

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Química

29

PREVENCIÓN Y CONTROL
DE LA
CONTAMINACIÓN DEL MAR POR EL PETRÓLEO

72

T E S I S
Que para obtener el título de :
INGENIERO QUIMICO
P r e s e n t a :
JOSE CARREÑO RANGEL



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.

CLAS.

Tesis

ADQ.

1976

FECHA

PROC.

11-73



QUÍMICA

	PRESIDENTE.- Prof. Ramón Vilchis Zimbrón
JURADO ASIGNADO	VOCAL.- Prof. Eduardo Rojo y de Regil
ORIGINALMENTE	SECRETARIO.- Prof. Jorge Mencarini Peniche
SEGUN TEMA.	1er.SUPLENTE.-Prof. Alberto de la Fuente Zuno
	2do.SUPLENTE.-Prof. Carlos Romo Medrano

Sitio donde se desarrolló el tema:

BIBLIOTECA CENTRAL DE PETROLEOS MEXICANOS

Nombre completo y firma del Sustentante:



JOSE CARREÑO RANGEL

Nombre completo y firma del asesor del tema:



~~DR. RAMON VILCHIS ZIMBRÓN~~

A MIS PADRES:

José Carreño Vargas.

Amparo Rangel de Carreño.

A MIS HERMANOS:

Leticia, Tonatiuh, Alberto,

Amparo, Cuauhtémoc, Uriel,

Francisco.

Como una muestra de agradecimiento
para el Dr. Ramón Vilchis Zimbron
por las facilidades brindadas para la
elaboración de este Trabajo.

A MIS MAESTROS.

INDICE

INTRODUCCION	Pág. 6
Capítulo I	
CARACTERISTICAS DEL PETROLEO	8
Capítulo II	
FUENTES DE CONTAMINACION	14
Capítulo III	
EFFECTOS EN LA VIDA ACUATICA	19
Capítulo IV	
IDENTIFICACION ANALITICA	30
Capítulo V	
ACCIONES CONTRA LA CONTAMINACION	57
Capítulo VI	
CONSECUENCIAS ECONOMICAS	104
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	111
BIBLIOGRAFIA	113

INTRODUCCION

La humanidad utiliza el mar como vertedero de sus desechos, lo ha sido a -- través de la Historia y continuará probablemente con este papel en lo futuro, no -- obstante la preocupación que existe por la contaminación del medio ambiente .

La contaminación de los mares es la introducción en forma directa o indirecta por el hombre, de sustancias o energía en el medio marino, en perjuicio de los re -- cursos vivos, con resultados nocivos para la salud humana por el detrimento de la - calidad del agua, dañando todas las actividades efectuadas en los mares, significando una seria amenaza al equilibrio del ecosistema marino .

En realidad, la contaminación por el petróleo es el resultado del desarrollo de una tecnología basada en este producto y el constante incremento en su demanda -- industrial, en consecuencia los hidrocarburos merecen prioridad entre los diversos - contaminantes obligados a estudio y control . Mientras el petróleo crudo y sus derivados sean transportados en grandes cantidades por el mar e interior, se extraiga del lecho marino, provenga de efluentes urbanos e industriales, de la atmósfera, barcos y diversas operaciones en el medio marino con el consecuente riesgo de accidentes - y derrames, deberá tenerse presente el daño al medio oceánico por el papel tan importante que representa en nuestra existencia, despertando en forma creciente el interés mundial .

Siendo la contaminación del petróleo una de las más difundidas, puesto que se

ha llegado a encontrar aún en zonas muy alejadas de rutas marítimas. Por primera vez se duda seriamente de la capacidad del océano para absorber los productos de desecho, lo cual ha dado lugar a un profundo estudio de los recursos expuestos a tal acción, de comprender el medio marino, la conducta del contaminante y sus efectos posteriores, son requisitos esenciales para cualquier acción emprendida.

Este trabajo expone los problemas que ocasiona la contaminación de los mares por el petróleo, en forma tal que la humanidad adquiera conciencia del perjuicio que representa para el equilibrio ecológico.

Es indudable que existen diferencias fundamentales en tratar tales problemas. Por lo cual este trabajo, con las medidas sugeridas en el mismo, sirvan éstas como una guía. Aplicando aquellas que producen resultados satisfactorios.

Se considera que esta obra no estará completa, si no son tratados los aspectos económicos, señalando los daños posibles, evitándose incluso erogaciones inútiles.

CAPITULO II

CARACTERISTICAS DEL PETROLEO

El término "petróleo" como contaminante, se usa en forma amplia y general, describiéndonos por igual a cualquiera de los hidrocarburos, ya sea como petróleo crudo o sus derivados. Sus principales características de interés serán tratadas en forma general.

PETROLEO CRUDO.

El petróleo crudo está formado por compuestos del carbono e hidrógeno, variando considerablemente según el lugar de origen, siendo el contenido de carbono entre 83-87% y del hidrógeno entre 11-14%, encontrándose también presente pequeñas cantidades de azufre, oxígeno, nitrógeno en proporciones variables desde cero hasta 4.5%, además - algo de vanadio, níquel, sales minerales. (ref. 1, 2, 3)

Los petróleos crudos están constituidos principalmente de las siguientes series o - grupos de compuestos, puede consistir no solamente de la solución mutua de estas series, sino también de la combinación de radicales de dos o más series diferentes:

Parafinas: Formada por los hidrocarburos saturados cuya fórmula general es $C_n H_{2n+2}$, siendo los primeros miembros hasta el butano gases en condiciones normales entre el pentano y pentadecano son líquidos donde predominan los de cadena recta y los que tienen un pequeño grado de ramificación. Los demás son sólidos lo que indica su estructura no ramificada o ligeramente ramificada. (2, 4)

Naftenos: son los hidrocarburos saturados de fórmula $C_n H_{2n}$, formados por anillos

cerrados de grupos metilénicos y pueden tener algunas cadenas laterales de radicales parafínicos, como el ciclohexano, ciclopentano, metilciclohexano, etc., siendo los dos primeros los más importantes por la estabilidad de los anillos. (1, 2, 4)

Aromáticos: Se encuentran en cantidades más pequeñas que las anteriores, se supone que estos compuestos se hallan en grandes moléculas complejas que son descompuestas por la moderada temperatura de desintegración. Los aromáticos benzol, toluol, di- y trimetil benzol, etil-dietil y trietil benzol, etc. se han encontrado en destilados del petróleo. Están caracterizados por sus puntos de ebullición y sus densidades relativamente altos. (1, 2, 3)

Olefinas: Se caracterizan por la presencia de dobles ligaduras entre pares de átomos de carbono contiguos, es de dudar que se encuentren en los crudos, pero en la operación de desintegración se forman grandes cantidades. Químicamente son activos, las diolefinas contienen dos dobles ligaduras, la más típica es el isopreno. (1, 2, 3)

Asfalto: Formando a partir de ciertos compuestos que se hallan en el crudo los cuales sufren un proceso de oxidación, sulfuración, polimerización y condensación. Contienen de 1 a 7 % de oxígeno combinado, y huellas hasta de 5% de azufre. Se cree que sus moléculas están formadas por complejos de núcleos policíclicos unido entre sí por oxígeno o azufre. Los asfaltos se clasifican por sus solubilidades relativas y propiedades físicas. Entre mayor es la densidad y el porcentaje de azufre contiene más asfalto el crudo. (1, 2, 3, 5, 6)

Existen otras clases de hidrocarburos presentes en el petróleo, así como los diver

Los compuestos de oxígeno, de nitrógeno y de azufre.

Las características de la mayoría de los crudos quedan dentro de los siguientes límites: (5, 6)

Densidad específica	15/15 °C : 0.80 - 0.988
Punto de ebullición	°C : 30 - 125
Viscosidad cinemática	cS, 100 °F : 4 - 25
Temperatura de fluidez	°C : 35 a + 7.0
Azufre	% en peso : 0.8 - 5.0 (alrededor del 2%)
Vanadio	% en volumen: 5 - 170
Parafina	% en peso : 5 - 12
Asfaltenos	% en peso : 0.05 - 3.0

PRODUCTOS DEL PETROLEO .

Los diferentes productos del petróleo se obtienen por medio de la destilación y posterior tratamiento químico de acuerdo con las necesidades de cada derivado y distintos procesos a que han sido sometidos.

Los productos que se obtienen a partir del petróleo es sumamente grande, de una forma general se agrupan en:

Gasolina: Es una mezcla muy compleja de gran número de hidrocarburos dentro de la zona de C_4 a C_{12} , son líquidos a temperaturas normales. Dentro de este rango se encuentran los hidrocarburos alifáticos desde el butano hasta el dodecano, incluyendo los naftenos y aromáticos. Las fracciones petrolíferas de bajo punto de ebullición

constituyen la mayoría de los combustibles de motor, la principal propiedad de la gasolina en su volatilidad. Además se usa como solvente de diversos productos. (1, 2, 3)

Querosina: Se compone principalmente de hidrocarburos que contienen de 11 a 15 átomos de carbono por molécula. Destilan después de la gasolina. Si es de composición alifática, los más bajos serán el nonano o el decano, el más alto el octadecano. Debe estar libre de compuestos muy volátiles, solo lo necesario para facilitar la combustión, su contenido de azufre no es mayor de 0.1%. Es empleado como combustible de alumbrado y calefacción, también se usa en disolventes. (1, 2, 3)

Gasóleo: Es el destilado que se obtiene entre la querosina y los aceites lubricantes, comprendiendo principalmente hidrocarburos de 15 a 25 átomos de carbono por molécula. Primitivamente se usó para la manufactura de gas combustible de ahí su nombre pero actualmente es utilizado en mayor cantidad para la obtención de gasolina por desintegración, se emplea como combustible en algunos motores diesel, calefacción, etc. (1, 2, 3)

Combustóleos: Obtenidos de residuos de petróleos crudos, son ciertos aceites no corrientes de bajo contenido de gasolina y querosina, no convenientes por su elevada proporción de asfalto o compuestos de azufre para utilizarlos como lubricantes. Son empleados como combustible en usos domésticos e industriales. (1, 2, 3)

Aceites Lubricantes: Están formados principalmente por hidrocarburos que tienen de 25 a 35 posiblemente 40 átomos de carbono por molécula, se distinguen por su alta viscosidad. Son obtenidos a partir de los productos destilados con vapor o a vacío, otros de residuos o mezclas de destilados y residuos. Cuando provienen de base ---

parafínica se separa la parafina por enfriamiento y filtración. Los de origen asfáltico se elimina éste con sulfúrico y refinación más completa, tienen amplia aplicación en el automovilismo e industrias. (1, 2, 3, 5)

Residuos: Es la materia no volátil remanente, después de haber separado por destilación las fracciones volátiles. Sus propiedades dependen de la naturaleza del crudo, son generalmente ricos en parafina o en asfalto o ambos. Aprovechados de diversas formas; pavimentación, cimientos, combustible, etc. Refinándolos obtenemos lubricantes. (1, 2, 3)

Las principales características de los productos del petróleo son:

Gasolina

Densidad específica	15/15° c : 0.68 - 0.77
Margen de ebullición	° c : 30 - 200
Punto de inflamación	° c : - 40

Querosina

Densidad específica	15/15° c : 0.78
Margen de ebullición	° c : 160 - 285
Viscosidad cinemática	cS, 100°F : 1.48
Punto de inflamación	° c : 55

Gasóleo

Densidad específica	15/15 ° c : 0.84
Margen de ebullición	° c : 180 - 360

Viscosidad cinemática cS, 100 °F : 3.30

Punto de inflamación °c : 77

Combustóleos

Densidad específica 15/15 °c : 0.925 - 0.965

Viscosidad cinemática cS, 100 °F : 49 - 862

Punto de inflamación °c : más de 90°c

Aceites lubricantes

Productos muy refinados, sus viscosidades varían según su aplicación en un margen muy amplio, como se usa un gran número de aditivos, éstos modifican por tanto -- sus propiedades. (2, 5, 6).

CAPITULO II

FUENTES DE CONTAMINACION

La contaminación del mar por el petróleo se realiza en gran diversidad de formas, en mayor o menor grado dependiendo de la fuente, cantidad y tipo de contaminante. La contaminación tiene su origen por operaciones marinas y operaciones no consideradas marinas que sin embargo afectan el mar. (4, 7)

Del petróleo crudo producido en el mundo una gran proporción se transporta por mar, la cual está en constante aumento por su creciente demanda. Si aunamos a ésto la gran cantidad de productos refinados que son embarcados, notaremos la importancia que reviste la contaminación de todas las operaciones involucradas. Uno de los mayores riesgos proviene de los Buques-Tanque, originado por accidentes de las embarcaciones, donde se ha visto un aumento esperado de incidentes por el incremento del transporte de petróleo, estos ocurren principalmente en lugares cercanos a puertos o en mar abierto. Del petróleo derramado en puertos y zonas cercanas, se debe en su mayoría por encalladuras, en mar abierto las causas son por descuidos. Observándose que la mayor parte de tales incidentes se presentan en embarcaciones pequeñas por motivos de negligencia, en barcos medianos los accidentes son menores fundamentalmente por encalladuras, muy pocas embarcaciones grandes se ven afectadas parte de ellas como resultado de explosiones. En algunos lugares predomina un tipo de incidente sobre otro, por las condiciones climáticas que prevalecen en las diferentes zonas además se presentan incidentes con más frecuencia entre buques con una antigüedad mayor de 12 - 13 años. Donde el elemento humano desempeña un papel relevante por ser la causa principal de incidentes, especial

mente en colisiones por una inadecuada vigilancia y encalladuras por errores de navegación, aconteciendo casi siempre con circunstancias de tiempo excelente.

La descarga al mar del lastre de agua y el lavado de los tanques de buques que transportan petróleo, contaminan el mar en forma considerable, el agua de lastre estará contaminada por residuos del petróleo crudo o combustible que lleva, necesitando lavar, los compartimientos para recibir la nueva carga, siendo impropio descargar estas aguas en zonas portuarias. En los buques siempre queda un residuo de 0.4% de la carga total, dependiendo la constitución de éste, del hidrocarburo transportado, condiciones y temperatura durante el viaje. Puede formar emulsiones de agua en petróleo, por la acción del lavado y subsecuente bombeo, quedando residuos inflamables con peligro durante el atracamiento. También se requiere el lavado de tanques por operaciones de mantenimiento, reparación, inspección, etc. que exigen la ausencia de suciedad y residuos, siendo arrojados los desechos al mar, contaminándolo.

Embarcaciones que transportan productos refinados, las descargas, el problema de adhesión, formación de depósitos de cera o asfaltenos, son menores que en el petróleo crudo por la existencia de medidas de seguridad más eficientes que evitan pérdidas en productos considerados con mayor valor. Se presenta la liberación de contaminantes por fugas en las embarcaciones y durante operaciones de bombeo, sobre todo en barcos antiguos. Aparte de los buques-tanque, el petróleo es transportado en embarcaciones diversas como; buques de motor para servicio costero, lanchas, chalanes, etc. Las cuales no están dotadas de las características especiales para su transporte, representando riesgos y fuente potencial de contaminación. También debemos tomar en cuenta a todas las embar-

caciones en el mar, las cuales contaminan con aceites, combustible, etc. En general -- puede decirse que la mayoría de los accidentes ocurren en lugares de entrada, puertos y zonas costeras.

La contaminación que proviene de operaciones no consideradas marinas, pero no -- obstante afectan el mar, primordialmente es de productos refinados y en menor escala de petróleo crudo, como las operaciones que realizan los buques cuando cargan o descargan en las terminales, presentándose pérdidas de contaminante afectando las aguas costeras. En la exploración y producción de los litorales se libera petróleo ya sea en forma accidental u operacional.

Los efluentes de las refinerías son importantes fuentes de contaminación, se debe -- principalmente a líquidos de lavado de procesos, fugas de corrientes de agua de enfria-- miento, fugas generales y descargas en drenajes. La composición de estos efluentes, evi-- dentemente variará por factores tales como: el tipo de crudo, que al tener diversas características se comportan en forma diferente en el mar. Tipo de refinería, procesos utiliza-- dos en el tratamiento y manufactura de los productos. Tipo de sistema de enfriamiento, -- aire o agua que produce fugas de petróleo. Tipo de tratamiento del efluente, por medios físicos, químicos y biológicos. Existen otros factores que dependen del diseño, antigue-- dad, normas de operación y mantenimiento de la planta. Por la creciente demanda, se -- han construído refinerías en centros interiores de consumo, situados junto a ríos, aumen-- tando con ello el problema de la contaminación del agua. Por ser estas aguas interiores -- más vulnerables que estuarios o zonas costeras, por su limitada capacidad propia de puri-- ficación, además estas aguas tienen un mayor aprovechamiento siendo mayor el daño cau--

sado.

También se encuentran contaminantes en desagües de los desechos industriales de -- fábricas que usan el petróleo como combustible, lubricante, enfriante de herramientas, - instrumentos, y metales. Deben ser bloqueadas y tratadas estas aguas que tienen por des - tino, cañerías, ríos, basureros, pantanos, etc. y una posterior descarga al mar. El aceite lubricante es el producto que se descarga en mayor cantidad, usado principalmente por la industria automotriz e industrias de proceso.

El auge en la demanda del petróleo alcanza tal magnitud que requiere una multi -- plicación de tuberías y ductos para el transporte de petróleo crudo proveniente de los bu - ques- tanque, de pozos petroleros a refinerías y transporte de productos refinados a luga - res de almacenaje, etc. Los derrames en los ductos y tuberías son causados principalmen - te por descuidos humanos, errores en la construcción u operación, descuidos mecánicos y en menor grado por corrosión de tuberías.

Otros derrames se deben a accidentes en el transporte por ferrocarril en carros- tan - que, de camiones- tanque, además de los tanques para almacenaje y distribución. Estos -- últimos son fijos, los cuales por exceso de presión durante el bombeo, construcción débil, corrosión, y fugas en sus tuberías, causan derrames de petróleo. Si ocurren en lugares in - teriores existen mecanismos, físicos y biológicos, que reducirán el volúmen que llega -- al mar, dependiendo de la cantidad y tipo de fracción, sea ligera o pesada, tóxica o -- inerte, propensa a la degradación. Incluyendo el tipo de suelo afectado, cercano a co - rrientes superficiales y subterráneas de agua, que de alguna forma reciben los océanos.

El mar recibe contaminantes por emisiones gaseosas de diversas actividades con la gasolina, querosina, aceite, etc. Los cuales por medio de evaporación, combustión, llegan a la atmósfera reaccionando y por medios naturales alcanzan el mar en grandes cantidades.

En algunos lugares se presentan escurrimientos naturales de petróleo crudo, proveniente de reservas subterráneas, a pesar de no ser considerable, afecta el desarrollo de la vida marina. (4, 5, 6, 7, 8)

CAPITULO III

EFFECTOS EN LA VIDA ACUATICA

Las alteraciones en la ecología marina por el petróleo varían ampliamente; dependen de la cantidad y tipo de contaminante, operaciones de limpieza, régimen hidrográfico presente. Los cambios que sufre el petróleo crudo derramado en el mar, están dados -- en la figura 10.

Cualquier sustancia tóxica en el agua puede reaccionar con la vida marina a través de sus órganos sensitivos como pueden ser por las vías respiratorias, contacto con la piel, ingerido.

Ciertas fracciones del petróleo crudo y productos refinados producen tumores malignos en la piel de los mamíferos por un contacto prolongado, originado principalmente por los compuestos aromáticos policíclicos. La procedencia del cáncer es muy compleja, está sujeto a constantes investigaciones. Aún causando cáncer, aplicada durante largo -- tiempo sobre la piel, no existe, evidencia suficiente que represente un peligro a la salud humana. Tampoco la misma sustancia tiene tales efectos, si es administrada con los alimentos. Los mamíferos poseen mecanismos enzimáticos, los cuales por medio de metabolismos, motivan cambios moleculares de los hidrocarburos, que los hace inertes. La presencia de estos compuestos carcinogénicos en los animales marinos no es indicación que -- provengan de una contaminación petrolera, puesto que tales compuestos pueden ser biosintetizados y se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza. Además, tales animales representan solo una pequeña parte de la dieta humana, existiendo mayores cantidades en; alimentos ahumados, tabacos, el uso de máquinas de combustión interna, as --

besto, arsénico, rayos x, etc.

Los sedimentos y grumos de petróleo son los contaminantes más persistentes, por ser su degradación un proceso más lento que las soluciones y dispersiones. En general no se considera al petróleo como un contaminante persistente.

La contaminación más seria, ecológicamente hablando, es la proveniente por descargas continuas de efluentes de refinerías en puertos y estuarios, que son aguas confinadas y poco profundas, incluyendo la presencia de otros contaminantes provenientes de ríos, desagües, donde la cantidad de agua aprovechable para dilución es limitada. Tales aguas, presentan los peores efectos ecológicos en todos los niveles bióticos. (5, 9, 10)

Efectos en los microorganismos.

Las bacterias en colonias, son capaces de atacar todas las fracciones del petróleo crudo y productos refinados, incluyendo a los fenoles y policíclicos, algunos de los cuales son carcinogénicos. Las bacterias que desempeñan tal papel, están distribuidas extensamente en aguas costeras y mar abierto por todo el mundo, aún en las regiones árticas.

Existen factores que influyen en la degradación del petróleo por las bacterias:

- a) - Una gran proporción inicial de bacterias que degraden el petróleo.
- b) - La temperatura; un ataque más rápido ocurre entre 20 y 30 °C, encontrándose aún una biodegradación eficiente a - 3 °C.
- c) - Oxígeno disponible; la degradación se efectúa aún en bajas condiciones anaerobias o microaerobias en presencia de una sustancia capaz de efectuar la reducción.

d) - Nitrógeno y fósforo disponible; aún con un bajo contenido existe una apreciable degradación.

Las condiciones más favorables para una biodegradación bacteriana las encontramos en aguas costeras y estuarios, donde existe una alta oxigenación como resultado de la acción de las olas, estando el agua más caliente por la poca profundidad. También los niveles de nitrógeno y fósforo son elevados por una lixiviación del material terrestre y el contenido de aguas de desagüe. En mar abierto la falta de tales elementos causa una biodegradación muy lenta.

Las fracciones del petróleo, que van de más a menos propensas a la biodegradación: parafinas, isoparafinas, hidrocarburos aromáticos, hidrocarburos asfálticos. La proporción de biodegradación es de 36 - 350 g/ m³/ año. Los dispersantes petroleros con una aromática como base, son tóxicos a la oxidación para la bacteria.

