

Ej 1/5

UACM.
TDAZ7
.PA. OK.

Ej 02/2017

ORGANIZACION CONSULTIVA MARITIMA
INTERGUBERNAMENTAL



Logically
R016182

MANUAL DE CONTAMINACION PETROLIFERA

INFORMACION PRACTICA SOBRE MEDIOS DE
COMBATIR LOS DERRAMES DE PETROLEO

S E C R E T A R I A D E M A R I N A
MEXICO

PREFACIO

En la presente publicación se encontrará información práctica que puede ser de utilidad a los Gobiernos, en particular los de países en curso de desarrollo, para el tratamiento de derrames de petróleo. Preparado por el Subcomité de Contaminación de la OCMI, este volumen fue aprobado por el Comité de Seguridad Marítima en su vigésimoquinto período de sesiones, en marzo de 1972, y constituirá oportunamente una de las secciones de un Manual completo sobre la contaminación de hidrocarburos, que también contendrá información sobre otros aspectos de este problema, como son la prevención de la contaminación, planes para casos imprevistos y salvamento.

INDICE

	<i>páginas</i>
I. INTRODUCCION	7
II. TIPOS DE PETROLEO	
2.1 Crudos	8
2.2 Productos del petróleo bruto	9
III. COMPORTAMIENTO DE LA MANCHA DE PETROLEO EN LA MAR	
3.1 Propagación del petróleo en el agua	9
3.2 Apariencia exterior del petróleo en el agua.....	10
3.3 Efectos del viento y las corrientes	11
3.4 Efectos de los procesos naturales.....	11
3.4.1 Evaporación y disolución.....	11
3.4.2 Oxidación y biodegradación	12
IV. CONTENCION, RECOGIDA Y TRATAMIENTO DE MANCHAS DE PETROLEO EN LA MAR	
4.1 Generalidades	13
4.2 Técnicas para confinar el petróleo.....	14
4.2.1 Cercos (concepto general)	14
4.2.2 Cercos flotantes libres	17
4.2.3 Absorbentes	18
4.2.4 Métodos en proyecto	21
4.3 Técnicas para la recogida mecánica.....	22
4.3.1 Dispositivos de succión.....	22
4.3.2 Raseras	26
4.3.3 Dispositivos de cinta absorbente.....	28
4.3.4 Otros dispositivos	32
4.4 Otros medios de recogida y tratamiento.....	33
4.4.1 Quema del petróleo	33
4.4.2 Dispersión	34
4.4.3 Hundimiento del petróleo.....	39
V. RECOGIDA Y TRATAMIENTO DEL PETROLEO EN LAS PLAYAS	
5.1 Generalidades	42
5.2 Técnicas de recogida y tratamiento	43
5.2.1 Recogida mecánica	43
5.2.2 Utilización de absorbentes	45
5.2.3 Recubrimiento con polvo.....	45
5.2.4 Quemado	45
5.2.5 Utilización de dispersantes (detergentes).....	47

INDICE (continuación)

	<i>páginas</i>
VI. LIMPIEZA DE LOS DIFERENTES TIPOS DE PLAYA	
6.1 Generalidades	50
6.2 Áreas de vegetación	50
6.2.1 Marismas	50
6.2.2 Cañaverales y juncarees	52
6.2.3 Manglares	52
6.2.4 Tundra	52
6.3 Otras áreas costeras y zonas especiales	52
6.3.1 Fangales	52
6.3.2 Arena	54
6.3.3 Pedregal	57
6.3.4 Rocas y acantilados	57
6.3.5 Arrecifes de coral	57
6.3.6 Hielo y nieve	57
6.3.7 Paseos, espigones y otras estructuras hechas por el hombre	60
Lista de referencias	61
Apéndice A - Fórmula de Blokker	63
Apéndice B - Proyecto de especificaciones dadas en el Reino Unido para dispersantes que se usen en la limpieza de derrames de petróleo	64
Apéndice C - Equipo rociador de dispersante del WSL	66
Apéndice D - Sistema de dispersantes del Servicio de Guardacostas de Suecia	76

