylene Poisoning: Blood elimination kinetics during hyperventilation therapy. *J. Toxicol Clin Toxicol* 23:103-115.

- 91 - Carpenter, C.P. 1937 The chronic toxicity of tetrachloroethylene. *J. Ind. Hyg. Toxicol.* 19:323-336
- 92 - Morgan, B. 1969. Dangers of perchloroethylene. *Br. J.* 2:513
- 93 - Abedin, Z. 1980. Cardiac toxicity of perchloroethylene. *South Med. J.* 73:1081-1083.
- 94 - Hake, C.L. 1977 Human exposure to tetrachloroethylene. *Environ Health Perspect.* 21:231-238
- 95 - Gregersen, P. 1988 Neurotoxic effects of organic solvents in exposed workers. Two controlled follow-up studies after 5.5 and 10.6 years. *Am J. Ind. Med.* 14:681-701
- 96 - Ahlborg, G. 1990 Pregnancy outcome women working in laundries and dry-cleaning shop using tetrachloroethylene. *Am J. Ind. Med.* 17:557-575
- 97 - Kyroen, P. 1989. Spontaneous abortions and congenital malformations among women exposed to tetrachloroethylene in dry cleaning. *J. Epidemiol. Community Health* 43:346-351
- 98 - Environmental Protection Agency (EPA) 1992 Integrated Risk Information System Environmental Criteria and Assessment Office, Cincinnati, OH

99 - Lilis, R. 1969. Med. D. Lavoro 60:595

100 - Mikiskova, H. 1968. Brit J. Ind. Med. 25:81

101 - Kleinfield, M. 1954. Trichloroethylene toxicity Report of 5 fatal cases. AMA arch. Ind Hyg. Occup Med 10:134-141.

102 - Buxton, B.H. 1967. Polyneuritis cranialis associated with industrial trichloroethylene poisoning. J. Neurol Psychiat. 30:511-518.

103 - Stewart, R T. 1974. "Degreasers flush": Dermal response to trichloroethylene and ethanol. Arch Environ. Health 29:1-5

104 - Joron, G E. 1955. Massive necrosis of the liver due to trichloroethylene. Can Med Assoc. J 73:890-891

105 - Chakrabarti, S.K. 1988. Studies of acute nephrotoxic potential of trichloroethylene. J Toxicol Environ Health 23:147-158.

106 - Environmental Protection Agency (EPA). 1992. Integrated Risk Information System. Environmental Criteria and Assessment Office. Cincinnati, OH

107 - Annual Book of ASTM Standard, Petroleum Products, Lubricants and Fossil Fuels

108 - Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, Estudio sobre la
regeneración de Aceites Usados en México 1992

109 - Ecoltec, Folleto. Programa de Combustibles Alternativos en la Fabricación de Cemento

110 - Ciencia y Desarrollo 1998. Ecología y Biotecnología de las Comunidades Microbianas 11-
17 Vol XXIV, No 138

111 - Teorema. Revista Trimestral 1998. Residuos Industriales 54-55, Biorremediación de suelos
58-63 Año 4 No. 15

112 - Estrategia Industrial 1997. Información ambiental para el desarrollo sustentable 24-28 Año
XII, No 131

113 - Instituto Nacional de Ecología 1997. Folleto "Lo que a usted le Conviene Saber sobre los
Residuos y su Legislación Ambiental"

114 - Diario Oficial de la Federación, México DF, 1995

116 - Manufactura. 1997. Ahi vienen las normas ecológicas, 57-62. Vol 4, No. 30

117 - Manufactura. 1998. Informe Especial "La industria se pinta de limpio" 6-26 Vol 4, No. 31.

—