El petróleo crudo y sus fracciones, tienen un efecto bioestático o bioóxido sobre algunas especies, aunque otras son capaces de vivir dentro de glóbulos de petróleo -- crudo. Algunas especies de Fungi utilizan en su provecho, el petróleo crudo o sus -- fracciones. La mayor actividad bajo condiciones aeróbicas terrestres son las especies del *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Trichoderma*.

En aguas costeras encontramos las especies activas Fungi de *Cunninghamella* -- elegans y algunas especies *Penicillium*. Siendo las más activas del género; *Sachromyces*, *Sporobolomyces*, *Trichosporon*, *Candida* y *Pichia*. Las cuales utilizan eficazmente las fracciones del petróleo, como el mismo material existente en el mar. (5,9,11,12)

Efectos en las plantas marinas.

No resulta fácil predecir los efectos biológicos en la flora, por la gran variedad de mezclas de petróleo y las condiciones ambientales. Las plantas efectúan los procesos de convertir el CO_2 , el nitrógeno mineral de nitratos principalmente, en aminoácidos y proteínas, construyen sustancias complejas a partir de otras simples. Un incidente agudo de contaminación interfiere con su fotosíntesis, respiración, nutrición, abastecimiento de agua, reproducción y mecanismo de dispersión. Fitoplankton: estos organismos u algunas bacterias, forman la base de la cadena alimenticia de los grupos de organismos superiores en el ecosistema marino.

Los efectos de la contaminación son variables, algunas especies son afectadas y otras no. Algunas especies de Microalgas mueren por la acción de los dispersantes, usados en la limpieza de playas y rocas costeras, los más tóxicos son los que tienen hidrocarburos aromáticos como solvente o vehículo.

Ciertas algas aprovechan los n-alcanos como nutrientes, toleran tales compuestos aún en altas concentraciones en solución y dispersión. Son conocidas por sintetizar a los hidrocarburos, encontrándose hasta un 86% del peso total extraído como hidrocarburo. Sin embargo, algunos peces han muerto por las toxinas producidas por los Clinoflagelates contaminados. Un sabor aceitoso del pescado no es evidencia contundente de prevenir éste de una contaminación petrolera.

Plantas litorales y bentos: El petróleo crudo sobre las macroalgas, no presenta efectos químicos. Sin embargo, sufren alteraciones mecánicas por la obstrucción de -

su respiración, fotosíntesis y reproducción. En general resisten bien la contaminación - por tanto representa un peligro real, únicamente a una pequeña parte de las comunidades de algas.

En incidentes agudos, involucrados con productos refinados de un alto contenido de aromáticos, tales como diesel, observamos efectos importantes, no obstante son pasajeros y la recolonización del área es bastante rápida. Las especies anuales son afectadas escasamente.

Los principales daños son causados por los primeros dispersantes desarrollados. Los más recientes no presentan una alta toxicidad sobre las algas, siendo menores los daños - cuando están sumergidas, que al encontrarse sobre las rocas.

Plantas en pantanos salados y manglares: La contaminación sobre estas zonas evita la biosíntesis con la subsecuente inanición y muerte de una parte o toda la planta. También paraliza el proceso de respiración, causando la muerte por asfixia del vegetal; como en el caso de la *Puccinellia* y plantas mangle, evita la oxigenación en la raíz provocando la muerte y putrefacción de éstas.

La vegetación de los pantanos varía en su sensibilidad a la contaminación, con un envenenamiento químico directo. Afecta en mayor grado a las plantas anuales que a las bienales y perennes. La época del año influye considerablemente, perjudicando principalmente en primavera, previo al florecimiento, aún en tales casos observamos recuperación lenta, pero total después de dos años.

Una contaminación crónica por descargas continuas, sobre áreas restringidas, donde

los efectos son más duraderos, con la destrucción progresiva de la vegetación provocando su eliminación completa y ocasiona la erosión del terreno.

Todos los dispersantes son tóxicos a las plantas en soluciones acuosas o concentraciones mayores de 10%. La vegetación manglar presenta los mismos efectos, pero resiste mejor a los dispersantes.

Otras plantas terrestres: varían en su sensibilidad a la contaminación en diversos grados, con los mismos efectos anteriores, siendo el principal daño por la acción asfixiante. Los dispersantes causan un perjuicio mayor.

Efectos en los animales.

Todos los animales, dependen en forma directa o indirectamente de las plantas, alimentándose de ellas o, a través de otros animales, por requerir de carbohidratos o proteínas que obtienen de éstos. Los cuales son utilizados para producir energía u otras formas de proteínas y grasas. Por consiguiente, están relacionadas con la contaminación de las plantas.

Los animales se mueven en diversas formas, y son capaces en mayor o menor grado de eludir con éxito las consecuencias de la contaminación. Esta habilidad puede frustrarse algunas veces por las propiedades narcóticas de varios hidrocarburos aromáticos, presentes en productos refinados. Otros son atraídos por una curiosidad natural. El asfiximiento físico de las especies animales, es por la gran demanda de Oxígeno requerido, en mayor proporción que las plantas.

Animales marinos.

Zooplankton: Formado por una población heterogénea y complejo de huevecillos - jóvenes y adultos, variando ocasionalmente, pasa todo su ciclo de vida o parte de él en el zooplankton. Los copépodos son el grupo más importante del zooplankton, son el principal alimento de los peces. A pesar de que el petróleo crudo, combustóleo y diesel, se adhieren a sus cuerpos, ni aún ingerido a éstos, no presenta peligro para los peces. Es difícil generalizar acerca de los efectos del petróleo o dispersante, porque obtenemos resultados diferentes en la práctica y el laboratorio.

Tratándose de una contaminación ligera tales organismos pueden degradar el petróleo, excepto cuando forma una emulsión agua-petróleo que resiste el ataque. Los dispersantes son muy tóxicos, principalmente sobre los huevos del zooplankton. Usados con moderación, no sufren efectos por la dilución presentada.

Peces: Los huevecillos y larvas de los peces son más sensibles a la contaminación petrolera y dispersantes; sobre todo en aguas poco profundas o confinadas, causando una alta mortandad cuando se trata de incidentes agudos y de concentraciones altas. Los efectos sobre los peces adultos es ligera, únicamente cuando el contaminante es un producto refinado con un alto contenido de aromáticos, existe una gran mortandad, sobre todo en aguas superficiales, pero tales efectos son pasajeros. No existe envenenamiento en mar abierto.

El uso de dispersantes no es recomendable, solo en casos absolutamente esenciales; como en un petróleo no visible, para prevenir el daño a otros seres o instalaciones costeras. Considerando siempre que la toxicidad química puede causar un mayor perjuicio al medio ambiente y afectar a la pesca comercial.

Fauna bentos: El petróleo crudo sobre tales organismos en mar abierto no tiene -- ningún efecto, presentándose un daño regular cuando el derrame es en forma continua -- y durante años. Como éstos organismos viven en el fondo del mar, aumenta el daño en aguas confinadas y costeras cuando tiene un alto contenido de aromáticos o por emplear los primeros dispersantes desarrollados. Tenemos una extensa mortandad en derrames -- donde está involucrado el diesel y combustóleo aromático; especialmente cuando las -- condiciones conducen a emulsificación o solución rápida. A profundidades mayores de 12 metros el daño es menos severo. No obstante, en los peores casos, advertimos una recuperación del área bastante satisfactoria una vez que disminuyen las concentracio-- nes tóxicas, en unos 24 meses.

A pesar de que los moluscos absorben el hidrocarburo, persiste por algún tiempo, desaparece al cabo de 6 meses. No existe evidencia de que absorban los hidrocarburos carcinogénicos.

Fauna litoral: Son animales tolerantes a los cambios físicos y químicos, por lo tan-- to el daño causado por el petróleo crudo es ligero, el principal es una asfixia física. In-- gerido con el alimento no altera su comportamiento. Una contaminación crónica ejerce un fuerte efecto, particularmente sobre los moluscos percebes, lapa, estrella de mar y -- otros seres sensibles. Los productos refinados como el diesel y combustóleo son tóxicos -- para tales criaturas, sin embargo, la recolonización se presenta después de 18 meses.

Los dispersantes bajo ciertas circunstancias, tienen efectos devastadores sobre -- las comunidades litorales. Las concentraciones de éstos son reducidas rápidamente por -- la acción de las olas, marea y corrientes marinas, recuperándose la población en corto

tiempo, 9 - 18 meses.

Cetáceos: Mamíferos acuáticos que incluye a las ballenas, marsopas, delfines, - etc. Animales de sangre caliente con una gruesa capa subcutánea de grasa como aislamiento. El petróleo sobre sus cuerpos no representa graves riesgos adversos, en sus mecanismos de conservación térmica. Existe escasa información sobre el efecto de los dispersantes y productos refinados. Ocurre únicamente una mortandad normal por tales - incidentes.

Animales terrestres y semiterrestres.

Las focas y seres similares son afectados desfavorablemente por los incidentes petroleros. Dependen de una gruesa piel y una capa subcutánea de grasa, para aislar su sangre caliente del medio ambiente. Los órganos del sentido y de reproducción son sensibles a los irritantes químicos. El petróleo crudo no ejerce un gran efecto sobre las focas, el combustible representa un daño importante sólo administrado en grandes cantidades, envenenando la grasa de sus cuerpos.

El efecto sobre la piel de los mamíferos es ligera, siendo considerable cuando es ingerido con el alimento por los carnívoros, excepto en la nutria y almizclera. En general el número de criaturas afectadas es relativamente bajo.

Efectos en las aves.

Las aves y los mamíferos son los vertebrados más desarrollados. Tienen la temperatura corporal más alta que los otros animales, por lo cual están dotados de plumaje para conservar su energía. Esta propiedad aislante cobra una mayor importancia en aves acuádas

ticas. La destrucción de tal propiedad es el principal daño de la contaminación, provocando la muerte por una constante pérdida de calor. En un esfuerzo por liberarse del petróleo, lamen el plumaje dando como resultado su ingestión, causando trastornos secundarios; perturba la función de la región interrenal de la glándula adrenal, controles interrenales de secreción, hormonas esteroideas glucocorticoides y hormonas mineralocorticoides que controlan el metabolismo orgánico.

Algunos grupos son susceptibles a la contaminación en mayor grado que otros por su modo de vida, apareamiento, procreación. Cualquier agente extraño causa grandes escalas de mortandad, afectando la continuidad de la especie. Otros factores son el clima, alimentación, localidad y época del año.

Ordenados de acuerdo a un mayor a un menor peligro de extinción por la contaminación tenemos:

Las Alcas viven en aguas boreales y árticas, su alimento son los peces, se zambullen y nadan bajo el agua. Por el aumento de predadores, cambios de clima y alimentación y otras formas de contaminación están en peligro de extinción. El daño causado por el petróleo no ha sido posible precisarlo pero existe.

Los pingüinos con hábitos similares, están propensos a la contaminación del petróleo flotante, aunque viven afuera de las rutas comerciales excepto en Sudáfrica donde pesa sobre ellos un peligro real de extinción.

Las aves salvajes como; patos, gansos, cisnes, etc. Los cuáles está relacionada su vida con el agua. Al procrear y cambiar de plumaje, están ligados a un lugar, siendo -

alcanzados e inmobilizados por el petróleo, falleciendo muchos en cada incidente agudo. Sin embargo no existe una declinación aparente en su población.

Colimbo y corvejones: No forman una gran población, por lo mismo son de gran interés, de donde los incidentes puedan conducir fácilmente a su extinción local.

Las gaviotas y especies similares, son los menos susceptibles a la contaminación que las anteriores. Por lo tanto no existe peligro en su futuro.

La contaminación sobre las aves puede llegar a ser seria, con peligro de extinción en algunas especies. Son más importantes como piezas de caza, que como alimento humano, pero tienen un considerable valor en el ecosistema marino, y suprimiéndolas puede eliminar a otras especies aprovechadas por el hombre.

No hay evidencia suficiente para responsabilizar a la contaminación petrolera de la declinación de las comunidades vivientes, pero existe tendencia a disminuir en algunas regiones particulares. No obstante, no representa ésta un gran efecto sobre la ecología de los mares. (9, 10, 12)

CAPITULO II

IDENTIFICACION ANALITICA

Resulta de suma importancia la necesidad de identificar la fuente de contaminación en forma rápida y segura, por consiguiente, tendremos un mayor conocimiento del contaminante, el cual ejerce influencia para la detección y detención de fugas, en la elección de un conveniente tratamiento de limpieza, el establecimiento de responsabilidades y facilitar el cumplimiento de la legislación.

El requerimiento ideal para la identificación es; ser capaz de probar en los análisis, que el contaminante es material W de petróleo X descargado de embarcación Y o planta industrial Z. De ahí que se clasifiquen en tres grupos principales para facilitar su estudio:

A) Lodos de petróleo crudo; son residuos formados principalmente de suspensiones concentradas de alto punto de fusión. Por el lavado de tanques con agua caliente, que al enfriarse formará una masa compacta de cera, propensa a depositarse como grumos en la playa. Al lavar con agua fría ésta se dispersa en el mar.

b) Combustóleos.

c) Petróleo crudo.

Películas de petróleo.

Al verter petróleo sobre una superficie acuática limpia, éste formará una lente, con un espesor muy variable que depende del tipo de hidrocarburo; petróleo crudo se esparcerá rápidamente en agua pura formando una película delgada de 0.3 micras o menos. La velocidad de propagación depende de la temperatura del agua, de las corrientes marinas, del

aire, y tipo de petróleo. Su extensión es facilitada por la presencia de componentes tensioactivos y es retardada en superficies ya contaminadas. Esto explica el rápido avance de la extensión del aceite diesel y algunos aceites de maquinarias. En grandes derrames se formará una capa de bordes gruesos y el centro delgado de 10 a 100 micras de espesor. En aguas muy contaminadas el grosor será de 1 mm. o más. La gasolina se extiende de dos veces más rápidamente que el petróleo crudo y tres veces que el aceite lubricante. Sin viento y marea formará manchas circulares en superficies limpias, excepto cuando no son grandes cantidades derramadas.

La apariencia exterior de la capa, depende del espesor y cantidad de petróleo -- formando la película, siendo escasamente visible aún en condiciones de iluminación muy favorable tratándose de capas delgadas y poco contaminante, hasta de colores brillantes y oscuros cuando son grandes cantidades y espesores gruesos. El viento y las mareas influyen en el movimiento de una película delgada, siguiendo la dirección de éstos.

(9, 10)

Efectos de los procesos naturales.

La exposición en el mar y la acción de los elementos durante cierto tiempo, contribuyen a la transformación del petróleo, existiendo en consecuencia aumentos variables en sus propiedades. A pesar de tales alteraciones, con el análisis podemos determinar la posible fuente contaminante.

Una capa de petróleo en la superficie del mar, cambiará o desaparecerá debido a:

Evaporación: El petróleo crudo sufrirá una evaporación, primeramente perdiendo sus productos ligeros, posteriormente, las sucesivas fracciones de punto de ebullición más elevado. La velocidad de evaporación a presión atmosférica depende principalmente de

la presión del vapor del petróleo o la temperatura ambiental, además se verá favorecida por la velocidad del viento. Las condiciones climatológicas adversas ayudan a la dispersión aérea ya que estimulan las pérdidas de petróleo de las crestas de las olas en forma de aerosoles y pulverizaciones. La evaporación también crecerá al aumentar el área superficial por su propagación en el mar.

Los componentes menos volátiles del crudo se evaporarán muy lentamente formando un residuo atmosférico no volátil en la superficie del mar, perdiéndose aproximadamente la cuarta parte del crudo original. Este residuo tendrá una densidad específica y viscosidad más elevadas, las variaciones en éstas propiedades no son en forma consistente, desconociéndose la razón. Además, existe un aumento considerable en su contenido de asfaltenos, azufre, parafinas y puntos de fusión. Los contenidos de metales tales como el níquel y vanadio no han sido afectados por la exposición y consecuente evaporación.

En los gasóleos observamos una gravedad específica, viscosidad y contenido de azufre más bajos. Los combustóleos presentan los mismos cambios que el petróleo crudo, pero, son mayores y ocurren más rápidamente, debido a la posible presencia de material craqueado. Un alto contenido de asfalteno es indicativo de un combustóleo expuesto al aire.

Aceites de lubricación: lavados de los fondos de tanques, alquitranes, los cuales no tienen, ninguno de los componentes más volátiles, se evaporarán mucho más lentamente que los crudos; disminuyendo las gravedades específicas, viscosidades y aumento en los puntos de fusión y solidificación. (9, 10)

Disolución: Pueden disolverse en el agua de mar aunque la solubilidad de los productos del petróleo en el agua se considera muy baja. Disponemos de poca información acerca de la solubilidad de los productos comerciales del petróleo. En general los compuestos no saturados.

Oxidación: El petróleo es susceptible de autooxidación; por ser un fenómeno superficial, es decir, depende del área de contacto petróleo/agua, la velocidad de oxidación aumenta cuando el petróleo forma una película delgada. Este proceso es ayudado por las sales minerales disueltas en el mar, las cuales tienden a actuar como catalizadores y por las radiaciones ultravioletas de la luz solar; así como, ante algunos compuestos orgánicos no metálicos presentes, como los naftenos, que actúan como aceleradores de la oxidación. Otros componentes de los crudos y refinados, especialmente los compuestos azufrados producen un efecto contrario.

Biodegradación: En condiciones naturales, el petróleo derramado en el agua se degrada mediante procesos bioquímicos o químicos. La superposición de estos dos procesos dificulta hacer una distinción entre la rapidez de degradación de cada uno. En general todas las clases de hidrocarburos son atacados por los microorganismos. En condiciones óptimas las bacterias pueden oxidar el petróleo de la superficie a 2 g por m^2 y día de agua entre 20° y 30°C .

Debido a los procesos naturales en algunos casos no es fácil determinar la fuente contaminante, pero en términos generales y, a través de experiencias realizadas, puede efectuarse la identificación con resultados bastante satisfactorios; sobre todo si se efectúan los análisis de muestras recogidas inmediatamente después del accidente.

Espreado: Está influenciado por las fuerzas de gravedad, tensión superficial, viscosidad e inercia, densidad, composición química, punto de fusión, velocidad del viento y de la corriente. Al liberarse las fracciones más ligeras quedando con mayor viscosidad y formando un lente de núcleo oscuro rodeado de un área opalescente. El espreado puede afectar a toda la mancha que puede llegar a romperse y dispersarse. En aguas frías el espreado es obstruido por las altas viscosidades. El espreado decrece exponencialmente con el tiempo explicable por la eliminación de los componentes ligeros por la evaporación y solución reduciendo la tendencia al espreado, aumentando la viscosidad y el punto de fusión. Una película de 1 micrón de espesor desaparece en menos de 24 horas, y de 0.1 micrón en 5 horas.

Emulsificación: El derrame de petróleo crudo en las superficies acuáticas forma una espuma "chocolate mousse", que es una emulsión de agua en aceite teniendo de 30 a 80% de agua. Es muy estable por tener una consistencia rígida y un volumen mayor comparado con el petróleo crudo original. Para formar emulsiones se requiere poca energía tanto en agua de mar como en agua dulce, independientemente de la presencia o ausencia de bacterias, limos, plancton o partículas sólidas. La emulsión no ocurre en la misma proporción; los crudos y combustibles residuales con alto contenido de asfaltos forma una rápida espuma al agitarse con el agua, con los combustibles destilados no forma una emulsión estable, ni con los lubricantes sin contenido de fracciones residuales. La composición, espesor de la capa y tiempo de permanencia en el mar influyen en la formación de espuma.

En ciertas condiciones, el petróleo crudo forma emulsiones aceite en agua que --

tiene al agua como la fase continua, en la cual sus propiedades son diametralmente opuestas, por el contenido de petróleo disperso. El mecanismo de la emulsión no está totalmente comprendido. Su formación puede iniciarse con una pequeña cantidad de detergente, - (las proteínas son otros promotores). La oxidación y biodegradación también aceleran la - iniciación. La estabilidad será mayor con compuestos resinosos, asfálticos. El petróleo - en la emulsión se reduce por la evaporación de los componentes volátiles formando grumos al absorber arena, arcilla, azolves, residuos de organismos, etc.; formando masas duras - llamadas briquetas o coquinas. Estos grumos se hundirán en el mar presentándose la con- - taminación persistente en aguas poco profundas. En mar abierto la velocidad de hundi- - miento es menor por existir menos material extraño y ser la densidad del agua menor. El petróleo tiene mayor tendencia a la emulsificación que al esreado. (5, 6, 9, 10, 11, 13, 14)

Recolección de muestras.

El petróleo recolectado del mar y playas invariablemente contendrá cantidades -- considerables de agua, en algunos casos proporciones de arena, algas marinas, plumas - de aves, madera, fragmentos de condia. Cada muestra tomada debe rendir abundante in- - formación, siendo difícil predecir el tamaño. Si ha ocurrido una contaminación muy fuer- - te se requiere una cantidad mínima de contaminante. Donde la contaminación está distri- - buída en forma ligera necesitaremos un gran volúmen relativo de material con terrones o glóbulos de arena u otro material extraño por un tratamiento subsecuente para reducir la masa, recomendando tener el equivalente de 1 litro de petróleo si es posible, aunque -- con pequeñas muestras de 1 ml. o menos obtenemos la información necesaria.