I. INTRODUCCION

La contaminación del petróleo preocupa cada día más a muchas personas de las naciones marítimas del mundo. La presencia en las costas de pájaros marinos muertos o moribundos por contaminación de petróleo despierta fuertes sentimientos en mucha gente. En algunas regiones los pájaros son a la vez muy importantes como recursos y como eslabones del sistema ecológico marino y, por ende, de su productividad. Los recursos pesqueros también son castigados en zonas donde existe una repetida contaminación petrolífera. La mar es usada crecientemente para fines recreativos y es grande y muy natural la indignación cuando se estropea la diversión a causa del petróleo. El incrementado uso de las aguas del mar para enfriamiento de estaciones de energía y como aguas de tratamiento en plantas transformadoras de productos alimenticios (generalmente de pescado) hace temer que puedan aparecer contaminaciones, que quizás conduzcan al cierre temporal de la factoría afectada.

El naufragio del « Torrey Canyon » frente a la costa británica en 1967 fue un acontecimiento decisivo en la historia del desarrollo de la lucha contra la contaminación del petróleo. Antes de esa fecha muchos países no habían ni pensado en el problema; otros iniciaban estudios limitados a sus circunstancias particulares. La realidad de la contaminación causada por el « Torrey Canyon » y la impresión de que contaminaciones como esa podían ocurrir en casi todo el mundo dieron lugar a un gran incremento de las investigaciones tanto para prevenir tales sucesos como para mitigar sus efectos una vez ocurridos. Muchas naciones han enviado los resultados de sus investigaciones a la OCMI la cual a su vez los ha hecho circular entre los miembros del Subcomité de Contaminación.

Este documento sólo se ocupa de la contaminación después de haberse derramado el petróleo y no incluye detalles ni de los procedimientos para evitar los derrames de petróleo en la mar o en los puertos ni de la organización requerida para un servicio completo para casos de emergencia. Esto último incluiría sistemas de alarma, la cadena de mando requerida para desplegar los hombres y equipos necesarios, la cantidad de medios materiales necesarios para accidentes de diferentes proporciones. Estos problemas serán tratados en otros capítulos de un manual general, en proyecto, que tratará de los procedimientos para la lucha contra la contaminación petrolífera.

Este documento pretende exponer de una manera práctica, los posibles procedimientos para eliminar el petróleo en la mar y en las costas. Se debe hacer notar que en cada caso las condiciones locales y las circunstancias adecuadas deben ser consideradas cuidadosamente antes de decidir un método o procedimiento particular. Referente al coste, se puede asegurar que la eliminación del petróleo es menos cara cuando aún está sobre la mar que cuando alcanza la playa.

II. TIPOS DE PETROLEO

Cuando se ha derramado petróleo sobre la superficie de la mar, prescindiendo de si ello ha sido originado por un accidente del buque que lo llevaba o si fue descargado debido a un funcionamiento defectuoso de su equipo o error de la tripulación, el petróleo quedará flotando en la superficie y empezará a extenderse, con pocas excepciones como algunos petróleos residuales de California que tienen densidades superiores a la del agua del mar.

«Petróleo» es un término de tipo amplio y general, pero puede considerarse que describe cualquiera de los hidrocarburos comprendidos en la definición del Convenio Internacional para prevenir la Contaminación de las Aguas del Mar, 1954*. Sin embargo, desde el punto de vista de la lucha contra petróleos derramados, sus diversas propiedades resultan de máxima importancia e influyen tanto en la velocidad a que se esparcen como en su tasa de eliminación de la superficie del agua por causas naturales y en el tipo de problemas que presentan como contaminantes. Por tanto, el primer capítulo de este informe trata del mecanismo de propagación y su movimiento por la acción del viento y las corrientes.

2.1 *Crudos*

Los crudos son unas mezclas complejas de hidrocarburos de pesos moleculares y estructuras distintos que comprenden los tres grupos químicos principales, parafínicos, nafténicos y aromáticos. Estos hidrocarburos van desde las sustancias simples de gran volatilidad a las complejas parafinas y compuestos asfálticos que no pueden destilarse. Oxígeno, nitrógeno, azufre, vanadio, níquel, sales minerales, etc. pueden estar presentes en diversas combinaciones.