Deben depositarse las muestras por conveniencia en recipientes de vidrio; ya que - los de metal obstruyen las determinaciones de níquel y vanadio por la posibilidad de su -

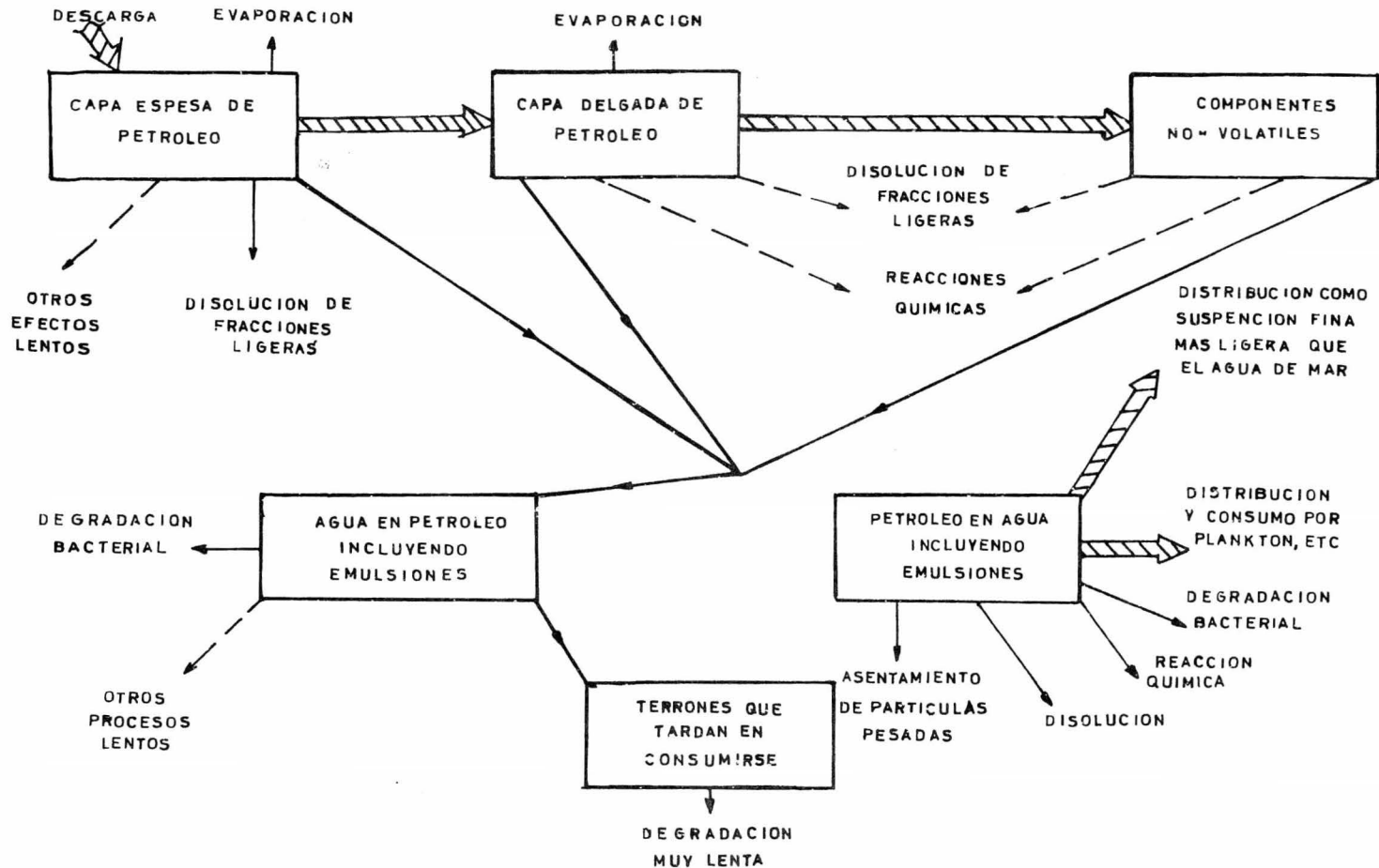


FIGURA 1. PROCESOS QUE CONDUCEN AL CONSUMO DEL PETROLEO CRUDO EN EL MAR.

introducción de envase. En forma similar los de plástico se consideran indeseables puesto que al requerir solventes para eliminaciones, calentamiento o fundición son impropios.

Al transcurrir más de una semana entre la recolección y el análisis, deben almacenarse en congeladores o en dióxido de carbono sólido para minimizar la degradación biológica.

La recolección de contaminantes de la superficie de mares y ríos puede hacerse por medio de desnatado con recipientes; en playas y sitios similares presentan más problemas. Existe en el mercado diversos instrumentos diseñados especialmente para el muestreo de contaminantes operables desde helicópteros o embarcaciones. (9, 14, 15, 16)

Métodos de análisis.

Existe una gran cantidad de métodos analíticos desarrollados por la industria petrolera, si bien algunas de las técnicas no han sido estandarizadas para determinadas propiedades importantes en el reconocimiento de fuentes contaminantes.

1.- Recuperación de petróleo de muestras contaminantes.

Obtendremos el contenido de petróleo del agua u otro material extraño presente en las muestras contaminantes.

- 1) Aparatos: No es posible especificar el tamaño de los aparatos o la cantidad de solvente requerido, depende de la composición y volumen de la muestra, las cuales varían ampliamente. Matraz de fondo redondo con una conexión especial en el cuello. Un condensador y un recipiente de 10 ml. Calentador eléctrico. Papel filtro. Columna fraccionadora o un separador comercial (figuras 2 y 3) pa

ra recuperar 50 ml. o más de muestra, requiere de un sistema de control para descargar sin alterar la presión de operación.

2) Reactivos: tolueno, diclorometano.

3) Procedimiento:

Eliminación de agua.- Separar el agua libre de la muestra. Colocar en el matraz de fondo redondo un peso conocido de contaminante. Para cualquier lavado use tolueno. Añadir tolueno al matraz para obtener un solvente con proporción de muestra de 1 a 2. Adaptando el condensador y el recipiente de 10 ml. con el matraz. Calentando éste último con el calentador eléctrico, regulando para lograr una destilación por reflujo. Quitar el agua en el recipiente y ponerla a un frasco, pesado previamente. Continué calentando hasta que el volúmen de agua en el recipiente permanezca constante, enfriar.

Eliminación de sólidos.- Por medio de la decantación y con papel filtro separar - las partículas más finas, recolecte todos los sólidos, séquelos y pese.

Eliminación del solvente.- Es extraído del filtrado por destilación (figuras 3 y 4), comenzando la destilación a presión atmosférica y sobre ebullición de 80% del punto de inundación a una proporción del reflujo 2 : 1. Cuando se ha eliminado casi todo el tolueno retenga el reflujo y aumente la temperatura. Enfríe y reduzca la presión a 100 mm Hg. reanude la destilación por un rápido aumento en la temperatura de vapor y un segundo cese del reflujo.

Preparación del residuo.- a) Si se detuvo la destilación después de eliminado el - tolueno, continuamos destilando a una proporción de reflujo alta (10 : 1) y reducción de la presión hasta la temperatura de 393°C, para que no existan variaciones por pérdidas -

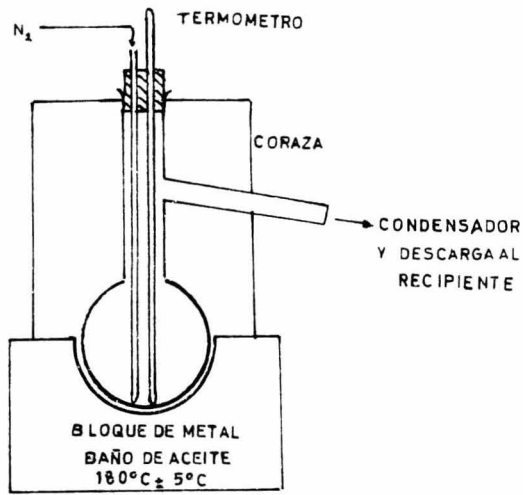


FIGURA.2 APARATO DE SEPARACION

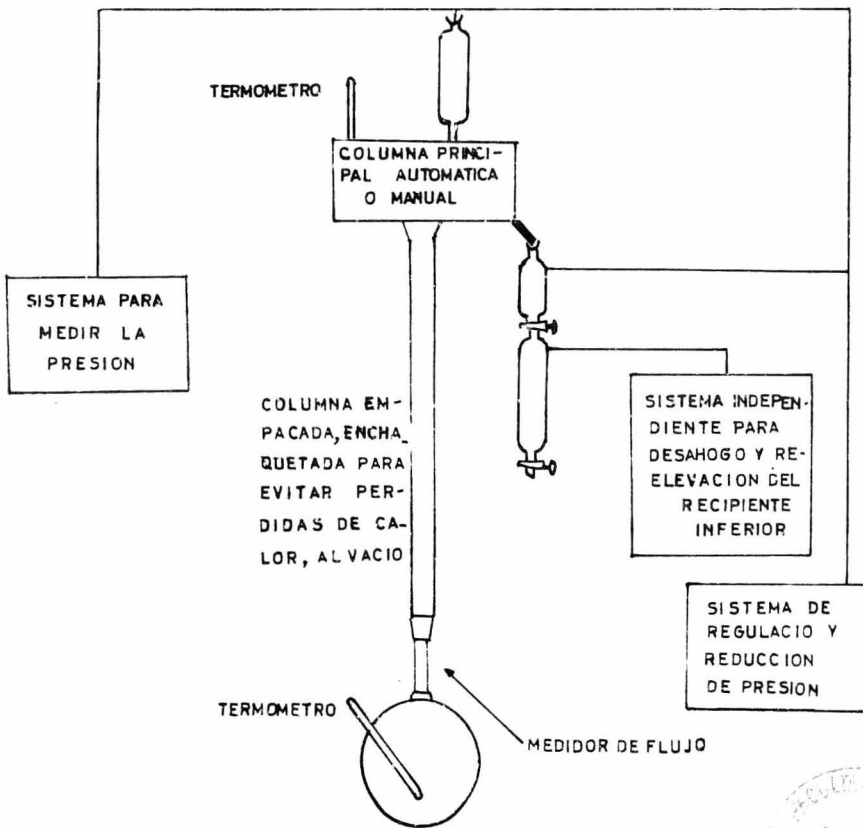


FIGURA.3 UNIDAD DE DESTILACION



de componentes. B) Si la destilación se continuó, use un solvente de un bajo punto de ebullición como el diclorometano hasta obtener el residuo. Pese el petróleo recuperado. Calcule las pérdidas en la separación, composición del contaminante en términos del petróleo, agua y materia extraña. (9, 16)

II.- Caracterización directa de la muestra por cromatografía gas - líquido.

El método describe un procedimiento para obtener cromatogramas de muestras con contaminantes, para la identificación del origen de la contaminación de cualquier tipo. Los analiza aún con gran proporción de arena y agua sin necesidad de un tratamiento previo.

1) Aparatos: Columna cromatográfica cuyo diagrama de flujo se ve en la figura 4, obtenible comercialmente. El horno debe programarse de 60° a 350° C con una proporción de mezclado dentro del rango de 4° a 6° C/minuto. Todos los análisis deben efectuarse a la misma proporción, donde sea posible use 5° C/minuto. El sistema de entrada de la muestra, figura 5, consiste de dos válvulas de bola unidas con una conexión, todo de acero inoxidable. Una cámara de vaporización capaz de operar a 350° C y un tubo de vidrio para la muestra, figura 6. Dos columnas cromatográficas de 75 cm x 3 mm x 4.75 mm. de acero inoxidable, conectadas a las cámaras de vaporización y detectores. El sistema de detección está formado por un detector doble de ionización de flama y un amplificador compatible. El detector construido de tal manera que no exista una caída de la temperatura al final de la columna, que sea estable y registre en la carta para un detector de corriente de 10-8 amp. Un registrador eléctrico en concordancia con los detectores y el amplificador, tiene una carta o cubierta de papel, mayor de 20 cm. con una velocidad de 40 cm/ hr. Los controles de flujo del gas acarreador y el gas detector junto con -

la temperatura programada deben darse para una mezcla reproducible de n-parafinas en el rango de C_{12} a C_{42} , donde el tiempo de retención de cualquier tipo en la mezcla no varíe más de 45 segundos. El flujo del gas acarreador debe ser de cerca de 25 ml./min.

2) Materiales: Columna empacada, chromosorb G, malla BS 80-100, lavada con ácido, tratado con dimetilclorosilane y recubierta con 10% en peso de goma silicona. Cuarzo de madera tipo vitreosil. Gas acarreador de helio; gases detectores hidrógeno y aire, n-parafinas requiriendo que cubran un amplio rango de puntos de ebullición, para identificar picos de parafina en la muestra.

3) Preparación de los aparatos:

Empaque.- Añadir el material de empaque en las columnas, en pequeñas cantidades, golpeando de tal forma que se distribuyan uniformemente a lo largo de éstas.

Condiciones de las columnas.- Desconecte las columnas de los detectores y opere a 350°C durante 12 horas con el gas acarreador fluyendo. Mantenga esta temperatura en el horno e inyecte a cada columna 20 ml. de un petróleo crudo medio.

Balance.- Fije el flujo del gas acarreador a 25 ml/min. en ambas columnas en sistema dual. Ajuste el flujo adicional para que los tiempos de retención de una mezcla de n-parafinas sea la misma en las columnas. Elevar la temperatura de la columna a 350°C fijando el amplificador de ionización a la sensibilidad usada para el análisis regular el flujo de hidrógeno para obtener del detector una señal en la carta.

Resolución.- Comprobamos la eficiencia de las columnas cromatográficas en condiciones estándar de 1 ml., de pesos iguales de n-hexadieno y n-octadecano diluido en

a los amplificadores y
carta registradora

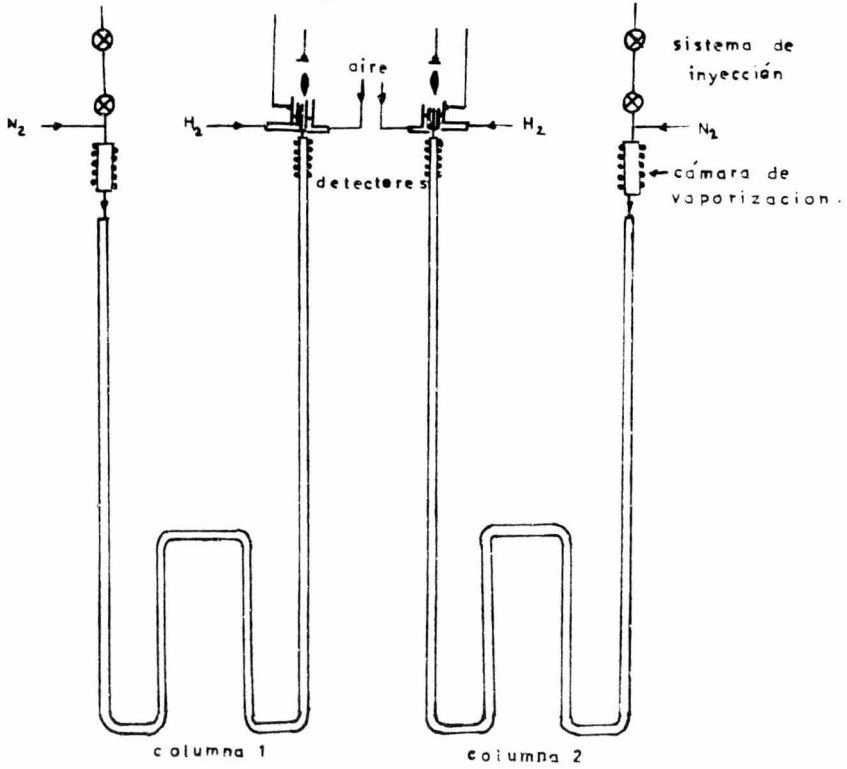


Figura 4. Diagrama de flujo.

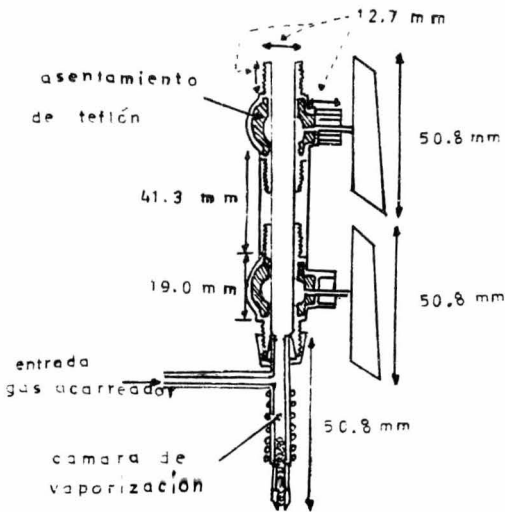


Figura 5. Sistema de entrada.

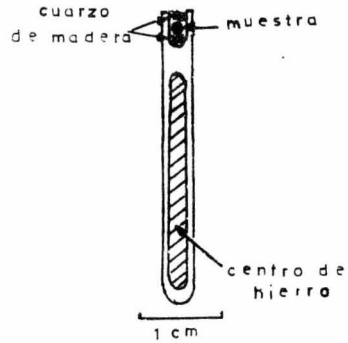


Figura 6. Tubo para muestra

quinze veces su peso combinado en ciclohexano, y con la ecuación 1, donde la resolución de la columna (R) no debe ser menor de 5, usando la figura 7.

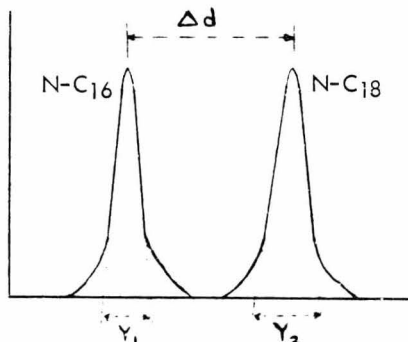
Ecuación 1.

$$R = \frac{2d}{Y_1 + Y_2}$$

d = distancia (mm) entre
picos C₁₆ y C₁₈

Y₁, Y₂ = Anchuras (mm) de los
picos a sus bases

Figura 7



4) Procedimiento: Mantener la temperatura del horno a 60° C por 20 minutos. Pese 3 mg. sobre una pequeña cantidad de cuarzo de madera en el contenedor, además retenga la muestra con una capa adicional de cuarzo de madera. Sin embargo es necesario efectuar un flujo cromatográfico preliminar para determinar el peso correcto de la muestra por la presencia de material no volátil. Coloque el tubo con la muestra en el aparato, primero abierto, por conducto del sistema de inyección abriendo y cerrando sucesivamente las válvulas. En la inyección programe el horno a 5° C/minuto hasta 350° C. Al completar el análisis, separe el tubo de la muestra por las válvulas de bola con un magneto. Después de cada corrida, deje el horno a 350° C; hasta que regrese la aguja - indicadora a menos de 30% de la línea base original. Cada muestra debe ser corrida en ambas columnas usandolas en forma alternativa. El rango de ebullición de la muestra se obtiene comparando los tiempos de retención de los picos predominantes en el cromatograma con las obtenidas para una mezcla conocida de n-prafinas a las mismas condiciones. Cuando no existen picos prominentes en la muestra, en tal caso correlacionamos --

los tiempos de retención de la salida inicial y regreso final o la línea base, con los -- tiempos de retención de una mezcla de n-parafinas corridas a las mismas condiciones.

Un petróleo crudo de referencia debe analizarse periódicamente para comprobar - el buen funcionamiento del aparato, requiriendo reemplazo de las columnas por el dete_ rioro con el uso.

5) Interpretación del cromatograma: Un cromatograma consiste de un número de - picos, los cuales representa a muchos componentes, colocados sobre una carta, separa_ dos incompletamente. Generalmente los picos prominentes son debidos a n-parafinas.

Fig. 8.

Los rangos más importantes en la clasificación de las muestras son:

El rango de ebullición de la muestra. La presencia o ausencia de n-parafinas y - componentes característicos. Evidencia de fraccionamiento y mezclado. (9, 14, 16, 17)

III.- Determinación de vanadio y níquel en productos del petróleo.

El método es aplicado para la determinación de los contenidos de vanadio y níquel abajo de 10 ppm. y 1 ppm. respectivamente de petróleos crudos, combustóleos y sus -- residuos.

1) Aparatos: Mufla eléctrica con una temperatura de $550^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$. Espectro- fotómetro con celdas de 1 cm, en la región de 405 mm. y 450 mm. Plato de encendido de platino de 100 ml. Tenazas para crisol de puntas de platino. Matraces de 50 y 100 - ml. Limpiar los artículos de vidrio y platino antes de usarlos, con 10% de ácido nítrico y enjuague con agua destilada.

2) Reactivos: Agua destilada. Azufre elemental conteniendo menos de 10 ppm. -

de cenizas. Acido sulfúrico (10%), 10 ml. Acido sulfúrico con 90 ml. de agua. Acido sulfúrico (60%). Acido fosfórico (1 : 2), un volúmen de ácido ortofosfórico concentrado con dos de agua. Tungstato de sodio (165g/ litro), disolver 16.5g. de tungstato de sodio dehidratado en agua caliente, filtrar y diluír a 100 ml. con agua. Acido nítrico concentrado. Acido nítrico (10%). Solución estándar de vanadio, (1 ml. \equiv 1.0 mg. V) disolver 0.579 g. de metavanadato de amonio en 40 ml. de ácido nítrico (10%) y diluya a 250 ml. con agua matraz aforado. Solución estándar de vanadio (1 ml \equiv 0.1 mg. V), 25 ml. de solución estándar de vanadio (1 ml \equiv 1.0 mg. V) afore a 250 ml. con agua. Hidróxido de amonio (grav. esp. 0.88). Solución de citrato de amonio; añadir a 500 ml. de hidróxido de amonio, 500 g. de ácido cítrico, disolver y diluír a un litro con agua aforando. Yoduro de potasio. Solución de yodo; disolver 20 g. de yoduro de potasio en 30 o 40 ml. de agua en un frasco cerrado de 1 litro, pesar 12.7 g. de yodo sublimado en vidrio de reloj y por medio de un túnel seco transfíeralo a la solución concentrada de yoduro de potasio, agite en frío hasta disolver a la temperatura ambiental y afore con agua hasta la marca. Solución amoniacal dimetil glioxima, disolver 1 g. de dimetilglioxima en 500 ml. de hidróxido de amonio y diluya a 1 litro con agua. Solución estándar de níquel (1 ml. \equiv 0.1mg. Ni); disolver 0.1 g. de metal puro en 10 ml. de ácido nítrico concentrado, afore a 1 litro con agua. Solución estándar de níquel - (1 ml \equiv 0.1 mg. Ni), 10 ml. de la solución anterior, diluya a 100 ml. con agua.

3) Muestra: Usar suficiente muestra que contenga de 7 mg. de vanadio y 2 mg. de níquel, un exceso, como de 30 g. presenta dificultades en el calcinado.

4) Calibración: a) Contenido de vanadio i) Pipetee en vasos de 100 ml. porciones separadas de 2.0, 4.0, 7.0, 10.0 y 15.0 ml. de solución estándar de vanadio --

(1 ml. \equiv 0.1 mg V); diluir con 30 ml. aproximadamente, añadiendo, 2 ml. de ácido sulfúrico (60%), 3 ml. de ácido nítrico y 5 ml. de ácido fosfórico (1 ; 2). Caliente durante 1 minuto para eliminar los óxidos de nitrógeno, enfríe, agregue 2.5 ml. de solución de tungstato de sodio y caliente a ebullición por 15 segundos. Enfríe a la temperatura ambiente. Transferir a un matraz de 50 ml. y aforar a volúmen con agua. ii) Prepare una solución de referencia repitiendo el procedimiento anterior pero omitiendo la solución de vanadio. iii) Transferir porciones de las soluciones de referencia en las celdas de absorción (1 cm) midiendo a 405 nm. frente a la densidad óptica del agua - del color desarrollado (iv) Reste la lectura de la referencia, de las obtenidas en las soluciones estándar y construya una gráfica de calibración de densidad óptica y miligramos de vanadio en 50 ml. de solución. v) Construya una gráfica de concentraciones -- bajas de vanadio repitiendo el procedimiento usando celdas de absorción de 4 cm. y volúmenes de 0.5, 1.0, 2.0, 3.0 y 4.0 ml. de solución estándar de vanadio (1 ml. \equiv 0.1 mg .V). Si existe un contenido de hierro de 20 veces mayor que de vanadio, evítamos - la interferencia midiendo la densidad óptica a 436 nm.

b) Contenido de níquel. i) Pipetee en matraces de 100 ml. separadamente 0.5, - 1.0, 2.0, 3.0, y 4.0 ml. de solución estándar de níquel (1ml \equiv 0.1 mg. Ni); agregue 10 ml. de solución de citrato de amonio, 35 ml. de agua, 5 ml. de solución de yodo y 20 ml. de solución de dimetilglioxima aforando a la marca con agua. ii) Prepare una - solución de referencia repitiendo el procedimiento anterior pero omitiendo la solución de níquel. iii) Transfiera porciones de las soluciones de referencia en celdas de absorción de 1 cm. y midiendo a 440 nm., frente a la densidad óptica de agua del color desarrollado. Los cálculos se harán durante 5-10 minutos después de desarrollado el color,

ya que no es estable por más de 20 minutos iv) Reste la lectura de la referencia de los - obtenidos para soluciones estándar y construya una gráfica de calibración de densidad óptica v miligramos de níquel en 100 ml. de solución. V) construya una gráfica de calibración para concentraciones bajas de níquel repitiendo el procedimiento anterior con celdas de absorción de 4 cm. y 2.0, 4.0, 6.0, 8.0 y 10.0 ml, volúmenes de la solución estándar de níquel (1 ml. \cong 0.01 mg. Ni).

5) Procedimiento: Cenizas.- Pese la muestra (inciso 3) en un plato de platino limpio y encendido previamente, añada la décima parte del peso de la muestra de azufre. Ponga el plato sobre un triángulo de silicio y caliente suavemente con un mechero en una cámara de vapor hasta que los contenidos se inflamen, quemándose rápidamente. Retire - el mechero permitiendo que el petróleo se queme, al extinguirse la flama, re-inflame con el mechero, si es necesario caliente suavemente hasta cesar el calcinado. Elimine la materia carbonosa del plato en una mufla a 550° C con la puerta ligeramente entreabierta, - hasta que permanezca en el plato sólo una pequeña cantidad de carbón. Enfríe a la temperatura ambiente en un desecador. Trate las cenizas con 2 ml. de ácido sulfúrico (10%) y 10 ml. de agua. Caliente suavemente en un plato, hasta, disolución completa de toda la ceniza. Enfríe a la temperatura ambiental. Transfiera la solución a un matraz aforado de 100 ml, enjuague con cuidado el plato, diluir la solución a volumen con agua. Prepare - una solución de referencia repitiendo el procedimiento, excluyendo la muestra.

Contenido de vanadio.- Pipetee 10 ml. de la solución preparada en un vaso y desarrolle el color como describimos en 4. Mida la densidad óptica de la muestra y soluciones de referencia a 405 nm. Convierta las mediciones de densidad óptica en miligramos de

vanadio (50 ml.) por medio de una calibración apropiada de la gráfica. Contenido de níquel.- Pipetee 10 ml. de la solución preparada en un matraz de 100 ml. y desarrolle el color descrito en 4. Mida la densidad óptica de la muestra y soluciones de referencia a 440 nm. Convierta la densidad óptica en miligramos de níquel (en 100 ml.) por medio de una calibración apropiada de la gráfica.

6) Cálculo de resultados.

Contenido de vanadio.- Por la fórmula:

$$\text{ppm, vanadio} = \frac{(M - B) \times 10^4}{W}$$

M= Vanadio presente en la solución correspondiendo a la densidad óptica medida, mg.

B = Vanadio presente en la solución de referencia, mg.

W= Peso de la muestra, g.

Contenido de níquel.

$$\text{ppm, níquel} = \frac{(M - B) \times 10^4}{W}$$

M= Níquel presente en la solución correspondiendo a la densidad óptica medida, mg.

B = Níquel presente en la solución de referencia, mg.

W= Peso de la muestra, g. (9, 16)

IV- Contenido de cera de productos del petróleo.

El método es aplicable a productos del petróleo, asfálticos y no - asfálticos.

1) Aparatos: Matraz erlenmeyer de 250 ml. Matraces redondos 2 de fondo plano, con una conexión especial de vidrio en el cuello de 150 ml. Condensador para fijar el matraz de fondo redondo. Embudo de separación para 250 ml. Embudos de filtración de vidrio para 30 ml., con filtros de vidrio sintetizado, 6/7 mm. de espesor del disco. Ba

ño de enfriamiento especial para el contacto directo entre los embudos y la inmersión de los matraces (figura 9). Termómetros.

2) Reactivos: Eter de petróleo 60/80 espíritu de petróleo, fraccionado a 70° C - punto final. Acido sulfúrico, concentrado, 95-96% por peso. Hidróxido de amonio -- O.IN. Fenofaleina. Cloruro de metileno, puro y seco. Acetona, secada sobre sulfato de sodio anhidro.

3) Procedimiento: a.- Productos libres de asfalto.- Limpie el frasco redondo de fondo plano de 150 ml. séquelo en un horno a 105° C por 15 minutos, enfríe en un desecador por una hora y pésele. Pesar en el frasco una cantidad de muestra de 1 g. que dará aproximadamente 0.1 g. de cera y proceda en (C). b.- Productos conteniendo sustancias asfálticas.- Proceda con el matraz de 150 ml. como en (a). Pesar 1 g. de la muestra lo más próximo a 0.01 g. en el matraz erlenmeyer de 250 ml. Añadir 50 ml. de eter de petróleo a los contenidos del matraz y con cuidado caliente; asegurando una solución completa de la mezcla. Agregar 2 ml. de ácido sulfúrico o más si es necesario para la eliminación completa. Agite vigorosamente. Caliente la mezcla con agitación continua sobre un plato eléctrico de calentamiento u otra fuente de calor, tan caliente como sea posible sin pérdida de éter de petróleo. El ácido alquitranoso tenderá a adherirse a las paredes del frasco. Deje asentar la solución por 2-3 horas, después, decante el líquido claro libre de asfaltos en el embudo de separación. Lavar varias veces el líquido alquitranoso con éter de petróleo caliente, añadiendo los lavados a los contenidos del embudo. Lavar la solución de éter de petróleo en el embudo, con 50 ml. de agua destilada caliente, permita el asentamiento, separe el agua. Lavar la solución de éter de petróleo con 10-15 ml. de solución de hidróxido de amonio O.IN, finalmente, con va-

rias cantidades de un total de 50 ml. de agua destilada caliente, hasta no dar coloración el agua separada al añadir gotas de fonolftaleína. Evite durante la separación, - la formación de emulsiones, con movimientos giratorios.

Transferir la solución neutralizada de éter de petróleo del embudo al matraz de 150 ml. con la conexión, previamente secado y pesado. Lavar el embudo 2 o 3 veces con pequeñas cantidades de eter de petróleo caliente añadiendo los lavados al matraz. Conecte el condensador al matraz redondo de fondo plano y destile el éter de petróleo en un baño de agua. Mientras esté caliente el frasco, purifique con nitrógeno para - eliminar las últimas trazas de eter, prosiga en (c). C.- Estimación del contenido de - cera; disolver la muestra obtenida de (a) y (b) sobre cloruro de metileno caliente, 10 ml., por cada gramo de muestra tomada, o 15 ml. si contiene una gran proporción de cera. Cuando la muestra sea sólida, debe derretirse antes de la adición del cloruro - de metileno o calentar a reflujo para disolver.

Sumergir el frasco en baño de enfriamiento a 30° F, enfriar los contenidos a -25° F durante 30 minutos, agitando con frecuencia. Separar la cera precipitada por filtración a través del filtro de vidrio frío con succión, tomar con cuidado el filtrado. Prevenga - la condensación de humedad en el embudo durante el enfriamiento con una tapa. El nivel de la mezcla en el embudo no deberá ser tan alto como el del medio enfriante, filtrar todo en contenidos, lavando el termómetro y filtro con un poco de cloruro de metileno a - 25° F, hasta que, la cera adherida esté libre de aceite. Lavar la cera en el - filtro con cloruro de metileno a - 25° F hasta obtener la cera blanca o ligeramente amarilla de materiales residuales y el filtrado colorido. Manteniendo el volúmen de los la-

vados al mínimo (30 - 35 ml.) Durante el lavado, conservar la cera cubierta con líquido, de otro modo la cera se comprimirá produciendo grietas, imposibilitando eliminar todo el petróleo. Retire el enfriamiento hasta obtener la temperatura ambiente. Disolver la cera en el filtro al frasco con éter de petróleo caliente, disolverse, elimine el éter por destilación o un baño de agua.

Purificar el frasco con nitrógeno para eliminar las últimas trazas de éter, añadir un poco de acetona anhidra para facilitar la eliminación del agua presente. Secar el frasco y cera residual en un horno a 105° C, enfriar en el desecador por 1 hora, pesar.

Cálculo y reporte: El porcentaje de cera en la muestra original se obtiene:

$$\text{Porcentaje de cera} = \frac{w}{W} \times 100$$

w = Peso de la cera obtenida a - 25° F, g.

W= Peso de la muestra original, g.

Se mide el punto de congelación de la cera los resultados dependen de la concentración original. (9, 16).

Por medio de los métodos descritos, podemos clasificar e identificar el tipo y origen del contaminante. Recuperamos si es necesario el petróleo del agua u otro material. Con la cromatografía obtenemos una "impresión digital" del contaminante, es recomendado como el más útil de los métodos para un exámen relativamente rápido, puesto que no requiere un pre-tratamiento la muestra, además, unos pocos miligramos de muestra son suficientes para una identificación satisfactoria, el aparato requerido con algunas modificaciones se encuentra en muchos laboratorios. El cromatograma elimina un número consi-

derable de posibilidades, mostrando si es una mezcla de dos o más productos por medio de comparación directa con las distribuciones n-parafina obtenidas de experiencias anteriores. Los resultados no son alterados por una exposición natural.

Aplicando otros métodos complementarios, será suficiente para identificar la fuente. Como son el cálculo de los contenidos de vanadio y níquel que no se alteran por una exposición prolongada. Estos contenidos varían grandemente en los diversos crudos, lo cual resulta conveniente para conocer el área geográfica de procedencia. Lo mismo es aplicable a los resultados obtenidos con los porcentajes de cera, partiendo del cálculo de puntos de fusión y solidificación. Con los datos obtenidos, comparamos en tablas existentes, de donde, producirá suficiente información para una identificación positiva. (9, 14)

Otras técnicas.

Existe una gran cantidad de técnicas, consideradas como complementarias unas de otras, una alternativa o confirmación adicional. La combinación de los métodos depende principalmente de las facilidades, costos justificados, naturaleza y tamaño de la muestra. La selección del método más conveniente se hace de acuerdo a los medios con que se cuenta, entre los cuales tenemos:

Espectroscopia infra - roja.- La técnica se cuantifica por la comparación de las proporciones de absorbancia a una longitud de onda; el método causa alteraciones en el efecto de transmisión infra - roja debido a la evaporación selectiva del material de bajo peso molecular, motivando pérdidas en evaporación, no ocurre en fracciones que ebullen a 250°C. También sufre cambios en el espectro por la oxidación. El método es usado como una confirmación complementaria de otras técnicas.

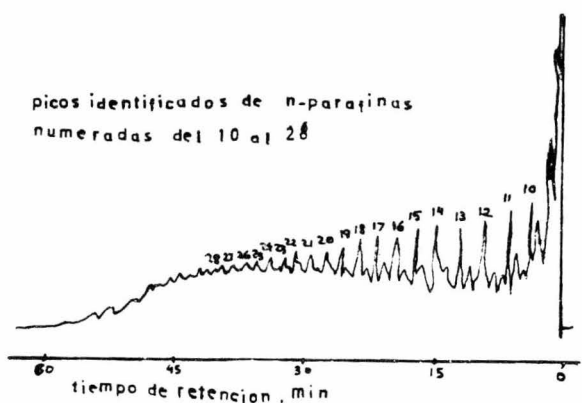


FIGURA 8. CROMATOGRAMA DE PETROLEO CRUDO PARAFINICO TIPICO (DESCONOCIDO)

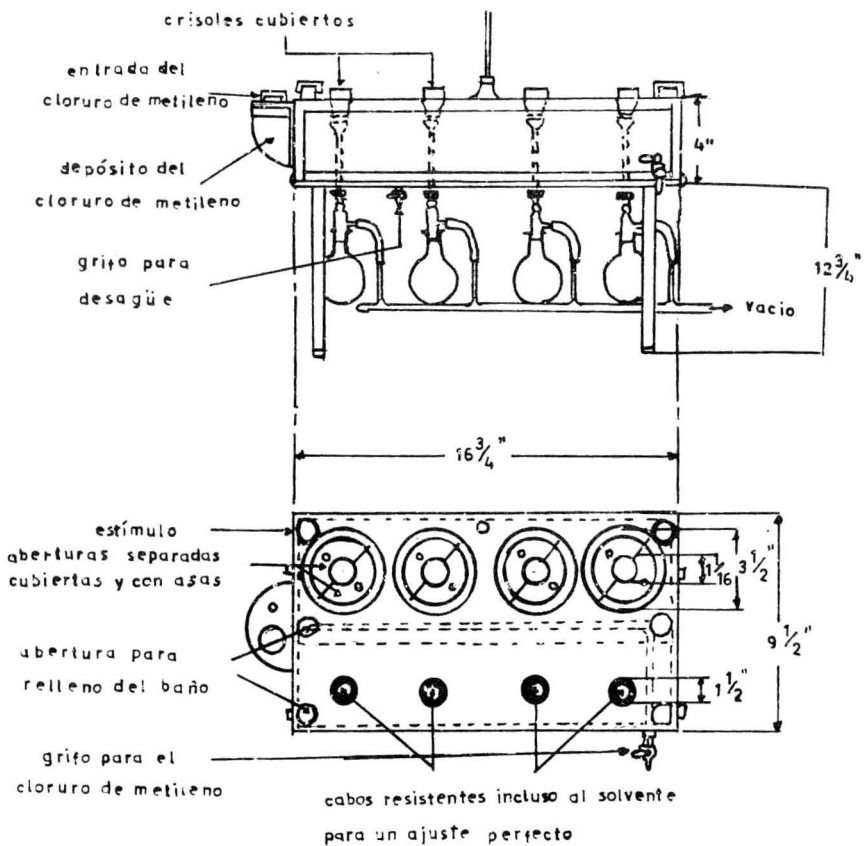


FIGURA 9. BAÑO DE ENFRIAMIENTO PARA LA DETERMINACION DEL CONTENIDO DE CERA.

Espectroscopia fluorescente ultra violeta.- Disuelta la muestra en ciclohexano a una concentración de mezcla dada, dando un espectro de emisión a diferentes longitudes de onda, construyendo con ésto un esquema de intensidades iguales de fluorescencia y la comparación de gráficas por diferenciación. A diferentes concentraciones hacemos lo mismo, con gráficas de longitud de onda contra intensidad de luminiscencia resulta un método prometedor.

Técnicas cromatográficas.- Durante muchos años se han usado diversas técnicas cromatográficas en el estudio del petróleo, pero muy poco en trabajos de contaminación. Uno de los cuales utiliza columnas de gel de sílice seguido de un exámen por espectroscopia. Existen otras técnicas, obteniendo "impresiones digitales" de perfiles n-parafina con mejor resultado en columnas capilares en lugar de empacadas.

Análisis de trazas de elementos.- Todos los petróleos crudos y combustóleos contienen un número considerable de trazas de elementos metálicos aparte de níquel y vanadio, en diversas proporciones desde fracciones de una parte por millón a cientos de partes por fracción. Los métodos desde los más económicos a los más costosos son: Químico/colorímetro; adsorción atómica y espectroscopia fluorescente atómica; Espectroscopia fluorescente rayos X; espectroscópico de emisión; análisis de activación del neutrón.

Otros.- Espectrometría de masa de alta-resolución. Resonancia magnética nuclear del carbono-13. Proporciones de isótopos de azufre y carbono. Espectroscopia de microonda.

Rotulado artificial del petróleo crudo y combustóleo.- Técnicamente es factible

marcar el petróleo artificialmente para saber de donde proviene en caso de contaminación. Aunque es de dudar, poderlo aplicar en todas las embarcaciones del mundo.

El criterio general para un sistema ideal de rotulado es:

- 1.-Los rotulados deben ser obtenidos con facilidad y economía.
- 2.-Seguros y no tóxicos a la vida humana o animal, especialmente la marina.
- 3.-Tener un "tiempo base" en su constitución para determinar su edad y origen de la muestra.
- 4.-El rotulado no debe afectar los procesos del petróleo crudo y ser destruido completamente por éstos en la refinería, para que posteriormente no sea culpado por incidentes de los cuales son inocentes.
- 5.-Los rotulados necesitan ser identificables fácilmente a concentraciones muy bajas por métodos analíticos simples y rápidos, por escasez de personal experto en muchos puertos de carga.
- 6.-No eliminarse el rotulado por exposiciones naturales, químicas y físicas o degradación biológica.
- 7.-Los rotulados deben mezclarse fácilmente con el petróleo, de lo contrario presentaría dificultades con el equipo.
- 8.-Poder identificar rotulados individuales en una mezcla de rotulados.

Las trazas del metal que contienen los petróleos pueden determinarse por uno de los métodos descritos anteriormente, satisfacen los puntos 1, 5, 7, 6 pero no los 2, 4, 8.

Trazas de captura de electrón.- El detector de captura de electrón es una celda de ionización usada en cromatografía. Tiene una baja respuesta para hidrocarburos pa

rafínicos y aromáticos, pero una alta sensibilidad en ciertos compuestos orgánicos en particular halogenados. Satisface los criterios 1, 2, 5, 7 pero no el resto 4, 6, 8.

Trazas particulares.- Adición de ciertos materiales, vistos únicamente bajo microscopio, como microesferas de celulosa, poliestireno y resinas fenólicas de 1 a 5 micrones, satisface 1, 2, 4, 5, 6; causa dificultades en 7 y 8.

El rotulado de la carga, no es factible aplicarlo puesto que todos los métodos tienen ciertas limitaciones y el reconocimiento internacional. Es de esperar que las técnicas sean mejoradas en lo futuro por contribución de la industria petrolera, como resultado de experiencias en los laboratorios. (Ref. 9, 13, 14, 17, 18).

CAPITULO V

ACCIONES CONTRA LA CONTAMINACION

La contaminación petrolera sobre el mar, según hemos visto proviene de una gran diversidad de fuentes. Las acciones tendientes a evitar que el petróleo represente un perjuicio al ecosistema marino, deben alcanzar todos los niveles y lugares donde exista un peligro potencial de incidentes.

Operaciones con lastre y aguas de lavado en buques-tanque.

La mayor fuente contaminante, hasta que se introdujo el sistema carga al tope, fue la descarga de lastre aceitoso en el mar. Todos los barcos, aún los de carga seca y pasajeros, cuando no llevan carga son lastrados con agua del mar para obtener estabilidad adecuada. El espacio más conveniente se encuentra cerca del depósito de combustible y, el agua puede contaminarse. En los buques-tanque es requerido un mayor lastre; alterándose la estabilidad por la descarga, se evitan daños, repartiendo el peso en forma proporcional y mantener el nivel de flotabilidad. Esto se logra bombeando agua a los compartimientos vacíos de carga, esta variará dependiendo de las condiciones climatológicas del mar. La mayoría requiere entre un tercio y la mitad de su capacidad. Esto implica que antes de llegar a su destino, el buque debe limpiar sus tanques y volver a lastrar con agua limpia, dando por resultado la descarga al mar de agua contaminada.

El sistema carga al tope es considerado como el más eficaz para reducir al mínimo la contaminación proveniente de buques-tanque.

En este sistema los tanques vacíos son lavados con chorros a alta presión de agua

del mar, durante el viaje. El agua del lavado con los residuos acumulados son transferidos a un tanque. Posteriormente se llenan los tanques limpios con agua de mar clara como lastre. Figura 10.

Al reposar el agua acumulada de los lavados, puede descargarse en forma controlada la capa de agua limpia que se deposita en el fondo del tanque, evitando descargar la capa aceitosa. El control puede ser por medios visuales.

Dando calor por conducto de serpentín se precipita la separación del petróleo o, con la adición de un emulsificador. Después por medio de una decantación separamos la parte más limpia de los lavados. Una decantación final de la interfase petróleo/agua localizada cerca del fondo del tanque se efectúa con un detector simple como se muestra en la figura 11. Es importante contar con un operador eficiente del detector para evitar descargar concentraciones altas de petróleo.

El sistema carga al tope puede efectuarse sin instrumentación debido a que el movimiento del buque y la variación de los contenidos de petróleo, afectan al decantado, resultando algunas veces imposible separarlo. No obstante, aún no existen medidores satisfactorios por la suciedad presente y requerir una calibración especial según el contenido de residuos, además de resultar un proceso lento. El uso de separadores implica una operación difícil, por lo tanto, se recomienda la separación por gravedad.

El petróleo residual según sean las situaciones específicas puede ser depositado en la terminal y enviado posteriormente o mezclarse con la carga.

El sistema Carga al tope elimina la liberación de contaminantes en cualquier parte

del mar, aún en zonas permitidas de descarga. El proceso es lento y requiere de horas extras para la tripulación, su introducción en algunos buques requiere de costo adicional por la modificación de la tubería e instalación de serpentín para calentamiento. Tal sistema no es aconsejable para el transporte a distancias cortas por requerir un tiempo razonable de asentamiento, y para lugares donde se produzca agitación del mar. Es recomendable en tales casos, adoptar facilidades costeras para la recepción de los buques y tratamiento del lastre.

En buques que transportan productos refinados no es aplicable el sistema debido a la sal del agua que puede introducirse en la carga. (9, 10, 19)

Contaminación en las refinerías.