Las características de la mayor parte de los crudos (1)¹ quedan comprendidas dentro de los márgenes siguientes:

Densidad específica	15/15°C	: 0,80–0,988
Punto de ebullición inicial	°C	: 30–125
Viscosidad cinemática	cS, 100°F	4–25
Temperatura de fluidez	°C	: –35a +7,0
Azufre	%wt	0,80–5,00 (alrededor del 2%)
Parafina	%wt	: 5–12
Asfaltenos	%wt	: 0,05–3,00

*El Artículo I de la Convención da la siguiente definición de hidrocarburos: “Hidrocarburos” significa petróleo crudo, fuel-oil, diesel-oil pesado, o aceites lubricantes. El adjetivo “petrolífero” se entenderá de acuerdo con la anterior definición.

¹Ver referencias.

2.2 *Productos del petróleo bruto*

Los productos refinados derivados de los crudos presentarán características químicas y físicas que dependerán de la naturaleza de los crudos y de los distintos procesos a que hayan sido sometidos. Puede decirse que el azufre, vanadio, parafina y los asfaltenos del crudo van asociados con los materiales de punto de ebullición más elevado. Por consiguiente aunque aparezcan en los destilados ligeros e intermedios, en general, se presentarán relativamente más concentrados en los productos más pesados, es decir, fuel-oil de tipo medio y pesado, y más particularmente en los residuos.

Una indicación sobre los productos derivados de los crudos viene dada por las siguientes características típicas:

Gasolinas (Gasolina de motor)

Densidad específica (Grafito esferoidal)	15/15°C	:	0,68-0,77
Margen de ebullición	°C	:	30-200
Punto de inflamación	-40°C		

Queroseno

Densidad específica	15/15°C	:	0,78
Margen de ebullición	°C	:	160-285
Viscosidad cinemática	cS, 100°F		
Punto de inflamación (Pensky Martens)	55°C		

Gasoil

Densidad específica	15/15°C	:	0,84
Margen de ebullición	°C	:	180-360
Viscosidad cinemática	cS, 100°F	:	3,30
Punto de inflamación (Pensky Martens)	77°C		

Fuel-oil (Ligero, medio y pesado)

Densidad específica	15/15°C	:	0,925-0,965
Viscosidad cinemática	cS, 100°F	:	49-862
Punto de inflamación	más de 90°C		

Aceites de lubricación

Estos aceites son muy refinados y, dependiendo de su aplicación, sus viscosidades específicas varían a lo largo de un amplio margen. En estos aceites se utiliza un gran número de aditivos, muchos de los cuales son compuestos tensoactivos.

III. COMPORTAMIENTO DE LA MANCHA DE PETROLEO EN LA MAR

3.1 *Propagación del petróleo en el agua*

3.1.1 Cuando un aceite muy puro, por ejemplo parafina medicinal, se vierte en una superficie de agua limpia, el aceite forma una lente cuyo espesor depende del tipo de aceite (la velocidad de propagación depende de la temperatura del agua y del aire y del tipo de aceite); el espesor puede llegar a ser apreciable, como por ejemplo 0,5 mm. Sin embargo cuando un petróleo crudo se vierte en agua pura y la cantidad es pequeña, el aceite se esparce rápidamente formando una película delgadísima (0,3 micras o incluso más tenue) la cual muestra los colores iridiscentes típicos de esa película. La propagación viene ayudada por los agentes tensoactivos que contiene el petróleo. Cuando se derraman mayores cantidades la tenuidad de la película se exagera en los bordes pero el resto del petróleo forma una lente delgada de 10 a 100 micras de espesor. Si la superficie del agua está muy contaminada, entonces el espesor final puede llegar a ser de 1 mm o más.