Un método eficaz para combatir la contaminación de las refinerías se obtiene mejorando los procesos, para evitar la liberación de gran cantidad de desechos. La forma usual para prevenir fugas de petróleo, involucra sistemas de drenaje y colección, más separadores de petróleo tipo gravedad de suficiente capacidad para eliminar petróleo y sedimentos en aguas de desecho. Los separadores principales deberán estar abastecidos de separadores auxiliares, localizados en puntos estratégicos. Tal arreglo permite coleccionar el petróleo en el puesto de origen y prevenir su entrada en el separador principal. Al mismo tiempo actúa como salvaguardia del efluente.

Las refinerías antiguas, no cuentan con sistemas de drenaje eficiente, y recolectan las aguas libres de petróleo con las que intervienen en los procesos, contaminándolas. Una nueva refinería deberá localizarse en zonas que facilite la construcción y operación, de un sistema completo de drenaje, separando el agua que interviene en los di-

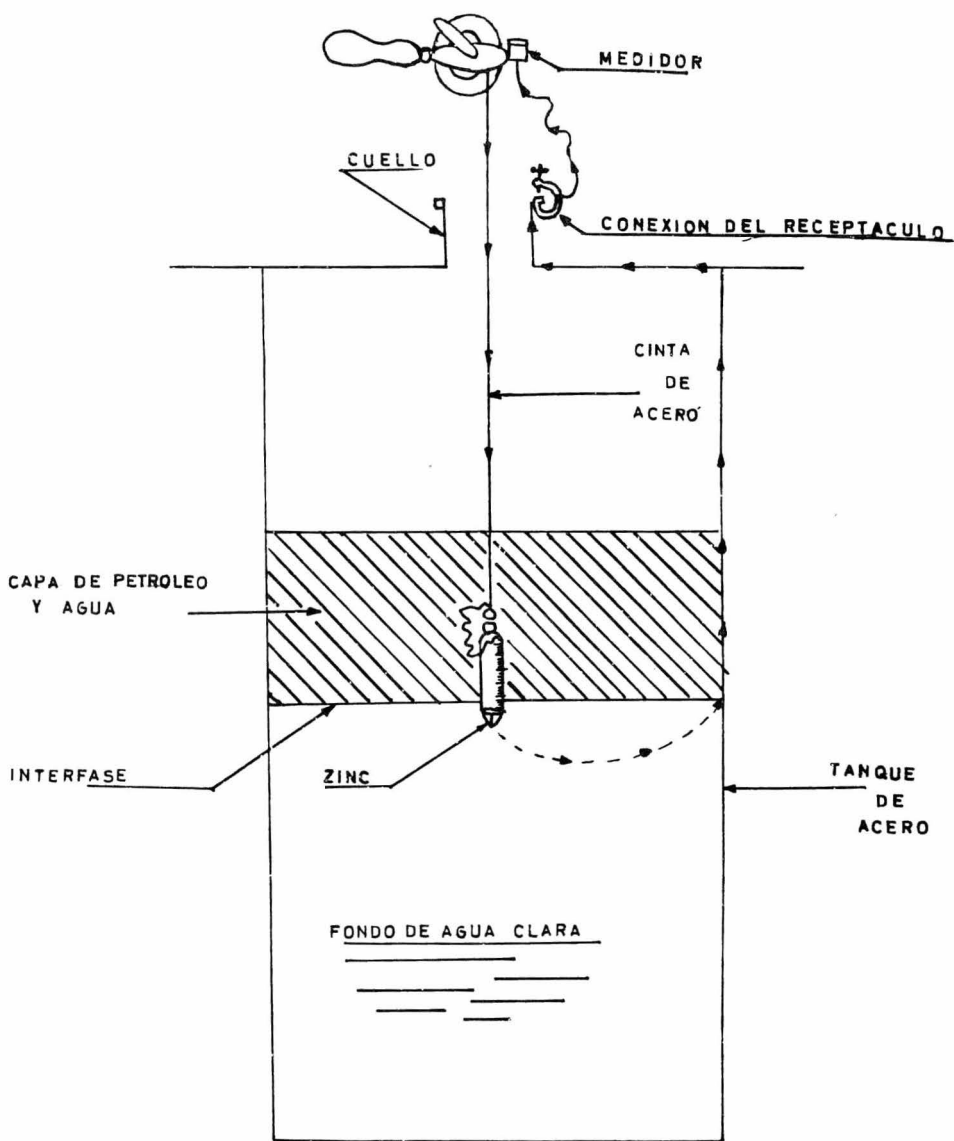
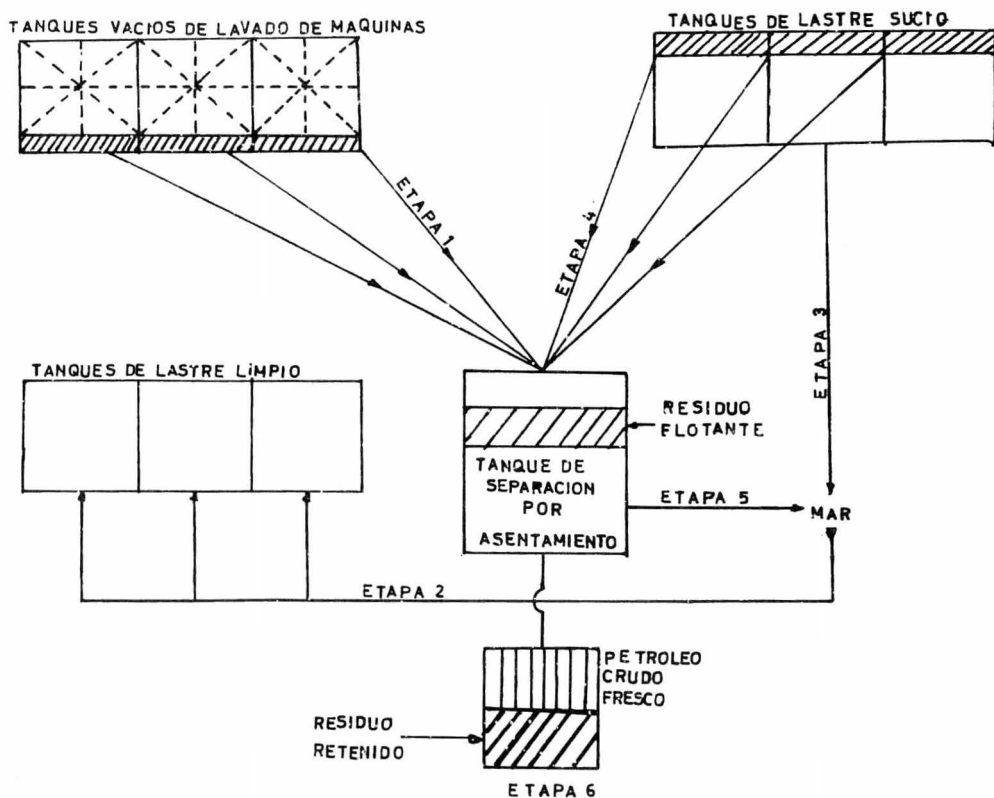


FIGURA 10. DETECTOR DE INTERFASE PETROLEO / AGUA.

DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACION DE CARGA AL TOPE



ETAPA 1 .LAVADO DE TANQUES A TANQUE DE SEPARACION .

ETAPA 2 .AGUA DE MAR LIMPIA BOMBEADA EN TANQUES LIMPIOS .

ETAPA 3 . LASTRE LIMPIO DE TANQUES DE LASTRE SUCIO BOMBEADO AL MAR .

ETAPA 4 .CAPA DE PETROLEO DE TANQUES DE LASTRE SUCIO BOMBEADO ATANQUES DE SEPARACION .

ETAPA 5 . AGUA LIMPIA DECANTADA DE TANQUES DE SEPARACION .

ETAPA 6 . PETROLEO CRUDO FRESCO CARGADO AL TOPE CON RESIDUO .

FIGURA 11 .

ferentes procesos. Cuidando que no produzca turbulencia, ni el contaminar agua que esté libre de petróleo y conducirla a separadores petróleo-agua. Minimizar la agitación y emulsificación por el bombeo u otro medio. La refinería contará además, con diagramas detallados del sistema de drenaje, separadores, etc., así como los cambios o --adiciones realizadas.

Enviar el agua turbulenta en cámaras de sedimentación y provistas de conexiones cerradas al sistema de drenaje, son medidas acertadas. Lo mismo, sellar cada punto de -- posible contacto entre agua de desecho por proceso y enfriamiento con agua libre de petróleo. Colocar trampas o depósitos para contener volúmenes de sedimentación, contar -- con tapas y aberturas para un rápido acceso. Sistemas de seguridad contra explosiones. Tener en cada albañal un separador y limpiar los drenajes superficiales de petróleo cuando sea requerido. Resulta poco ccsteable, rediseñar o construir tales dispositivos en refinerías antiguas. Sin embargo, pueden hacerse estudios, aplicar algunas revisiones y adiciones para un mejor manejo de las aguas de desecho.

Reduciendo el uso de agua para enfriamiento se evita la liberación de gran canti--dad de agua contaminada, esto se logra aplicando aire como enfriante para los procesos y usando únicamente agua en aquellos productos que tienen que ser enfriados a temperatu--ras ambientales. El costo de purificación de efluentes, la necesidad creciente del agua, --son un incentivo para limitar el uso de procesos con agua o la sustitución de tales procesos por otros donde no sean requeridos grandes volúmenes de agua. El agua de enfriamiento está expuesta a contaminarse debido a fugas, resulta difícil prevenir tal contamina ---ción. Si esta ocurre, la mayor parte puede retenerse en separadores por gravedad. Lo --

mismo es aconsejable para destilados en una torre. Para prevenir altas concentraciones de sal en refinerías costeras, se añade agua pura.

Otro sistema para eliminar petróleo o sólidos, es por medio de floculación, acompañada por la adición de sales de aluminio y férricas. La sal precipita como un floculo de hidróxido donde los sólidos y el petróleo son atrapados por la malla formada, controlando el ph. El floculo es aglutinado por agitación suave y circulación, hasta obtener un tamaño estable. Estos, con la sedimentación pasan a un clarificador circular.

Existe un método para eliminar la materia suspendida. Llamado flotación de aire, el aire se introduce en el efluente a una presión de 2-4 atmósferas, justo antes de entrar al tanque de flotación se libera la presión, con la cual, las diminutas burbujas formadas absorben al petróleo y sólidos suspendidos. La espuma es desnatada. El proceso clarifica al efluente pero reduce la demanda de oxígeno. Este proceso es combinado frecuentemente con la floculación química.

Una purificación biológica es efectuada para dar otra apariencia y sabor a el agua. Los tres principales procesos aplicados son:

1.- Estanques de bio-oxidación, utiliza oxígeno de la atmósfera más oxígeno producido de biosíntesis a una temperatura de 15°C y una profundidad de 0.5 a 1 metro y un tiempo de retención de varios días. Tales estanques requieren una gran área, y si se cuenta con ésta, resulta el método más barato. Añadiendo aire extra con cepillos rotantes o turbinas dando un tiempo de retención de dos o tres días.

2.- Unidades de fango activados: Consiste de un tanque de aereación conteniendo microorganismos activados y el fango activado, introduciendo aire por cepillos rotantes

o turbinas sobre la superficie. El fango es separado en un tanque fijo, parte de él es drenado y la otra vuelve a ser alimentada al tanque. La aereación y adición de fango puede ser aplicado por etapas.

3.- Filtración por goteo; tal sistema es la concentración de microorganismos como una capa de limo sobre un lecho de piedras coke, o material plástico, en un tanque de concreto abierto de fondo perforado. El líquido es vaciado en él por un distribuidor. - La materia orgánica es absorbida por la masa viscosa suministrando aire de abajo hacia arriba, parte de masa activa se filtra en el líquido y asienta en el tanque. Algo del petróleo es absorbido y eliminado junto con el fango.

Una refinería debe cuidar el manejo y desecho de fango. Esto es logrado, asentándolo en el tanque, por medio de agitación mecánica ligera y centrifugado o por filtración añadiendo betumen.

El desecho puede ser quemado, enterrado, o tratado para una digestión anaeróbica.

Resulta difícil calcular la erogación que se hará para tratar los desechos, puesto que depende del proceso a usar y la cantidad de material tratado. (9, 10).

Contaminación por tuberías que manejan petróleo.

La tubería utilizada por la industria petrolera es ageneralmente de acero y otros materiales como aluminio. La de acero al enterrarse requiere de una protección anticorrosiva, usualmente de resinas epoxy o protección catódica.

Para que una instalación de tal naturaleza sea eficiente, aparte de los diseños y -

especificaciones, deben efectuarse cálculos especiales en presiones, fuerzas tensoriales, fuerzas térmicas, grosor, resistencia microbiológica, etc. Deberá contar con un número adecuado de inspectores y personal especializado, para realizar pruebas de operación, - checar la tubería e instrumentación para evitar fugas, así como efectuar trabajos necesarios.

La protección catódica, consiste de una diferencia de potencial entre el tubo y el terreno, dentro de un rango especificado para prevenir la corrosión exterior del tubo.

Un accidente puede presentarse, aún con todas las medidas de protección; debido a una excavación cercana, la presencia de otra tubería y cables de telecomunicación, electricidad, drenajes, etc. A pesar de existir diversos sistemas efectivos de alarma, - un diseño del procedimiento en forma esmerada de la operación rutinaria, resulta el mejor método para evitar tales incidentes. (9, 10)

Contaminación durante almacenaje y distribución.

Una terminal al recibir el suministro de una refinería ya sea por mar, de una tubería, ferrocarril, carretera para un consumo posterior, debe basarse en la eficiencia y seguridad operacional.

La solidez de un tanque es la mejor línea de defensa contra la fuga del volumen almacenado, contando con medidas estándar de diseño, fabricación, montaje, zona de erección, inspección y prueba. Un procedimiento impropio en su operación, constituye el mayor riesgo de derrame. Por lo tanto, debe darse énfasis al entrenamiento de personal, estimación y detector de pérdidas. Cuando se presentan tales incidentes, la

investigación de éstos y su reparación, representan una gran fuente de información.

Los tanques deberán tener un sistema eficiente de cercado, drenaje, interceptores y de su localización, con un sistema adecuado de contaminación entre la entrega y punto de recepción, con dispositivos para un sellado rápido del flujo en una emergencia. El cercado debe retener la capacidad total del tanque más un diez por ciento para evitar el desborde y con un sistema de drenado. Tal sistema se mantendrá en condiciones en forma constante, eliminando la acumulación existente al requerirse, por medios manuales.

El diseño de un interceptor figuras 12 y 13, varía desde una simple cámara, no obstante presenta dificultades en su limpieza, lo ideal es contar con dos cámaras y evitar la presencia de detergentes.

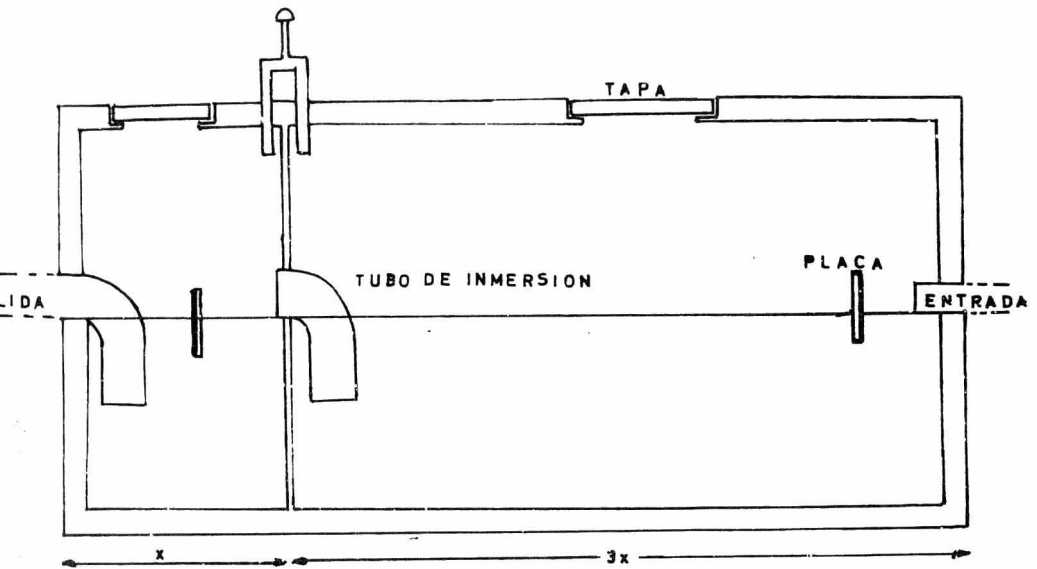
Aplicando una inspección sistemática en la planta y tomando las medidas necesarias para corregir deficiencias, se evitan pérdidas durante el almacenaje y transferencia. Además, constituir personal adiestrado y competente en sus respectivas áreas. Adaptando lo mismo a estaciones de servicio, almacenes de consumo y distribución.

La contaminación proveniente de tales fuentes no representan un porcentaje importante en la contaminación marina. (9, 10)

Contaminación por usos industriales.

En la industria se ha extendido el uso de los derivados del petróleo, en tales, debe evitarse el desecho de los productos en los desagües y minimizar la pérdida de éstos. Para una descarga en los drenajes debe contarse con un permiso especial de las autoridades correspondientes, puesto que tales productos van generalmente en forma de emulsiones.

DESAHOGO DE AIRE



FIGURA,12 ELEVACION SECCIONAL DE UN INTERCEPTOR DE PETROLEO
ADAPTABLE PARA DRENAJE DE AGUA SUPERFICIAL .

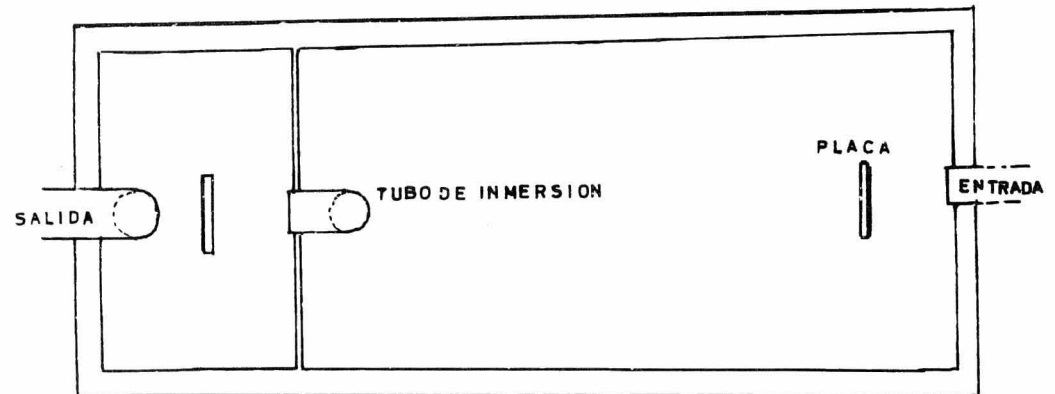


FIGURA.13 PLANO SECCIONAL DE UN INTERCEPTOR DE PETROLEO .

El aceite desechado por la industria debe recogerse y almacenarse y enviarlo para su venta a las refinerías, si esto no es posible se utiliza como combustible. Los aceites que forman emulsiones deben tratarse separadamente. El mar recibe tal contaminación a través de los ríos o descargas directas al mar de las industrias. (8, 9, 10)

Contención del petróleo.

Para evitar que el petróleo se propague en forma amplia se han ideado diversos cercos o barreras. Ya sea para encerrar la mancha y lograr una recuperación posterior, lo mismo para proteger diversas zonas como entradas de ríos, bahías, etc.

Los cercos resultan más eficientes en aguas tranquilas y abrigadas, en aguas con una velocidad considerable de la corriente o del viento no serán satisfactorios. Con un oleaje de 0.5 a 1 metro de altura, rebasa el petróleo cualquier barrera y con la repetición del movimiento saca todo el petróleo del cerco, llegando incluso a sumergir éste. Reduciendo la sección transversal de una corriente con un obstáculo, produce una mayor velocidad del líquido a través de tal sección, originando también fuerzas verticales las cuales desplazan al líquido por debajo de la barrera. Es importante en una barrera, la sección transversal, longitud, perfil, ángulo entre la barrera y la superficie del agua. Puesto que por profunda que sea la barrera o perfecta su concepción, no retendrá el petróleo si la corriente sobrepasa un valor límite (un nudo), en ángulo recto con la barrera ya no se retiene el petróleo.

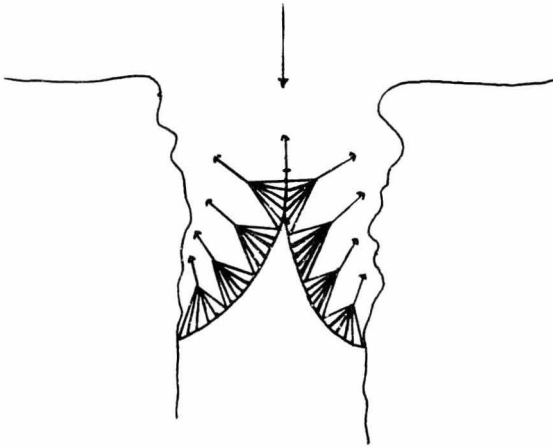
Al proteger un estuario o bahía con un cerco deben tomarse medidas del flujo de la corriente y considerar los puntos de amarre más apropiados para el cerco, calculando además longitud y dimensiones para la retención, a una velocidad de flujo mínima de 0.50 m/

seg., recomendándose una velocidad de remolque de 3 nudos o sea 1.5 m/ seg. Para proteger un estuario del petróleo procedente del mar no conviene colocar la barrera en la parte más estrecha del río, por ser la zona de mayor flujo. Es recomendable colocar las en forma de V figura 14, para desviar la materia flotante hacia los lados de la corriente, éstos son concentrados facilitando su retiro en los extremos. Además se reduce la velocidad en dirección del cerco. Los cercos deben fijarse a las márgenes y asegurado con anclado.

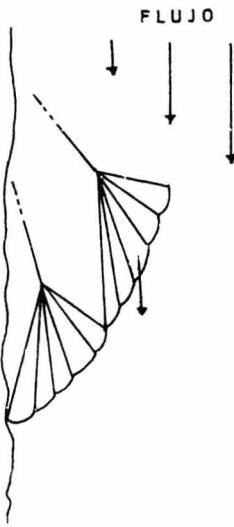
Las barreras varían según el principio, diseño y material: pueden ser de madera, plásticos, telas recubiertas de plástico, de material a prueba de incendios, metálicas, paja, heno, etc. Durante emergencias se usan vigas de madera impregnada con aceite de linaza o pintura, barniz insoluble en aceites minerales para facilitar su limpieza.