En el agua de mar limpia sin influencias de viento o marea, el petróleo derramado se extenderá formando una mancha circular muy rápidamente (véase la fórmula de Blokker, Apéndice A). Por ejemplo, un metro cúbico de crudo del Oriente Medio, formará en diez minutos un círculo de 48 m de diámetro, con un espesor medio de 0,5 mm; en 100 minutos la mancha habrá desarrollado un diámetro de 100 metros con un espesor medio de 100 micras. De vez en cuando, cuando se derraman grandes cantidades de petróleo en la mar, la propagación parece que no sigue la Ley antes establecida y las investigaciones revelan que se han formado emulsiones de agua en petróleo mucho más viscosas. Los trabajos más recientes sugieren que esta emulsión se forma únicamente cuando existe suficiente movimiento debido a las olas, cuando el petróleo es de un determinado tipo y, lo más importante, cuando el derrame del petróleo es lo suficientemente grande. Parece que en un derrame concentrado de petróleo, el petróleo del centro de la mancha, aunque se esparce de acuerdo con la regla de Blokker, permanece a pesar de ello formando una capa relativamente espesa durante el tiempo suficiente para que la agitación por el movimiento de las olas a que está sometido produzca la emulsión del agua en el petróleo, lo que causa un rápido aumento en la viscosidad y la consiguiente reducción en la velocidad de propagación. En este estado, el petróleo flotará en grandes « islas », que pueden llegar a varios centímetros de espesor, separadas por agua limpia.

3.2 Apariencia exterior del petróleo en el agua

Podrá estimarse con aproximación el espesor de la capa de petróleo observando el color y apariencia de la película según se indica en la tabla 1.

TABLA 1 Efecto del petróleo en el aspecto exterior del agua.(2)

Espesor aproximado de la película		Cantidad aproximada de petróleo en la película		Aspecto
10 ⁻⁶ pulg	10 ⁻⁶ m (micras)	Galones por milla ²	Litros por km ²	
1,5	0,04	25	44	Escasamente visible en las condiciones de iluminación más favorables
3	0,08	50	88	Visible en la forma de un brillo plateado sobre la superficie del agua
6	0,15	100	176	Pueden observarse los primeros indicios de color
12	0,3	200	351	Bandas de color brillante
40	1	666	1168	Los colores comienzan a volverse mates
80	2	1332	2337	Los colores son mucho más oscuros

Se ha visto que es muy difícil juzgar el espesor cuando pasa de 2 micras (2300–2400 litros/km²) sin la ayuda de técnicas complejas de medición a distancia.

3.3 *Efectos del viento y las corrientes*

El viento influye mucho en el movimiento de una capa delgada de petróleo sobre la superficie del agua. La relación exacta no se conoce con mucha precisión, pero un movimiento del orden de 3 a 4 % (digamos 1/30) de la velocidad del viento y en su misma dirección, se puede considerar una buena aproximación. Las corrientes de marea originan también el movimiento de la superficie del agua y por consiguiente del petróleo, si bien, en muchos casos, como los movimientos de las mareas son cíclicos, solamente producen una pequeña translación residual en una dirección determinada. Si el viento causa mar gruesa el petróleo puede dispersarse o emulsionarse resultando más difícil verlo o retirarlo. Se apreciará que no es fácil pronosticar con exactitud el movimiento de una mancha de petróleo. Aunque las corrientes de marea vienen indicadas en las cartas, generalmente no se dispone del valor de las corrientes residuales que habrá de ser calculado por el interesado. Además, las velocidades del viento se miden únicamente en unos cuantos lugares, los cuales pueden estar muy alejados de la mancha de petróleo. Los vientos locales pueden diferir considerablemente de los medidos y particularmente de los anunciados en la previsión del tiempo. Sin embargo, deberán utilizarse los mejores datos disponibles para anotar y estimar el movimiento de la mancha de petróleo. Esto hará más eficaz el despliegue de los buques que combaten el petróleo y permitirá alarmar a las autoridades costeras que puedan tener la amenaza de petróleo en sus playas.

3.4 *Efectos de los procesos naturales*

3.4.1 *Evaporación y disolución*

Primeramente conviene señalar que el término « la mar » se usa aquí de forma amplia y muy general; frecuentemente indicará que el agua a que se alude tiene alguna conexión, aunque sea remota, con el océano abierto y que el agua es salina.

Una capa de petróleo situada en la superficie de la mar, cambiará y a menudo desaparecerá debido a la evaporación, disolución, oxidación y ataque bacterial. Una mezcla tan compleja como el crudo sufrirá una evaporación primeramente, perdiendo sus productos ligeros y, posteriormente, las sucesivas fracciones de punto de ebullición más elevado.