Los componentes metálicos estarán en las uniones de secciones de las piezas para dar flexibilidad en las juntas y puntos de amarre y anclaje. Estos serán de metales no ferrosos, aleaciones de acero inoxidable, latón o metales recubiertos. Evitando que contenga una gran proporción de metal para un transporte y almacenaje conveniente, puesto que lo contrario dificulta la instalación rápida y resulta costoso. No obstante resisten los incendios y colisiones, el mantenimiento es alto por su sensibilidad a la corrosión.

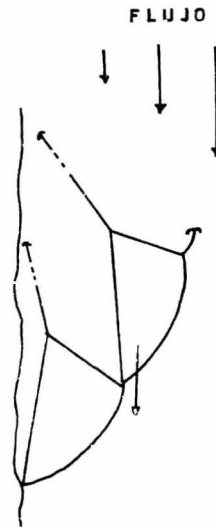
Los materiales plásticos son más aceptados por su flotabilidad, con tela se obtiene mayor resistencia y flexibilidad, para impermeabilizarlas se recubren. Son resistentes a la corrosión e interperie, son ligeras. Tienen limitaciones al incendio, agrietamiento y endurecimiento por la presencia del petróleo. Se usa asbesto como recubri-



CONFIGURACION DE ANCLAJE



A. PUNTOS DE ANCLAJE
CORTOS FORMANDOSE
PEQUEÑOS "PICOS"



B. POCOS PUNTOS DE ANCLAJE,
ANCHOS FORMANDOSE
GRANDES "PICOS"

FIGURA 14. COMPARACION DE CURVATURAS DE BARRERAS DE ANCLAJE
CERRADO O AMPLIO EL ESPACIO.

miento contra los incendios.

Existe una gran variedad de diseños de barreras; si ésta forma un ángulo de 45° con la superficie posee una mayor retención, con el lado obtuso en el sentido de la corriente. Flexibilidad diferente a lo largo por los flotadores, formando polígonos o curvas según la corriente, influyendo también el centro de masas. El punto fijo de amarre también afecta su estabilidad.

Los principales tipos de barreras son:

Barreras mecánicas: Vertederos normales o improvisados, eficientes sólo para detener al petróleo corriente abajo, si el borde del vertedero logra mantenerse a mayor altura que el nivel del agua. Se usan vertederos en vías acuáticas para inhibir el paso del petróleo y para aumentar la profundidad del agua cuando ésta es demasiado escasa para usar barreras u otros sistemas de recuperación.

Barreras flotantes: Formadas básicamente por un faldón u obstrucción continua soportado por flotadores separados o una sección flotante integral. Los primeros son de material ligero o inflable, fijos a la barrera o soportan con cables a los lados, dejando pasar embarcaciones sobre la barrera sin dañarla, volviendo a su posición. Generalmente son de forma cilíndrica tubular que soporta al faldón, con un diámetro de 7.5 a 30 cm. Los compartimientos son llenados frecuentemente con espuma plástica o pequeños compartimientos de plástico sellados o de hule, para evitar perder la flotabilidad por daños y una mejor flexibilidad. Las barreras inflables son llenadas con aire a baja presión, - CO₂ o gases de escape de motores, o con espuma estable líquido/aire, pero requiere un mayor costo.

La profundidad de los faldones es de 15 a 100 cm. Una mayor estabilidad se logra con lastre, contrapesos de metal fijos o una cadena que sirve como anclaje también. La estabilidad vertical se obtiene con faldones semi-rígidos en forma curva.

Para conectar las unidades y lograr una barrera continua se usa el método de "gancho y ojo", ganchos de seguridad, bridas sujetas con tornillos o uniones patentadas con cierre automático. Todas deben guardar un perfil continuo para evitar la formación de remolinos que dejarían pasar al petróleo debajo de la barrera. Además deben dejar que las barreras sean manejables en su operación, almacenaje y transporte.

El cerco debe trasladarse rápidamente por aire al lugar del incidente desde bases situadas estratégicamente. El despliegue será en forma de V con el vértice apuntando en dirección del viento figura 14, maniobrando con un bote y fijando con anclas flotantes, el sistema en dirección del viento, atrapando la capa. Si se tiene un buque varado el cerco debe desplegarse lo más cerca posible y extendiendo otro cerco en la misma posición, repitiéndolo tantas veces como sea necesario. Los cercos al quedar llenos de petróleo deben juntarse formando un círculo, el cual irá derivando lentamente a sotavento, y remolcarse a menos de 1 nudo y anclarlo a la zona de su eliminación.

Barreras neumáticas: Presentan algunas ventajas sobre las flotantes. Se usan para evitar la transferencia de agua contaminada entre puertos y ríos. Están formadas por un compresor que alimenta aire a través de un regulador de presión a un tubo sumergido provisto de chiflones situados a intervalos; el aire de cada chiflón al salir forma un cono invertido de una mezcla de aire-agua con menor densidad que el agua circundante, formando una elevación de la cual fluye agua radialmente, originando una corriente superficial

sustrayendo continuamente de abajo el agua. Se obtendrá una cresta continua en la superficie, fluyendo agua en ambos lados, esta corriente se superpone a las corrientes existentes incluyendo la del viento, resultando el material flotante sujeto a la suma de estas -- fuerzas.

Las barreras de burbujas de aire son efectivas y económicas, recomendándose tener boquillas pequeñas con una reducida presión diferencial.

Barreras químicas: Algunos agentes tensoactivos a base de ácido oleico, ácido esteárico o alcohol etílico forman en el agua capas monomoleculares que detienen el avance de la mancha de petróleo. Tales barreras se ven limitado su uso a bahías o dárcenas, - estos agentes no son efectivos contra el viento y rechazan únicamente capas hasta de 25 mm. de espesor.

El costo de las barreras en estuarios puede variar significativamente de acuerdo a - las condiciones prevaletientes del lugar. (5, 6, 9)

Recuperación del contaminante en el mar.

Eliminación superficial.

Tambores: Pueden ser de acero, plástico reforzado con fibra de vidrio, espuma de poliuretano. El material ligero y menos viscoso puede removerse girando el tambor contra la corriente. Los pesados y viscosos requieren una rotación a favor de la corriente, obteniendo mejores resultados cuando es a baja velocidad y con una enmersión profunda. La superficie debe ser hidrófobo que eleve al petróleo, lo comprima contra la parte sumergida y lo concentra en la parte superior del tambor, o recubriéndolo con espuma de plástico, se com

prime después con un rodillo. Este sistema de desnatado es adaptable a los diferentes tipos de productos y viscosidades, variando el número de revoluciones por minuto. Tiene una sensibilidad al oleaje menor que en las bombas, el petróleo recuperado contiene baja proporción de agua y se evita la formación de emulsiones. La efectividad se mejora combinando diferentes tipos de tambores rotatorios en serie. Evitamos las pérdidas de petróleo, limitando la longitud del recorrido, el paso de otros desechos flotantes bajo el tambor reduce su efectividad.

Discos: Por medio de discos giratorios verticales parcialmente sumergidos que se usa en la aereación de aguas negras, también es aplicable al petróleo. No existen datos de tal sistema, pero se prevee que lo afecta la formación de remolinos entre los discos.

Bandas: Existen dos clases principales; bandas operadas verticalmente a través de la capa de aceite y bandas en movimiento horizontal sobre la capa de petróleo. Las primeras usan plásticos o espumas de plástico. Las segundas espuma de plástico, ya que sólo una parte de la banda está en contacto con la capa de petróleo. El oleaje reduce el tiempo de contacto entre éstas, en las horizontales el tiempo de contacto es mayor y se aumenta la eficiencia con una mayor amplitud. Su uso se ve limitado a superficies acuáticas tranquilas y parcialmente cerradas, como bahías y puertos.

Tolvas: Este sistema se usa generalmente en puertos, consiste de un flotador que arrastra una tolva montada en suspensiones cardánicas. El labio superior de la tolva se mantiene en relación a la superficie del agua durante el oleaje. El petróleo es recogido de la tolva por una bomba que se usa para controlar el gasto. Tal sistema recoge sólo pe-

queñas cantidades de agua.

Bombeo: El petróleo en el mar puede ser bombeado, sobre su superficie o por debajo de ella. La viscosidad limita la cantidad bombeada. Con una fuerte succión se alimenta poco petróleo y la bomba entrega mayor proporción de agua debido a su menor viscosidad. Un bombeo tiene la desventaja de formar emulsiones, al taponarse las líneas y bombas, no absorbe el petróleo viscoso y pesado.

El funcionamiento de la bomba es más sensible al oleaje cuando la bomba es operada en la superficie del agua. Al operar desde embarcaciones, diques o riberas se requiere mayor energía y por lo tanto forma emulsiones. El bombeo puede ser sobre la capa, debajo de ésta o succión horizontal.

Para obtener un bombeo económico debe reducirse la cantidad de agua arrastrada. Evitar la ruptura de la columna de petróleo bombeado y no ser muy sensible a los desechos flotantes. Cuando resulta indispensable bombear petróleo y agua, se requiere de un separador. Las bombas de impelente helicoidal y las de pistón producen menor emulsión. Con diseños especiales de bombas y arreglos de dos bombas se obtiene mayor eficiencia. La succión no es satisfactoria con oleaje mayor de 15 cm. de altura.

Raseras: Embudos invertidos sencillos, conectados con las bombas de succión si el petróleo es bastante espeso, de no ser así, embudos sostenidos por flotadores con dispositivos complicados para un ajuste del borde del embudo a la superficie de contacto y los tambores y discos giratorios adaptados a embarcaciones.

La mayoría de los dispositivos mecánicos empleados para recoger o succionar el pe

tróleo entregan una mezcla petróleo-agua, y pasan a un separador de petróleo-agua. Debe cuidarse que las bombas no rompan la mezcla en gotas finas o emulsión que complican la separación. Se prefiere las bombas de desplazamiento positivo, de movimiento lento en lugar de bombas centrífugas de alta velocidad.

Cinta absorbente: Con petróleos viscosos, se hace pasar una cinta de material oleófilo, el petróleo se adhiere a la cinta y desprendido de la superficie de la misma - ya sea en el bote o en tierra.

El dispositivo se utiliza lo mismo que un tambor; montado en un bote o barcaza, dentro del agua. Al girar el rodillo a la cinta sube el material empapado de petróleo a la embarcación donde un rodillo de presión exprime el petróleo, volviendo a ponerse en contacto la cinta o tambor con el petróleo sobre el agua para absorber otra cantidad de petróleo. Debe existir un suficiente tiempo de contacto para que se adhiera. No existe un material que dure indefinidamente, su vida dependerá del tipo de petróleo tratado y del manejo que se le de. El material más adecuado es de fibras de polipropileno insertadas dentro de tejidos especiales de nylon o polipropileno. La eficiencia de la cinta o tambor no será eficiente si tiene una anchura mayor de dos metros.

Existen diversos dispositivos para recoger el petróleo como una embarcación común que lleve un rastrillo u horquilla modificada, la cual retira objetos flotantes de cualquier tipo y masas de petróleo viscoso. Los dientes pueden cubrirse con láminas metálicas para recoger el petróleo en pequeños gramos, también puede esparcirse material traceado sobre las zonas contaminadas y recoger la masa de material impregnada de petróleo.

Otro método utiliza una red en V atrantada sobre dos flotadores y operando de -

superficie hasta 1 a 1.5 m. de profundidad. (5, 6, 9).

Inmovilización.

Una vez extendido el petróleo el uso de bombeo y otros dispositivos para la recolección superficial de la capa delgada que tiende a formar, se ve limitado. De ahí la conveniencia de transformar el petróleo a una forma mucho más manejable, ligándolo -- con algunas otras sustancias.

Agentes coagulantes: El petróleo flotante cuando se mezcla con una parafina fundida se solidifica por la afinidad existente. Según el tipo de petróleo se requiere de 15 a 80% en masa de parafina. Tal sistema resulta muy conveniente para la limpieza de -- puertos y zonas marítimas costeras.

Emulsiones de agua en petróleo: Algunas veces resulta conveniente formar emul-- siones agua/petróleo. Puesto que los grumos flotantes formados son detenidos más fácil-- mente que el petróleo en zona de rompientes, mediante barreras de paja que al ser arro-- jadas a la playa serán retenidas en zanjas paralelas a la línea de la marea alta con ma-- yor facilidad que los petróleos ligeros, evitando su extensión y dilución.

Tal método tiene la dificultad de que al recogerlas y absorberlas por medio de re-- des, bombas o dispositivos de desnatado, el tamaño de los grumos produce una cara de -- contacto menor entre el agua y petróleo, reduciendo la posibilidad de biodegradación. El contenido de agua y materia sólida adherida aumenta la densidad después de haberse evaporado los componentes ligeros, produciendo el hundimiento de los grumos.

Agentes oclusivos: Esto se llama a la unión, coagulación o gelación. No obstan--

te, el petróleo por sí mismo no puede coagularse o gelarse. La oclusión usa emulsiones especiales que se rompen al entrar en contacto con el agua, son sustancias disueltas en productos químicos desplazadas al contacto con el agua. Al mezclarse estas emulsiones rápidamente con el petróleo y el agua, la materia sólida formada ocluye o cubre las pequeñas de petróleo, flotando la masa, siendo ésta recuperada por dispositivos mecánicos.

Este complicado método únicamente debe usarse en aguas confinadas como puertos, con el único problema de retirar la gelatina.

Diversas investigaciones han producido gelatinizadores, utilizables dentro de los tanques de los buques petroleros. Sin embargo, gelatinizar todo el transporte y fluidizarlo para descargarlo sería prohibitivo, aún en el caso cuando esté en peligro el buque, puesto que requiere de una gran cantidad de energía por las bombas, que durante un incidente pueden paralizarse. El rociar soluciones de plástico, como copolímero en acetonas para obtener resultados semejantes, resulta por la volatilidad del solvente y su toxicidad poco eficiente el sistema.

Agentes absorbentes: Usar sustancias sólidas de propiedades oleófilas como absorbentes, aumenta su efectividad cuando tiene también propiedades hidrófobas. Mejora la capacidad de retención incrementando el área mediante trituración y pulverización. El tiempo de flotación es importante, puesto que con el tiempo pierde estas propiedades y sobreviene el hundimiento. Pueden dispersarse por medio de un chiflón de agua fuerte sobre la mancha de petróleo, obteniéndose con esto una mejor mezcla y reduciendo pérdidas debido al viento. El movimiento del agua dificulta también el uso de material finamente granulado.

Al ser las capas demasiado gruesas el agente reduce su efectividad por la formación de una capa de absorbentes saturados de petróleo, evitando que todo el petróleo se ponga en contacto con el absorbente.

Productos vegetales: Existen diversos productos naturales que poseen excelente capacidad de retención, algunos productos y subproductos son fáciles de obtener como; plantas acuáticas, diversos tipos de algas y juncos marinos (zargazo, algas, etc.), las cuales protegen las playas atrapando al petróleo en la zona de rompientes. Heno y paja son excelentes agentes que al unirse con el petróleo lo inmobilizan parcialmente. Un metro cúbico de paja absorbe casi 50 kg. de petróleo, resulta efectivo hasta en capas de un espesor de 7.5 cm. Además conserva su capacidad de retención, seca o húmeda. Utiliza más bien el fenómeno de filtrado que de absorción. No absorbe al petróleo en aguas tranquilas por lo tanto debe cercarse y agitarse. Se usa principalmente en derrames menores. Posee un tiempo de retención de varias horas. Se recoge mediante rastrillos o redes. El agua se exprime sin perder el petróleo. La combustión resulta difícil puesto que las aberturas se taponan limitando el aire.

La madera, principalmente las virutas se empapan con facilidad pero no forman una masa compacta dificultando la recolección. Con la humedad se reduce su efectividad. El aserrín debe impregnarse de productos especiales puesto que sin éstos forma una masa grasosa difícil de remover, bloqueando el equipo, absorbe grandes cantidades de agua. Es usado en emergencias, en petróleo derramado en terreno húmedo.

La turba, con propiedades oleófilas pero no hidrófobas, varían según el origen y - tratamiento previo. Por consiguiente no tiene gran flotabilidad y libera el petróleo.



Favorece la biodegradación por su valor nutritivo. Requiere de tratamiento previo con productos químicos repelentes al agua. Es usado en emergencias.

Productos minerales: Es necesario un tratamiento especial para hacerlos flotantes, es logrado por una expansión artificial del mineral, dando una gran área activa e impregnándolos con sustancias hidrófobas y oleófilas. Los más comunes son pómez, vermiculita expandida, arcilla decolorante, talco, mica, alúmina, fibra de vidrio y lana mineral. Al ser expandidas tienden a la ruptura y forman un polvo de difícil aplicación. Son tóxicos y adoptan una consistencia grasosa dificultando su recolección.

Productos carboníferos: El grafito y la hulla se adhieren fácilmente con el petróleo. El coque triturado y el carbón vegetal absorben petróleo. Las partículas tienden a aglomarse por la absorción. El coque triturado forma una masa semilíquida.

Productos de hule: El hule natural o sintético mezclado con algún material de ligadura de cuerdas absorbe al aceite lubricante y al agua en forma mínima, y a los petróleos ligeros con mayor facilidad.

Plásticos: Gran número de plásticos son oleófilos e hidrofobos y son resistentes químicamente, absorbentes selectivos, útiles principalmente en aceites lubricantes, poseen alto grado de flotabilidad. Son aplicados en forma triturada, fibras, espuma. Pueden mezclarse con madera o impregnarse con tricloroetileno. Poco sensibles a las fuerzas mecánicas. La mezcla de los componentes permite la reducción adicional del volumen para un mejor transporte. La mayoría tiene un punto de fusión más bajo que la temperatura de combustión de las fracciones pesadas. La combustión es difícil quedando una

masa de petróleo semioxidado sin quemar con partículas de plástico descompuesto térmicamente.

Los principales son: Polycloropreno (neopreno), como barrera de espuma, triturada o desmenuzada. Poliester y polieter, como espuma triturada y desmenuzada. Polietileno, espuma, desmenuzada y humedecida. Polipropileno en fibras de barreras. Poliestireno, - espuma desmenuzada y humedecida. Poliuretano y urea/formaldehído como espuma. Copolímeros; PVC/PVA y polipropileno injertados como fibra. Poliestireno. Mezclas: poliestireno con virutas de madera como espuma, desmenuzada.

Papel tratado: Desecho de lana de la manufactura de fertilizantes, se obtiene una masa fácil de manejar. Los bellones de fibra de nylon combinados con el petróleo forman una masa coherente. Recortes de cuero curtido al cromo dan resultados satisfactorios, como astillas o polvos da una masa compacta, siendo indispensable mantenerlos secos antes de usarse. También se usan fibras de celulosa y fibras artificiales y algodón de desechos industriales.

No existe un material que reúna todas las propiedades convenientes para ser un buen absorbente. La elección del material para tales efectos depende del costo, disponibilidad y eficacia. (5, 6, 9)

Hundimiento.

Al no poder removerse el petróleo, un recurso utilizado es el hundimiento. Tal sistema reduce los daños a playas y malecones. No obstante, tal procedimiento plantea los siguientes problemas:

a) Efecto del petróleo en la flora y fauna del fondo marino. b) Efecto a largo - plazo originado por la degradación bacteriana del petróleo. c) Movimiento del petróleo

hundido en el fondo y efectos de dicho petróleo sobre la vida marina.

Debe evitarse hundir el petróleo en zonas marinas que tengan valor biológico o comercial. Los efectos dañinos varían considerablemente, dependiendo del tipo de organismo afectado. El poco de petróleo de la superficie al fondo prolonga el tiempo de degradación, aumentando el peligro de contaminación. En el fondo marino, la escasez de Oxígeno, sustituye la degradación aeróbica por procesos anaeróbicos, produciendo sustancias más tóxicas. El hundimiento se justifica cuando existe una suficiente capacidad de autopurificación y si no existe un gran peligro de movimientos posteriores del petróleo en el agua. El hundimiento en ríos, puertos y bahías, es completamente inadmisibles.

En aguas costeras consideradas como adecuadas para el hundimiento deben determinarse la magnitud y la dirección de las corrientes submarinas. El petróleo puede moverse o elevarse del fondo, debido a la turbulencia que producen los barcos a su paso, las redes de pesca pueden obstruirse. Hundir el petróleo para proteger una playa de esparcimiento resulta inútil, si tal material será llevado a las playas posteriormente por la acción de las mareas.

Es permitido el hundimiento en zonas de mar abierto alejadas de los lugares de desove y de los lechos de mariscos, prefiriéndose en lugares de bastante profundidad y que no exista la probabilidad de dirigir el petróleo hacia zonas de interés biológico.

Los polvos usados para provocar el hundimiento deben tener una alta densidad específica para obtener una masa que se hunda al mezclarse con el petróleo. Se requiere una gran proporción para esparcir el polvo, puesto que todo el polvo que no toque al petróleo

se pierde. Puede estratificarse en capas heterogéneas.

Agentes endurecedores: Sustancias que se endurecen con el agua, el cemento y el yeso son de este tipo, favorece la estratificación y la posterior inversión de la capa. La sensibilidad a la humedad complica el almacenaje, transporte y dispersión.

Agentes de liga: Arena, minerales como tiza, carbonato de magnesio, caolín, per_{lita}, minerales de bario y de hierro, piedra finamente molida, cenizas de combustión y - productos de desecho como polvo de ladrillo, etc. tales sustancias incrementan sus propiedades hidrofobas impregnándolas con aminas orgánicas, alcoholes, jabones metálicos, clorosilanos, carbón finamente dividido, etc.

La cal apagada de certiduría y virutas de cromo húmedas, se empapan de petróleo rápidamente y se hunden.

El tiempo de contacto entre los polvos y el petróleo es muy corto requiriendo exceso de polvo pesado. Los costos de hundimiento son menores a la recolección.

La solución más satisfactoria es el uso de una draga modificada de succión de altamar distribuyendo la arena del dragado tratada a bordo en forma de una suspensión de 10% de sólidos en agua. La arena húmeda se trata con una amina que la hace oleófila; se descarga desde la draga por medio de boquillas sobre el petróleo, la arena se adhiere a éste y lo lleva al fondo. Obteniéndose un 90% de petróleo hundido, para hundir una parte de petróleo se prensan de 1,5 a 2 partes de arena.

Dispersión.