La velocidad de evaporación a presión atmosférica (3) depende principalmente de la presión del vapor del petróleo a la temperatura ambiente, si bien la evaporación rápida se verá favorecida por velocidades elevadas del viento. Las condiciones de tiempo duro también ayudan a la dispersión aérea ya que estimulan la pérdida de petróleo de las crestas de las olas en forma de aerosoles y pulverizaciones, aumentando el proceso de evaporación (4). La evaporación también crecerá al aumentar el área superficial; por consiguiente cuanto más rápida sea la propagación del petróleo, más rápida será su evaporación. Esta interacción de la propagación y la evaporación, en campos circulares y en canales, se ha tratado matemáticamente por Blokker (5).

Los componentes menos volátiles del crudo se evaporarán muy lentamente y formarán prácticamente un « residuo atmosférico » no volátil en la superficie de la mar. Este residuo tendrá una densidad específica y viscosidad más elevadas, así como también un contenido en azufre, metales y parafinas más elevado que el del crudo original. Estos cambios, pueden ser muy importantes para la dispersión del petróleo. Por ejemplo, un residuo de un

crudo de Kuwait con punto de ebullición superior a los 550°C (que constituye el 27,6% del crudo) tiene una densidad específica de 1,023. Un residuo similar de crudos pesados del Irán, tiene una densidad específica de 1,027. Como el agua de mar tiene una densidad específica de 1,025, estos residuos podrán fácilmente hundirse. Parece ser que este proceso fue el responsable de la desaparición del petróleo del « Anne Mildred Brøvig ». La desaparición es difícil de explicar de otra forma (6) (7).

El fuel-oil, el aceite de lubricación, los lavados de los fondos de los tanques y los alquitranes, los cuales no tienen ninguno de los componentes más volátiles, se evaporarán mucho más lentamente que los crudos.

El petróleo puede disolverse en el agua del mar aunque la solubilidad de los productos del petróleo en el agua se considera que es generalmente muy baja. Se dispone de muy poca información de confianza acerca de la solubilidad de los productos comerciales del petróleo. Hay información acerca de la solubilidad de los hidrocarburos puros en laboratorio; por ejemplo, los hidrocarburos gaseosos y muy volátiles tienen, en el laboratorio solubilidades de 40 a 60 mg por litro de agua, mientras que entre los materiales de la cadena recta más pesados, el n-octano es soluble únicamente a razón de 0,66 mg/l. En general los compuestos no saturados son más solubles en el agua que los hidrocarburos saturados.

3.4.2 *Oxidación y biodegradación*

El petróleo es susceptible de autooxidación; por ser un fenómeno superficial, es decir, que 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 la mar, las cuales tienden a actuar como catalizadores y por las radiaciones ultravioletas de la luz del sol. El otro factor y de mayor importancia en la desaparición del petróleo es la acción de las bacterias oxidantes del petróleo. En general todas las clases de hidrocarburos gaseosos, líquidos y sólidos son atacadas por los microorganismos. Muchas especies de bacterias marinas son capaces de oxidar los hidrocarburos del petróleo y sus derivados; tales bacterias son más numerosas en los lugares marinos de poca profundidad, zonas cenagosas, estanques, lagunas y puertos en los que el petróleo está presente de modo continuo o intermitente. La actividad de las distintas especies de bacterias está condicionada por la temperatura, salinidad, tensión superficial, PH, tensión de oxígeno y otras características ambientales en las que se vuelven bioquímicamente activas. Se supone que en condiciones óptimas las bacterias en aguas bien oxigenadas pueden oxidar el petróleo de la superficie (8) a velocidades que llegan a 2 gramos por metro cuadrado y día de agua entre 20° y 30°C.

Estas consideraciones orientan sobre los mejores métodos de tratar los derrames de petróleo en la superficie de la mar. Esta generalización tan amplia está lejos de ser adecuada al considerar lo que ha de hacerse con el petróleo derramado en el agua. Los microorganismos oxidantes de los hidrocarburos a que se hizo referencia anteriormente, exigen oxígeno libre o disuelto que les permitirá luchar contra el petróleo. Zobell (4) ha calculado, que para degradar un litro de crudo se necesitaría todo el oxígeno disuelto en unos 400.000 litros de agua de mar, suponiendo que no existe renovación por la atmósfera o por actividad de fotosíntesis. Ello demuestra claramente que salvo que la « mar » sea un gran volumen de agua, deberá tenerse cuidado en seguir cualquier tratamiento que no elimine completamente el petróleo. Por otra parte, en mar abierta, o en zonas donde existe

una rápida renovación del agua por las corrientes de marea con la mar abierta, han ocurrido derrames de petróleo que aparentemente sólo han tenido efectos nocivos temporales sobre el medio ambiente. Los más dramáticos ejemplos donde se ha dañado el medio ambiente de modo considerable, han sido debidos generalmente a grandes derrames de hidrocarburos especiales muy aromáticos en zonas confinadas de la mar. En áreas estratégicas (como criaderos de peces en el período de reproducción) la contaminación petrolífera puede inhibir severamente la renovación de importantes colonias de peces. En estos casos debe hacerse todo para retirar el petróleo de la superficie.

En mar abierta y aun en cualquier parte del océano cabe pensar en mantener la mancha en observación y no hacer nada inmediatamente a menos que haya pájaros marinos en el área o el petróleo tienda a irse hacia la zona litoral.

Cuando haya que actuar sobre petróleo derramado en la mar, la recogida física del medio marino debe ser preferida a cualquier otro método. Conviene notar, sin embargo, que todavía no se ha perfeccionado un sistema realmente satisfactorio para remover físicamente el petróleo de la mar abierta y que, incluso con los mecanismos más perfectos, no es siempre posible sacar el petróleo del agua, ya sea debido a las condiciones atmosféricas o al estado del petróleo.

IV. CONTENCION, RECOGIDA Y TRATAMIENTO DE MANCHAS DE PETROLEO EN LA MAR

4.1 Generalidades

El petróleo se puede tratar mientras sigue flotando en la superficie de la mar o cuando llega a la costa. En el último caso, que se discutirá más tarde, el problema estriba en que la clase de terreno a limpiar puede ser tan diferente que no se puede adoptar con carácter universal un solo procedimiento; por consiguiente, lo mejor generalmente es tratar al petróleo mientras está todavía flotando, existiendo varios procedimientos diferentes que se podrán emplear en principio.

Si nos ocupamos primeramente de la remoción completa desde el agua, esto comporta generalmente arrastrar o aglomerar el petróleo flotante formando una capa más gruesa y entonces recogerlo o succionarlo desde la superficie y pasarlo a recipientes para llevarlo a tierra. Pueden usarse materiales absorbentes del petróleo para retirarlo del agua. El petróleo entonces puede ser recuperado y en algunos casos utilizado.

El quemado del petróleo flotante puede también ser considerado como procedimiento de recogida, pero esto puede causar la contaminación del aire. También puede transformarse el petróleo en gelatina; aplicado al petróleo flotante este método facilitará su remoción de la superficie. Otra solución es dejar el petróleo sobre la mar pero reduciendo sus propiedades peligrosas bien hundiéndolo tratándolo con polvo pesado o dispersándolo en pequeñas gotas y mezclándolo con un gran volumen de agua. El plan a aplicar deberá evaluar estos factores teniendo en cuenta el medio local, y

las condiciones de recreo así como el equipo necesario, procedimiento de transporte, mando de las operaciones, etc.

A continuación se estudia cada uno de estos métodos. (9)

4.2 *Técnicas para confinar el petróleo*

Como se ha discutido en el capítulo 3.1, la mayoría de los petróleos se extienden rápidamente cuando se derraman sobre el agua. Por tanto, si no se confina por algún procedimiento, incluso un derrame masivo de petróleo tenderá a transformarse en una fina película sobre una gran superficie de agua. (Cuando una tonelada de petróleo se ha extendido para cubrir una superficie de 100 m² su espesor es sólo de 1/10 de milímetro.) Cualquier método de recogida mecánica será más fácil si la capa de petróleo es relativamente gruesa, bien porque no se ha dejado al petróleo extenderse o usando algún procedimiento para barrer o recolectar el petróleo dentro de un área más pequeña de forma que el espesor de la capa sobre la superficie se incremente. A este tipo de barrera flotante se le llama cerco.