Al no ser posible la remoción o hundimiento del petróleo, se utiliza el proceso de dispersión. Una dispersión natural puede ser intensificada por la adición de sustancias tensoactivas (agentes emulsificantes), convirtiendo la extensión bidimensional en tridimensional, que involucra un mayor contacto entre el petróleo y el agua, en ciertas condiciones aumenta la rapidez de degradación. El petróleo al ser tratado y agitado con un producto químico apropiado, se disgrega en partículas de diferente tamaño. Algunas gotas tienden a subir y otras no, pero forman una emulsión de petróleo en agua. Produciendo una mezcla de dispersión y emulsión. Aumenta la velocidad de biodegradación por existir una mayor superficie de contacto. La agitación distribuirá las pequeñas partículas de petróleo en forma tal que existe poca probabilidad de que se junten y se combinen. La dispersión mecánica produce emulsiones de corta duración, necesitando usarse emulsificantes o agentes estabilizadores. Para la dispersión es necesario tener emulsiones petróleo en agua y no agua en petróleo. Para una agitación eficiente se usan -- hélices de barcos o mangueras a presión. La emulsión debe ser estable y es importante para esto la carga eléctrica de las pequeñas gotas emulsificadas. La estabilidad se aumenta cuando la superficie es positiva o negativa que se obtiene con la adición de -- agentes tensoactivos que dan rigidez.

Los emulsificantes pueden ser hidrocarburos de cadenas largas en su parte hidrofoba y uno o varios grupos hidrófilos, ó compuestos orgánicos de características diferentes como proteínas o gomas que son hidrófilos. Los jabones y metales multivalentes favorecen la formación de estas emulsiones.

Aunque la mayoría de los crudos o combustibles tienen una toxicidad relativamente

baja para la vida marina, las mezclas dispersantes utilizadas al principio para dispersar el combustible eran muy tóxicos que mataban la vida marina. Recientemente se han producido dispersantes que son mucho menos tóxicos. Los dispersantes que se usarán en estuarios y aguas poco profundas deben ser elegidos cuidadosamente según su toxicidad y persistencia. Tienen un efecto diferente de acuerdo al solvente utilizado. Estos se clasifican como duros o suaves según su biodegradabilidad. Los de cadena ramificada son menos degradables que los de cadena no ramificada.

La mortalidad en la vida acuática por los agentes tensoactivos puede deberse a que enmascaran algunas de las propiedades de compuestos nocivos y los seres los absorben.

Los emulsificantes se encuentran como sólidos o líquidos libres de solventes o con ellos, solubles en agua, petróleo y como compuestos disueltos en líquidos. Existen en el mercado gran variedad de agentes tensoactivos, pero no se dispone de información sobre su aplicación y estructura química de los detergentes, resultando difícil determinar que agente es útil en cada caso. Los llamados limpiadores en frío sirven para rocas y superficies sólidas. Los que son a base de óxido de nonil-fenol-etileno son efectivos para dispersar capas flotantes de petróleo. Los aromáticos con punto de ebullición de 170 a 220° C en proporción de 10% en volumen son solventes efectivos.

Los dispersantes para poder aplicarse no deben ser tóxicos ni producir concentraciones tóxicas al degradarse, no ser repelidos por las membranas celulares de los seres acuáticos. Además no reducir la biodegradación natural del petróleo. Producir emulsiones petróleo en agua, estables a pesar del movimiento del agua y los componentes -

de ésta. Aplicarse en forma de líquido con una densidad menor al agua evitando su hundimiento. Disolverse fácilmente con el petróleo para reducir la energía de mezcla necesaria.

Dstrucción.

Cuando resulta imposible eliminar al petróleo por medio de los sistemas anteriores, efectuamos su destrucción por biodegradación, oxidación química o por combustión.

Biodegradación.- Según hemos visto en capítulos anteriores para existir una biodegradación eficiente se requiere de varios factores como son suficiente oxígeno, presión del aire, nutrientes, rayos ultravioleta, temperatura población de organismos, etc.

Vacunación.- Una colonización del petróleo flotante puede ser acelerada, rociando cultivos bacterianos mixtos, a pesar de verse limitada por el aumento de los protozoarios que se alimentan de bacterias. Presenta la ventaja de que no se introduce materia extraña alguna. Las desventajas son; requiere de exceso de microorganismos, y la consiguiente dificultad de almacenar cantidades suficientes, requiriendo además altos costos y la pérdida de gran parte puesto que otros seres se alimentan de ellos. La efectividad del sistema se ve limitada a las aguas poco profundas y tranquilas.

Combustión: La destrucción del petróleo flotante por medio de la combustión se reduce a capas bastante gruesas para eliminar el efecto de enfriamiento del agua y al petróleo de gran volatilidad para producir sobre su superficie, suficientes compuestos gaseosos para obtener una combustión permanente. Es indispensable mantener una alimentación constante de oxígeno en la combustión.

Las condiciones para iniciar una combustión se reducen porque: El petróleo tiende

a extenderse formando una película delgada. La evaporación de los componentes volátiles. Una temperatura ambiental muy baja. La formación de emulsiones de agua en petróleo. Después del derrame disminuyen las condiciones para provocar la ignición. Al producirse vapor por la ebullición del agua extingue la ignición.

Utilizar barreras a prueba de incendio para evitar la extensión del petróleo, incrementa el volumen que entra en combustión. Sin embargo, es incompleta, puesto que deja una masa negra de carbón gaseoso si el oxígeno no fluye o si la temperatura es muy alta, produce una gran conversión de carbono, bióxido, monóxido de carbono.

Al intentar la combustión deben evitarse los riesgos de incendio en zonas cercanas y la alteración de la temperatura acuática afecta a la vida marina. Sin olvidar la contaminación del agua y la atmósfera producida.

Como ayuda para la combustión se han creado:

Substancias para provocar la ignición.- Son el nalpam, bombas de clorato de sodio, polvo de magnesio, compuestos metalo-orgánicos y bombas de poderosos explosivos. Dado que resulta difícil provocar la ignición del petróleo crudo sobre el agua. Una explosión causa ondas de choque las cuales reducen la concentración de petróleo evaporado en el aire, destruyendo la capa en el punto de contacto. Es importante considerar el posible daño que se puede causar al casco del barco involucrado en el incidente, afectando estabilidad y maniobrabilidad e incrementar la liberación de petróleo. El uso de "placas deflectoras" concentra en el petróleo la flama rica en oxígeno, mejorando la efectividad de las bombas. El utilizar, o el contacto directo de flamas, presenta graves riesgos para el operador y resulta poco efectivo por el mínimo calor transferido.

Substancias que mantienen la combustión.- Cuando el petróleo derramado carece de suficientes compuestos volátiles, la adición de fracciones ligeras del petróleo y combustibles, además de usar lanzallamas, resulta peligroso y costoso el método. Debido a que la efectividad es limitada, puesto que únicamente pueden quemarse los componentes con una presión de vapor alta para formar la concentración de hidrocarburos evaporados que alimente a la combustión.

Dispositivos que ayudan a la combustión.- Son dispositivos que actúan como mechas para concentrar la flama y producir una afluencia de petróleo hacia el centro de combustión, opuesto a la extensión de la capa. Tales mechas son minerales porosos flotantes, esferas pequeñas de vidrio sintetizadas o plásticos mezclados con arcilla empapados con gasóleo. También se usan productos que tienen funciones diferentes para ayudar a la combustión, algunos son compuestos de sales ricas en oxígeno, solubles en agua para remover el petróleo de las playas. Emplear varios compuestos, eleva los costos de almacenaje, transporte y equipo. La aplicación de tales dispositivos no es en forma general.

El momento óptimo para intentar la ignición es efectuarla inmediatamente después de ocurrido el derrame, puesto que al transcurrir más tiempo, las posibilidades de éxito son menores resultando más difícil alimentar la combustión por la extensión del petróleo, el tiempo perdido resulta de la prioridad de salvar vidas. (5, 6, 9)

Medidas en casos de derrame de petróleo.

Derrames en mar abierto.- Lo primero es observar en forma continua el movimiento de la mancha y su extensión. La degradación natural que pueda transformarlo en ma-

sas aceitosas y fragmentarse en pequeñas manchas. El siguiente paso es tomar alguna acción para proteger ciertos intereses en costas, riberas, aguas pesqueras, zonas turísticas, parques o reservas naturales y fuentes de abastecimiento de agua. El tiempo disponible y la facilidad de transporte del material para combatir la contaminación, influyen en la decisión final.

Si el derrame es un petróleo espeso el método más conveniente es quemar el petróleo con una sustancia que inicie la combustión y ser autoalimentable. La contaminación atmosférica producida no importa en mar abierto. Siendo imposible la combustión, debe efectuarse el dispersado o hundimiento.

Las limitaciones a tales medidas son: No existe forma alguna satisfactoria de contener al petróleo, debido al mar picado, la recolección y vaciado del petróleo está relacionado con su contención. La técnica de la absorción resulta poco probable por la dificultad de esparcir el absorbente en forma proporcional y su posterior recolección.

El hundimiento presenta el inconveniente de esparcir el agente necesario para tal operación al igual que la absorción. La dispersión acelera la degradación natural, pero al avanzar el interperismo, requiere de mayor cantidad de dispersante para obtener resultados satisfactorios.

Derrames en aguas costeras y estuarios con mareas.

La primera medida es proteger la costa mediante barreras si es factible. Deben colocarse lejos de las orillas y tener un conocimiento previo de las corrientes, lo mismo que

las variaciones de la resaca. En seguida debe intentarse remover el petróleo con absorbentes o por combustión.

En caso de fallar las primeras acciones, el paso siguiente depende de las prioridades convenidas, de intereses a proteger. Aquellas zonas las cuales representan puntos primordiales de protección como son para la pesca, flora y fauna. Las barreras deben colocarse en aguas poco profundas y alejadas de la costa evitando los lugares de rompientes y mareas altas, para evitar que el petróleo alcance la costa. Siendo removido posteriormente por medio de absorbentes. En caso de no ser posible tales acciones es preferible dejar el petróleo a usar detergentes, puesto que causará un mayor perjuicio que el petróleo mismo. La combustión es inaplicable por los posibles daños a la fauna y flora. Si la protección a instalaciones turísticas y recreativas resultan poco efectivas será necesario intentar colocar las barreras entre las líneas de marea baja y de marea alta si existen. Cuando el petróleo alcance las playas debe ser removido, enterrado mecánicamente o quemarlo.

Únicamente como un último recurso se permite el uso de dispersantes al fallar las operaciones mecánicas, aplicables en mareas bajas o costas rocosas inaccesibles por tierra y no presentar riesgo a largo plazo para la costa. El hundimiento se efectúa sólo cuando no exista peligro de ser arrojado a la costa por el mar o que se desplace en el fondo.

Las limitaciones o tales acciones serán las mismas que en mar abierto y con las siguientes excepciones:

La remoción por recolección superficial o desnatado sólo es posible fuera de la --

zona de rompientes. La absorción no se efectúa en aguas poco profundas debido a la turbulencia provocada por los rompientes y requiere de dispositivos para la recuperación del material aceitoso. La combustión es molesta en la playa y es imposible efectuarlo en la zona de rompientes:

Derrames en ríos con corrientes.

La primera medida será avisar a las autoridades del río y a todos los usuarios de aguas abajo. Avisar a las esclusas y vertederos aguas arriba y aguas abajo para reducir la velocidad de la corriente o actuar en determinado momento como barreras. El derrame de productos volátiles en aguas navegables provoca peligro de explosión sobre zonas pobladas o industriales, por lo tanto se recomienda dejar al petróleo extenderse para que se evapore y reduzca el peligro latente.

Las barreras tienen como finalidad confinar o desviar el petróleo a regiones despobladas y recolectarse posteriormente con bombas o absorbentes desde tierra o por agua. En ríos donde la corriente es muy rápida las barreras resultan inefectivas y deberá efectuarse la remoción por vertederos colocados permanentemente en el punto de menor velocidad.

El hundimiento no es aplicable por el reducido volumen del agua y los movimientos presentes en el lecho del río. La contaminación de los ríos disminuye la degradación por falta de oxígeno. La dispersión se justifica únicamente al resultar inaplicables los métodos, puesto que los riesgos a la flora y fauna río abajo resultaría dañino. Por consiguiente la cantidad de dispersante será siempre usada en forma limitada. La combustión debe efectuarse con suma precaución para evitar conflagraciones mayores.

Derrames en puertos y canales navegables.

En tales lugares debe hacerse con equipo especial en forma permanente por la -- contaminación frecuente presentada por el constante tránsito.

Después de ocurrido el derrame es fundamental aislar por medio de compuertas, - el interior de puertos y canales. Además, si es posible suspender el tráfico marítimo en la zona. Posteriormente efectuaremos la remoción por medio de bombas operadas en tierra o del agua, la recolección superficial puede intentarse por medio de bandas o absorbentes. Al no ser posible efectuar la remoción, se aplican detergentes para evitar que la contaminación llegue a las riberas. El petróleo arrastrado a las riberas o malecones puede endurecerse y requerir para su remoción el uso de solventes. Al quedar sobre el nivel del agua, contaminará constantemente las aguas por la marea u oleaje. Las corrientes fuertes evitan la remoción. El hundimiento no es posible por la poca profundidad del agua. Además los barcos provocan turbulencia que puede desplazarlo. Estas - aguas poseen una limitada capacidad para la degradación.

Contaminación en lagos y depósitos acuáticos.

Estas masas acuáticas tienen gran importancia, para fines recreativos, pesca, abasutecimiento de agua potable, producción de energía hidráulica. Por consiguiente es sumamente importante protegerlas. La primera acción será su remoción, si existe corriente, las técnicas usadas en los ríos son aplicables. Si son aguas tranquilas debe contenerse el petróleo y la remoción con absorbentes o sin ellos se efectúa con éxito. Las riberas y aguas superficiales con vegetación acuática deben protegerse con barreras o brazos de absorción.

La combustión evita la contaminación del agua a largo plazo pero causa la contaminación atmosférica a corto plazo. Cuando se efectúa debe ser durante el período de mayor escasez de población, de la fauna acuática incluyendo las aves. La remoción de vegetación se realiza por medio de cortadores especiales. El hundimiento no es permitido, debido al prolongado período requerido para su degradación. El uso de dispersantes tiene la misma limitación y presenta un peligro real a la flora y fauna.

Contaminación de aguas estancadas.

Incluye estanques, zanjas y bancos de grava. Las zanjas y estanques son aguas limpias y de oxidación completa. Los estanques y bancos de grava están conectados -- con corrientes de agua subterránea, lo cual puede causar su contaminación. Por su reducido tamaño los estanques y zanjas son afectados aún con una pequeña cantidad de petróleo, sobre todo si existen peces.

Las primeras medidas será limitar la extensión del petróleo por dispositivos mecánicos como barreras de contención, el bombeo, desnatado o absorción es la única forma de reducir la carga orgánica sobre tales aguas. La combustión se aplica sólo en aguas muertas y siempre que se pueda controlar los alrededores para evitar daños. Tales superficies acuáticas poseen gran cantidad de vegetación que puede actuar como absorbente natural y pueden removerse grandes cantidades de petróleo. El hundimiento y la dispersión no es aceptada.

Contaminación de torrentes.

Los torrentes limitan a la mayoría de las técnicas, por los cambios rápidos del -- perfil del fondo y de las riberas, además de las variaciones de la velocidad y turbulencia

existente. El uso de vertederos para reducir la velocidad y la turbulencia del agua es aconsejable para intentar la remoción del petróleo. Al no ser posible retener el petróleo, debe intentarse desviar la capa o algún área natural profunda o una fosa excavada provisionalmente para intentar remover el petróleo. No debe usarse agentes que provoquen el hundimiento del petróleo ni detergentes.

Contaminación de playas y riberas.

Las riberas con pequeñas corrientes acuáticas y las bahías poco profundas son las zonas más vulnerables a la contaminación. Una protección eficiente evita la contaminación del subsuelo y obras construídas en sus costas, evita que el petróleo sea sepultado por los rompientes en las playas arenosas. La contaminación de la vegetación costera destruye la fauna silvestre, dañando la estabilidad ecológica.

El método de recogida dependerá del tipo de petróleo y la naturaleza de la superficie contaminada.

Recogida mecánica: Es aconsejable retirar el petróleo cuando se extiende, aún cuando haya que llevarse con él unos centímetros de superficie contaminada, evitando que llegue a contaminar aguas subterráneas o de superficie. Si quedan todavía superficies oleosas, se tratarán con dispersantes. Al tener alquitran en terrones sólidos o semi-sólidos se recoge con aperos agrícolas como es el rastrillado. Deben intentarse todos los medios de recogida mecánica, antes de emplear cualquier otro tratamiento con ayuda de baldes, palas, bidones, etc., si la capa es espesa, abriendo zanjas de vaciado con tuberías adicionales.

Utilización de absorbentes: Según los absorbentes vistos para retirar el petróleo, - se necesitan tres operaciones; primero el material debe extenderse, posteriormente cierta forma de presión o frotamiento, finalmente deberá barrerse el material empapado de petróleo para su retiro.

Recubrimiento con polvo: Espolvoreando las manchas de petróleo, el polvo absorberá al petróleo formando una costra permanente sobre él. Tal sistema debe usarse con precaución en zonas pobladas puesto que tiende a volar con el viento antes de adherirse a la película de petróleo.

Combustión: A primera vista es el método más prometedor si no existen construcciones cercanas y es tolerable la contaminación del aire. Sin embargo resulta difícil prender el petróleo. Ni aún con el uso de mechas la combustión no será completa. El método más eficiente es amontonar el petróleo y quemarlo por la parte baja de un bridón viejo conectado a un tubo de aire comprimido a través de un orificio lateral para dar un movimiento circular.

Dispersantes: Existen muchas clases de dispersantes, que con el tiempo se ha logrado reducir su toxicidad. Aún así, si no es diluido, aplicado resulta fatal para las especies costeras, incluyendo la vegetación. El aparato para el rociado de playas consiste de un tubo de 1 a 2 metros que termina en escuadra, a cuya extremidad se encuentra una boquilla de rociado. El tubo es alimentado por una manguera ligera, con una bomba que extrae el fluido de un recipiente. El equipo para el rociado de insecticidas puede usarse también. Los operadores deben ir protegidos con material de PVC, puesto que los materiales de caucho son atacados, son inflamables e irritantes para la piel. Los

dispersantes deben almacenarse en lugares ventilados. El dispersante se aplicará en -- forma uniforme, para una penetración rápida y agitar la mezcla petróleo/dispersante -- con agua inmediatamente y evitar el exceso de dispersantes.

La acción de limpieza debe establecerse en base al tipo de suelo:

Suelo descubierto.- Las rocas, acantilados y arrecifes; deben limpiarse si es posible, -- raspándolos o con agua caliente. La manera más conveniente es rociándolos con deter-- gentes o solventes seguido de lavado con mangueras a alta presión de agua. La cantidad de solvente requerido está relacionada por la permeabilidad de las rocas o de los mate-- riales que lo formen y por la existencia de fisuras. Las operaciones no deben llevarse a cabo si forman parte de una playa de esparcimiento concurrida. Los arrecifes de coral deben dejarse sin tratamiento, como no sea la recogida mecánica si es una contamina-- ción espesa, ya que se ven mayormente afectados por los dispersantes. Grava; resulta difícil de limpiar debido a la permeabilidad y a los vacíos intermedios que presenta. El método más eficiente es el rociado de detergentes seguido de un intenso lavado con chorros de agua. Arena; si no es utilizada por bañistas o no transitable en las próximas 8 semanas lo mejor es no intentar ningún sistema por el momento. Por otra parte si la -- época de vacaciones está cerca tendrá que combatirse la contaminación lo más rápido posible. Puede intentarse la recogida mecánica con rustrillos arrastrados por un tractor, con paja impregnada, el cual recoge el petróleo eficazmente, sacándolo en camiones de la playa, quemándolo en zonas apartadas o enterrándolo. El uso de solventes o dis-- persantes produce zonas de arenas movedizas, las cuales presentan el problema de sopor-- tar equipo, dañando la playa en un plazo y costo mayor. Limos; mientras exista más -- contenido de limo, será mayor la protección al suelo contra la penetración del petróleo,

siempre que no esté agrietado o fisurado. La combustión requiere de gran cantidad de energía por el contenido de agua en el terreno. Tierra cultivable y jardines; son sensibles al petróleo, debiendo efectuarse la remoción substancial del suelo saturado de petróleo para evitar la penetración. El método más efectivo en fango es aplicar detergentes disueltos y cubrir posteriormente con un absorbente como tierra, arena, etc., antes de removerlo. Hielo y nieve; como la velocidad del ataque bacterial es mucho más bajo que en los climas templados, y el petróleo dura mayor tiempo, siendo más viscoso o se encuentre solidificando. La combustión y el retirado mecánico usando excavadoras o dispositivos similares, son los métodos más convenientes.

Suelo cubierto por vegetación.- Marismas; la vegetación intercepta y retiene el petróleo con facilidad. La marisma se recupera eficientemente de un derrame de petróleo, no así cuando se trata de derrames sucesivos. Su limpieza resulta difícil, debido al fondo blanco y los arroyos o hendiduras presentes. Si el petróleo es semisólido se usa rastrillo llevándolo a un vertedero o quemándolo. El uso de dispersantes mata a la vegetación. Se emplean lanzallamas para la ignición, cuando la vegetación está seca o a fines de verano, de otoño e invierno con cierto éxito. Si la marisma tiene poco uso, conviene cubrir con polvo seco apropiado, resultando eficaz siempre y cuando no sea densa y continúa la contaminación. El uso de maquinaria daña la vegetación. Los agentes atmosféricos quitan el petróleo con el tiempo, pudiendo dejar que la contaminación disminuya gradualmente. Cañaverales y juncuales; como es parecida a la vegetación anterior, el único medio eficaz es cortar y retirar a fines de verano o de otoño, la vegetación. La quema requiere de especial cuidado para evitar daños evitando el uso de maquinaria y hombres sobre ella. Manglares; Son marismas en zonas tropicales y -

subtropicales. Deben protegerse con barreras. Puesto que si el petróleo se introduce, - prácticamente no hay remedio para eliminarlo. Debido a su naturaleza y por ser muy pro- ductivos en seres vivos. Por lo tanto es mejor no intentar nada. Tundra; en tales regio- nes debe darse preferencia a la recogida mecánica. El uso de dispersantes y la combus- tión deberá limitarse a las zonas permanentemente heladas para evitar riesgos de incen- dío, además, tales zonas limitan el uso de maquinaria pesada.