4.2.1 *Cercos (Concepto general)*

Para evitar que las manchas de petróleo se propaguen en zonas muy amplias se han desarrollado muchos tipos diferentes de cercos o barreras que retengan el petróleo. Algunos han sido concebidos para su despliegue rodeando la mancha de petróleo de forma que se reduce la zona de propagación y aumenta el espesor de la mancha ayudando así en su recuperación. Otros cercos han sido ideados para ser colocados cruzando las entradas de los ríos, bahías y otros puntos vulnerables para proteger los lugares de recreo contra la penetración de las manchas de petróleo producidas por un derrame en el mar. Un somero y sencillo examen del problema indica que casi cualquier tipo de barrera flotante o tubo inflado adecuadamente anclado permite aguantar el petróleo.

Examinando el problema más a fondo se ve que el petróleo podría deslizarse por debajo de un sencillo tubo y que el modo de hacer todo el sistema bien estanco al petróleo es añadir una faldilla adecuadamente lastrada. Tomando como base estas consideraciones se han producido en muchas partes del mundo cercos actualmente comercializados, de un tipo u otro. (10)

El cerco de contención ha formado parte normal del equipo de los muelles petroleros durante muchos años porque muchos de los terminales de petróleo están situados en aguas abrigadas, obligando a construir barreras que fueran algo más que un simple tubo flotante para rodear al buque durante las operaciones de trasvase. En muchos de los terminales petroleros mayores hay una o más de estas barreras dispuestas para contener la propagación del petróleo en casos de derrame accidental. Pero cuando menos hubo una ocasión en que, ocurrido un derrame, fue necesario cortar la barrera para evitar el peligro de incendio consiguiente al quedar el buque rodeado de petróleo muy inflamable acumulado dentro del cerco. No obstante, la experiencia indica que un cerco es eficaz para impedir que el petróleo flotante se extienda en aguas relativamente en calma.

El uso del cerco para recoger el petróleo en alta mar o para evitar que se extienda, o para proteger un lugar especial en un estuario es muy diferente, existiendo varios factores que se deben tener en cuenta.