Estructuras hechas para el hombre.- La selección de la técnica más satisfactoria, depende del tipo, funciones, materiales de construcción y del grado de contaminación. La remoción mecánica es el único procedimiento que no causa riesgos a la estructura o al agua. Para aplicarse la combustión debe estudiarse primordialmente la combustibili- dad del material de construcción y de los efectos del calor que le puede causar. Un -- riesgo adicional es la fracturación y calcinación de algunos materiales con el calor. Si resiste el fuego pueden usarse lanzallamas o chorros de vapor. El uso de mezclas disol- vente/emulsiones seguida por una agitación vigorosa, como puede ser el frotamiento -- con escobas de baldeo y la aplicación posterior de chorros potentes de agua, dejará -- las superficies limpias.

Destino final del petróleo recuperado.

Al recuperar el petróleo puede estar limpio, mezclado con solventes y agua o -- puede contener materiales sólidos, como arena, tierra y absorbentes. Debe decidirse - si el petróleo puede reprocesarse, si es necesario quemarlo o tirarlo. En todos los ca- sos debe contarse con tanques para almacenarlo.

Los métodos de recuperación pueden producir petróleo y masas algo saturadas o -

poco contaminadas, que permiten el reprocesamiento económico del petróleo.

Cuando no es posible reprocesar económicamente el petróleo, o las emulsiones formadas, se considera la combustión de la mezcla recuperada. Dependiendo principalmente de la proporción de material combustible presente en la mezcla, de la proporción de material inerte y de material que pueda interferir con la combustión. Las sustancias, aparte del petróleo que son combustibles, tenemos a los absorbentes como paja, viruta, aserrín, turba, la flora acuática y de las riberas. Las sustancias inertes son, tierra, arena y materiales inorgánicos que se usan para ligar el petróleo. Los materiales plásticos son difíciles de quemar, porque impiden la circulación del aire y ahogan el fuego, además de que su punto de fusión es menor que la temperatura de combustión. Las plantas verdes requieren de calor exterior por su humedad.

La combustión abierta produce contaminación atmosférica con efectos nocivos y generando residuos pesados, difíciles de quemar. Difíciles de extinguirse al entrar en combustión, con grave riesgo de incendios. La combustión abierta sin la ayuda de expertos y equipo apropiado debe limitarse a pequeñas cantidades e intentarse lejos de zonas urbanas o industriales, de áreas agrícolas y boscosas.

Es conveniente incinerar la masa aceitosa en hornos especiales como los usados para quemar basura o desperdicios. Los absorbentes son un aditivo útil para mejorar el balance energético de la basura municipal por su elevado porcentaje de material combustible. El efecto de mecha de los absorbentes sirven mejor en tierra que en agua. De la paja, desperdicio de algodón y aserrín, el último resulta más satisfactorio.

Los absorbentes ejercen sobre el petróleo algunas veces, acción superficial, --

provocando que el petróleo se trasmine a las capas inferiores del terreno donde se depositan, generalmente durante las lluvias. Por lo tanto es necesario tomar las debidas precauciones.

Es recomendable tirar los desechos contaminados en sitios usuales para depositar - basura o desechos industriales sólidos, incluso en zonas profundas del mar. No obstante, donde sean tirados deben ir acompañados por una activación de la degradación biológica para reducir un peligro latente.

Equipo para combatir la contaminación.

El equipo especial y dispositivos eficientes, permite luchar contra la contaminación en forma rápida y eficaz según la técnica requerida y necesidades presentadas.

Barcos.- Los barcos especiales requeridos son relativamente costosos en lo que se refiere a su construcción, mantenimiento y operación. La distancia entre las rutas marítimas es grande para que un barco con una tripulación especialmente entrenada y en alerta constante pudiera resultar económico. Además el hecho de llegar tarde a la escena del accidente si su base se encuentra a gran distancia. Por lo tanto es recomendable equipar a los barcos de servicio de mantenimiento de boyas y algunas dragas de succión, para la limpieza de derrames de petróleo. Los cuales están en constante servicio en lugares estratégicos con la ventaja de reducir el tiempo de travesía hasta el incidente. El tener varias embarcaciones de este tipo que pueden llamarse en caso de emergencia. El utilizar barcos de altura resulta más honeroso que el material utilizado para la limpieza.

Existen diversos tipos de embarcaciones.

Embarcaciones costeras.- Tales embarcaciones son utilizadas para la limpieza - del contaminante en puertos o zonas cercanas, no requieren de técnicas especiales como las de altura debido al menor radio de acción. Además, trabajan en aguas tranquilas y confinadas favoreciendo el uso de técnicas que limitan la extensión y recolección del petróleo derramado. Este tipo de embarcación son útiles también en ríos, lagos, zonas de mínimo oleaje y corrientes suaves.

Embarcaciones para recolección.- Muchas embarcaciones están equipadas con -- brazos en V, abiertos hacia el sentido del movimiento, para ampliar el área de reco-- lección y concentrar la capa de petróleo. En los catamares, en el espacio entre los - dos cascos, se concentra el petróleo antes de removerlo. Este tipo de embarcaciones - poseen compartimientos para separar el agua del petróleo y para almacenar petróleo.

Embarcaciones con absorbentes.- Sus técnicas de operación son similares. La - unidad de absorción esta formada por tambores recubiertos de plástico o de bandas de plástico. Para absorbentes desmenuzados que se comprimen posteriormente para expulsar al petróleo, requieren de equipo especial para su producción, trituración y distribución.

Embarcaciones con rociadores: Son utilizadas principalmente por las autoridades de los puertos, donde los derrames ligeros son frecuentes. No obstante pueden usarse - satisfactoriamente en mar abierto. El abastecimiento de absorbentes plásticos volumi-- nosos es mejorado usando dos componentes plásticos mezclados en el barco, desmenuzados, regados y recolectados con el petróleo absorbido, comprimido posteriormente pa-

ra volver a usarse. El absorbente flotante impregnado con petróleo puede ser recolectado por medio de redes montadas entre dos barcos o colocadas a través de una corriente de agua.

Embarcaciones múltiples.- Existe un sin número de embarcaciones de uso múltiple, desarrolladas para diferentes áreas y técnicas en la limpieza de petróleo, donde es indispensable considerar el aspecto económico.

Aeronaves.- Helicópteros son usados para rociar el petróleo derramado, similares a los empleados para pesticidas. El sistema de rociado para obtener una dispersión o hundimiento, comparado con el uso de barcos o desde tierra, presenta pérdidas del material por la turbulencia del aparato reduciendo la exactitud de distribución y efectos menores. El mismo caso se presenta con avionetas.

Vehículos terrestres.- Los vehículos de servicios o ingeniería municipales, pueden utilizarse con fines de emergencia. Pueden dividirse según su movilidad en vehículos de carretera y campo.

Vehículos convencionales.- Son los vehículos existentes en los trabajos para la limpieza de drenajes, vaciado de fosas sépticas, de tanques, etc. Pueden ser empleados para succionar y transportar el petróleo flotante. Las bombas para incendios operadas con agua, espuma, o polvos, vehículos para la limpieza de calles, pueden usarse para esparcir absorben o rociado de detergentes y solventes en costas, riberas, caminos o puentes. Con el acondicionamiento de chiflones especiales por los inconvenientes en su hundimiento y dispersión.

Vehículos especiales.- Existen diversas unidades equipadas, para recoger el petróleo de pavimentos y suelos, que pueden usarse en combinación con otros vehículos para eliminar el petróleo flotante.

Equipo portátil y adicional.- Aquellos lugares que son inaccesibles para los vehículos, se requiere equipo portátil semejante al fumigado de campos. Es necesario contar con diferentes diámetros de boquillas para el rociado, efectuado por medio de chiflones de aire a presión. Debe disponerse también con diversos implementos sencillos como palas, rastrillos, botes, etc. Siendo indispensable prever los recipientes diversos como tambores, sacos de plástico, recipientes de plástico, etc. Además contar con el medio de transporte del petróleo recuperado, aún con mezclas diversas. Es importante la protección personal de los operadores contra los detergentes y solventes usados.

Procedimiento de emergencia.

Debe contarse con planes para la prevención de accidentes, emergencias por incidentes graves, almacenamiento de productos y equipos. Señalar a las organizaciones interesadas, indicando nombre completo, domicilio y teléfono.

Los planes de emergencia deben ser cumplidos en forma legal de acuerdo con las leyes internacionales, nacionales, federales o estatales las cuales dan facultad a las autoridades locales para establecer planes de emergencia. A través de diversos reglamentos o lineamientos de autoridades u organismos oficiales e instituciones privadas.

(5, 6, 9)

CAPITULO VI

CONSECUENCIAS ECONOMICAS

En un sistema competitivo donde existe la interacción entre productos y consumidores, la contaminación será un factor externo, donde compradores y vendedores negocian valores. La industria del petróleo cubre los costos de equipo, capital, trabajo, etc, sin embargo no se responsabiliza por los costos sociales de cualquier daño al medio ambiente, como pueden ser las pérdidas en los ingresos de áreas turísticas, afectadas por la contaminación petrolera, erogaciones por la limpieza de playas, etc.

Por medio de la siguiente relación podemos obtener los costos totales de contaminación causada por el petróleo.

$$K = X + Y + C$$

Donde;

K = Costos totales por contaminación al nivel prevaleciente.

X = Costos por daños, incluyendo pagos efectuados, reflejados en la economía Nacional.

Y = Costos al bienestar público, a veces intangibles.

C = Costos de medidas emprendidas para controlar la contaminación.

Tal modelo nos ofrece una conceptuabilidad aproximada, para definir el nivel óptimo de contaminación.

Los efectos de la contaminación originada por el petróleo son percibidos en diversas áreas de interés común.

Industria turística.

Los daños causados por la contaminación del petróleo, puede tener graves consecuencias, debido al considerable capital invertido en zonas costeras de atractivo turístico.

Las pérdidas económicas pueden ser evidentes, si la contaminación provoca, una reducción en el número de días que los vacacionistas permanecen en las playas. Incluso, como un resultado de incidentes serios de contaminación petrolera, el número de visitantes se ha reducido. Lugares próximos a donde ocurre un derrame de petróleo, existirá un efecto importante y permanente en el turismo. Causado principalmente por; un derrame importante que afecte las playas, condiciones tales del viento que llevan el petróleo a tierra en periodos consecutivos. Derrames presentados en temporadas calurosas. Gran publicidad en radio y televisión. Todos los factores antes mencionados tienen una gran repercusión en los lugares turísticos, afectándolos sobre manera.

La probabilidad de que se presenten tales incidentes es pequeña, pero cuando ésta ocurre puede llegar a afectar a la población que dependen de una u otra forma de la industria del turismo.

El turismo puede ser dividido en diversos grupos, según sea afectado por la contaminación:

- a) Viajantes diarios.- En tales casos, al existir un incidente no altera en gran medida sus planes, puesto que lo más probable es que cambien de lugar de recreo. No obstante, los lugares turísticos resienten pérdidas considerables de ingresos.
- b) Estancia corta o aquellos que se mueven a diversos sitios.- Son probablemente -

los menos afectados por la contaminación, dado que estos lugares para una corta estancia, pueden trasladarse con facilidad a otras zonas, sin alterar mayormente sus intereses. Lo mismo acontece para la población residente debido a que el gasto de tales visitantes es proporcionalmente menor que en los dos otros casos.

c) Estancia prolongada.- Resultan ser los más afectados puesto que tienen que viajar distancias mayores, con los inconvenientes que se deducen, provocados por la contaminación.

Por medio de la siguiente relación puede calcularse el ingreso en los lugares turísticos:

$$Y = C + G + \alpha - \beta - i$$

Donde:

Y = Ingresos de los lugares turísticos.

C = Gastos de consumidores .

I = Inversión en lugares turísticos.

G = Desembolso gubernamental en lugares turísticos .

α = Exportaciones.

β = Importaciones.

i = Impuestos indirectos.

Las pérdidas en los intereses de la población que atiende la industria turística son detectados pero no existen índices para medir, que tanto serán afectados, debido a la gran diversidad de zonas turísticas, capital invertido, etc.

Costos por remoción y limpieza de costas.

Los costos pueden dividirse en: Costos de control, son aquellos que se hacen para prevenir descargas de las refinerías. Costos por daños, los cuales se derivan de la introducción del petróleo en el medio marino.

Como el uso de dispersantes, para la limpieza de costas causa un mayor daño al medio marino. Tales operaciones son sólo aplicables en el punto donde el costo marginal de limpieza es igual al costo marginal del daño.

Es importante distinguir entre la limpieza de contaminación petrolera entre, incidentes agudos, y contaminación crónica de bajos niveles. Las medidas necesarias que requiere son diferentes y por lo tanto los costos son variables.

Tales erogaciones dependen principalmente de haber tomado decisiones en forma racional y de análisis efectuados, para aplicar métodos de limpieza convenientes.

Un aumento en el tamaño del derrame dará como resultado una reducción en la unidad de costo de espacio de petróleo derramado. Puesto que es diferente tratar con un pequeño derrame que con uno extenso. Además los costos son diferentes en cada país.

La presencia de factores externos, alterará los costos, como pueden ser: La presencia de niebla o tormentas que al impedir las operaciones, elevan los costos. Las bajas temperaturas del agua hace aumentar la viscosidad del petróleo, propiciando la lenta degradación y dispersión. Es necesario algunas veces la intervención de las autoridades militares. Disponibilidad de medidas de emergencia o planes según experiencias en otros países y el propio para aplicar las medidas más apropiadas. Tipo de petró

leo derramado, persistente, volátil, etc. Tipo de costa afectada y área en el mar donde se presente el contaminante. Y finalmente el método de limpieza utilizado, el usar absorbentes producirá un mayor desembolso que usar medios mecánicos.

En una contaminación crónica producida de operaciones diarias de la industria petrolera, deberá aplicarse un programa organizado que registre los niveles de contaminación para evitar que sea menor daño y dictar medidas de interés general.

Resulta difícil efectuar una comparación entre estos dos tipos de contaminación, puesto que, requieren de diferente control y existe escasez de información en incidentes agudos. El diferenciar entre una contaminación crónica e incidentes agudos puede ser difícil. Dado que no existen estadísticas precisas en muchos países que facilite -- una comparación directa. No obstante algunos puntos de interés han desarrollado, como es; el tamaño del incidente está relacionado con el costo unitario de limpieza. El incidente agudo es más importante que una contaminación crónica. Y muchos países no poseen un servicio de limpieza organizado.

Reducción en la pesca.

Si el petróleo depositado en el medio marino resulta directa o indirectamente responsable de la reducción de la población de peces. Afectará por lo tanto una parte de la economía.

No es posible obtener la relación de un número aproximado de peces afectados, debido a la variación por el nivel de contaminación existente, petróleo acumulado -- en el medio y las relaciones ecológicas entre las distintas formas de vida marina.

Los mismos argumentos son aplicables a otras formas de vida como es; la recolección de algas marinas, mariscos, etc. También, los diversos usos del agua marina como puede ser la obtención de sal, y el futuro desarrollo de la purificación del agua.

Dada la contaminación petrolera deben considerarse los siguientes costos:

- a) Pérdidas netas de los propietarios del pescado.
- b) Efectos consiguientes según; i) El costo por alteraciones al beneficio social. ii) El valor de la jornada. iii) Pérdidas al gobierno o empresas particulares en -- áreas de desarrollo.

Cuando un área pesquera es afectada, la necesidad de una importación, repercutirá en la economía.

Toda la vida marina posee un gran valor para la humanidad por su contribución al ecosistema. En general los mercados han sido afectados en forma temporal cuando se presentan incidentes agudos.

La contaminación crónica puede dar como resultado la corrupción del pescado, no obstante los daños no son de un gran significado económico.

Pérdidas en el número de aves.

La mayoría de las aves marinas tienen un valor económico de cero. Muy pocas son utilizadas como alimento, un ejemplo es el pato salvaje. Resulta difícil calcular su valor, dado que difiere en cada lugar.

Cuando se presenta un incidente de contaminación, su escasez provoca un aumen

to en el precio. La captura de tales seres tiene un mayor interés como pieza de cacería que como alimento.

La población está dispuesta a dar su contribución para proteger zonas recreativas de la vida salvaje, para su conservación. Es difícil sugerir un valor para cualquier especie animal como una fuente recreacional. Lo mismo sucede, donde la cacería de aves es una forma de deporte para el hombre.

Las aves tienen un gran valor por su contribución al ciclo ecológico. Una reducción de su población produce un serio disturbio ambiental, difícilmente valorizable.

(10, 20, 21)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La contaminación del mar por el petróleo es un problema actual, es poco factible que la tecnología se adapte a un cambio de energía, por lo menos en los próximos años. Esto aunado, al aumento de la producción petrolera, explotación de litorales, avance técnico para extraerlo de zonas profundas o peligrosas, uso de las reservas existentes, - hidrogenación del carbón, etc. Por consiguiente, se espera un incremento en el transporte de petróleo crudo. No así el de productos refinados debido a la construcción de nuevas refinerías.

La tendencia a construir modernos buque-tanques de mayor capacidad, implicará un mayor número de incidentes. No obstante, con los progresos en diseños e ingeniería, los accidentes se reducirán, incluso en los efluentes provenientes de las refinerías. Se prevee un aumento en la descarga de aceites lubricantes, sin embargo, descenderá posteriormente con el tiempo.

Una disminución efectiva de la contaminación, será posible, cuando se apliquen en forma estricta nuevas leyes y se cumplan las existentes.

Todas las criaturas en la ecósfera están en competencia por el espacio y alimento. La reducción de las especies puede ser ocasionada por la presión de otras especies, cambios climatológicos, tener que competir desfavorablemente con el hombre en acontecimientos que agudizan su situación como lo es la contaminación petrolera.

El petróleo causará graves daños sobre los seres marinos cuando se presentan des-

cargas continuas o algún accidente de importancia contamina una zona, peligrando la especie en tal lugar.

Con la experiencia adquirida, al combatir los accidentes donde se ve involucrado el petróleo, ha permitido desarrollar nuevas técnicas, las cuales permiten luchar contra la contaminación eficazmente, a lo cual se recomienda hacerlo en forma inmediata, siguiendo los pasos sugeridos en este trabajo.

La contaminación provocará pérdidas económicas en la industria turística, pesquera, gastos para eliminar al contaminante, los cuales repercutirán en la economía de las naciones.

Por las conclusiones anteriores se recomienda; desarrollar un programa mundial en el cual se crearán comités ecológicos, que serán organismos encargados de emplear sistemas regionales y nacionales, con la cooperación de las autoridades para el cumplimiento de la legislación, dirigida a producir una conciencia y responsabilidad del medio ambiente.

Las decisiones deberán de tomarse desde ahora, puesto que afectarán de un modo u otro a las futuras generaciones.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Kirk. R.E., D.F. Othmer., Enciclopedia de Tecnología Química.
1. Edición. Tomo XII UTEHA, México 1962.
- 2.- Gruse. W.A., D.R. Stevens., Tecnología Química del Petróleo.
1. Edición. Ediciones Omega, S.A. Barcelona 1964.
- 3.- Gutiérrez. C.M., Química del Petróleo. ✓
I.P.N. México 1963.
- 4.- Henaïne. H.R., La Contaminación del medio Marino. ✓
Centro de Relaciones Internacionales. Fac. de C. Pol. y Soc.
UNAM. México 1972.
- 5.- Marciniowski. H. J., Remoción de Aceite de las Superficies Acuáticas.
Fundación Concawe. La Haya - Holanda. Trad. PEMEX.
Gerencia de Marina Enero 1973.
- 6.- Manual de Contaminación Petrolífera. ✓ Información Práctica sobre medios de
combatir derrames de petróleo. OCMI Secretaría de Marina.
México 1973.
- 7.- Prevención y Control de la Contaminación de los Mares Vol II. ✓
Informe del Srío. Gral. 51º Período de Sesiones. Naciones Unidas.
Mayo 1971.

- 8.- The Joint Problems of the Oil and Water Industries.
 Edited by Peter Hepple. The Inst. of Petroleum. London 1967.
- 9.- Waddington, J. I., Water Pollution by Oil. Published by Use Inst. of
 Petroleum. Write - Friars Press, LTD. London 1971.
- 10.- The Environmental and Financial Consequences of Oil Pollution from Ships.
 Intergovernmental Maritime Consultative Organization Chilton - Didcot -
 Berks. United Kingdom. 1973.
- 11.- Berridge, S.A., R.A. Dean., R.G. Fallows. The Properties of Persistent
 Oil at Sea. Journal of th Institute of Petroleum. Vol. 54. No. 539
 p. 300 - 306. November 1968.
- 12.- Sage. B.L., Biological Aspects of Oil Pollution. Journal of the Institute of
 Petroleum. Vol. 55. No. 543. p. 178 - 181 May 1969.
- 13.- Brunnock, J. V., D.F. Durckworth, G.G. Stephens. Analysis of Beach
 Pollutants. Journal of th Institute of Petroleum. Vol. 54. No. 359.
 p. 311 - 323. November 1968.
- 14.- Adlard. E.R., A review of the Methods for Identification of Persistent
 Hidrocarbon Pollutants on Seas an Beaches. Journal of the Institute of Petro-
 leums. Vol. 58. No. 560. p. 63 - 75 March 1972.
- 15.- Bridié. A.L., J. Bos. Biological Degradation of Mineral Oil in Sea Water.
 Journal of the Institute of Petroleum. Vol. 57 No. 547 p. 270 - 277.
 September 1971.

- 16.- Analytical Methods for the Identification of the Source of Pollution by Oil of the Seas, Rivers and Beaches. Journal of the Institute of Petroleum. Vol. 56 No. 548. p. 107 - 117. March 1970.
- 17.- Ramsdale S.J., R.E. Wilkinson. Identification of Petroleum Sources of Beach Pollution by Gas - Liquid Chromatography. Journal of the Institute of Petroleum. Vol. 539. p. 326 - 331. November 1968.
- 18.- Jeffery. P. G., J. Nightingale., D.J.A. Woodley., Instrumentation for Oil Pollution Measurement. Pollution Monitor. No. 13. p. 31 - 33 June/July 1973.
- 19.- Flota Petrolera. Petróleos Mexicanos. Gerencia de Marina. México 1975.
- 20.- Frankel. H. P., W.L. Newton., Comparative Evaluation of Crude Oils. Journal of the Institute of Petroleum. Vol. 56. No.547. p. 1 - 9. January 1970.
- 21.- Lovejoy W.F., P.T. Homan Economic Aspects of Oil Conservation Regulation. Published for Resources for Future Inc. by the Johns Hopkins Press. Baltimore 1967.