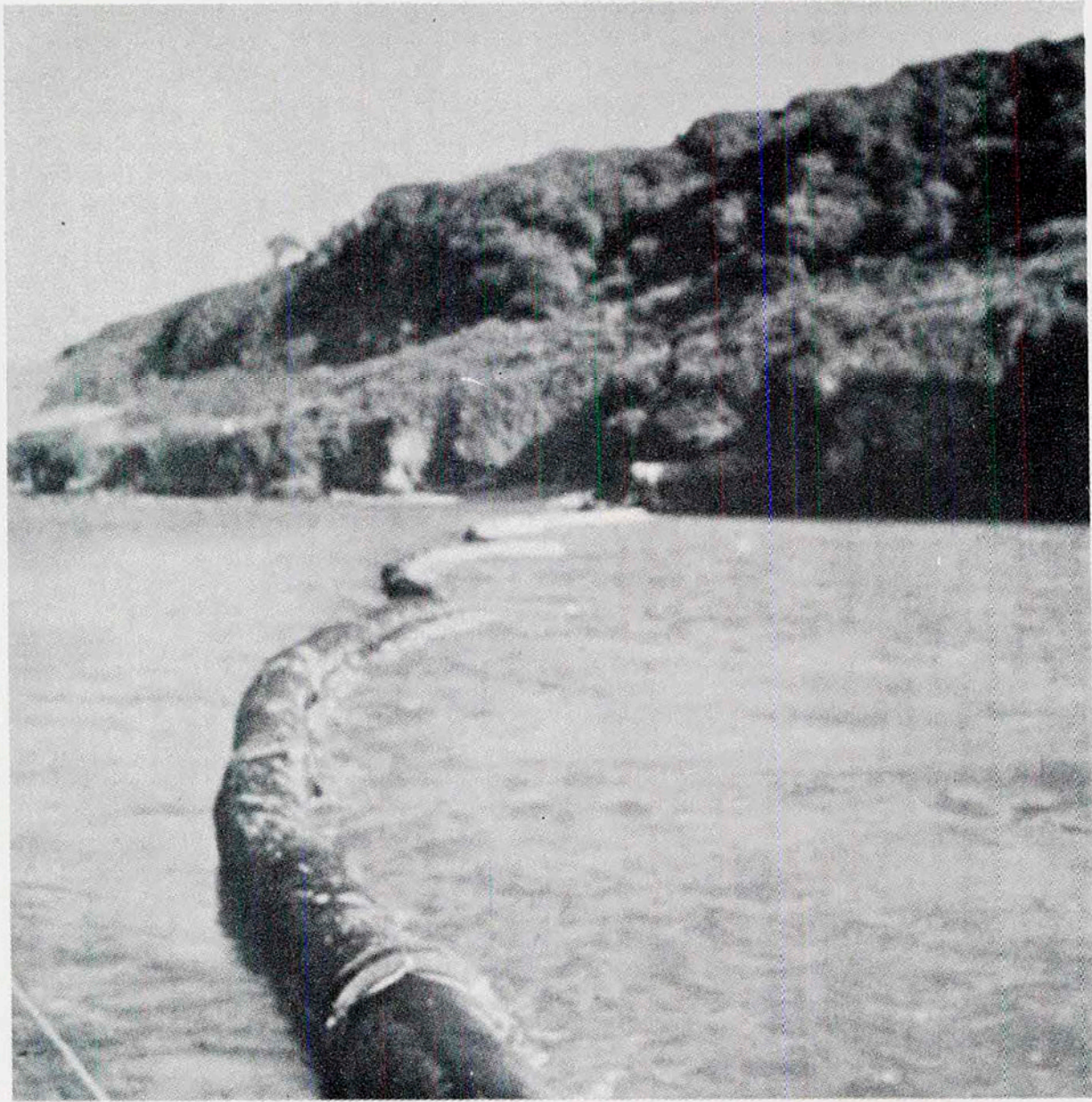


Fig. 1. *Tipo corriente de cerco en un estuario. Nótese los amplios senos entre proyecciones formadas por los puntos de anclaje.*

Los cercos que están anclados o que, de algún modo, están fijados para que no sigan libremente el movimiento de las olas no son capaces de contener el petróleo en condiciones de oleaje o marejada porque el petróleo flotante tiende a ser arrojado por encima de la barrera con la cresta de cada ola, de modo que la repetición del movimiento de oleaje tiende a sacar todo el petróleo recogido del interior del cerco. Si hay mucha mar puede incluso ocurrir que el cerco se sumerja de vez en cuando. Cálculos teóricos de dinámica de los fluidos aplicados a la contención del petróleo flotante dentro de barreras mecánicas en presencia de corrientes de agua (11) han demostrado que el agua de debajo de la barrera tiene una velocidad límite más allá de la cual se desprenden de la capa de petróleo gotitas de la misma enfrente de la barrera, que se trasladan por debajo de ella. En otras palabras, por profunda que sea la barrera o perfecta su concepción, ésta no retendrá el petróleo si la corriente sobrepasa un determinado valor límite. Estos cálculos, que han sido respaldados con experimentos en canales hidrodinámicos, en ríos y en alta mar, han demostrado que cuando la velocidad

de la corriente excede alrededor de un nudo, en ángulo recto con la barrera ya no se retiene el aceite. Cuando se tiende una barrera a través de un estuario para evitar un deslizamiento de petróleo procedente de la mar, parecería que lo mejor es ponerla a través de la parte más estrecha del río, pero, en realidad, como ésta es también la zona de mayor flujo, no conviene y deberá evitarse esta posición. Desde luego un cerco colocado normalmente a la corriente, no mantendrá su trazo rectilíneo y formará un seno en el centro del río en donde el flujo es mayor; este hará que el petróleo se acumule en el centro de la corriente, de donde es más difícil retirarlo y donde existe más posibilidad de que la corriente sea lo suficientemente fuerte como para arrastrarlo por debajo del cerco. Por consiguiente, si se ha de utilizar cercos en estos tipos de situaciones, se recomienda su alineación tomando forma de V de modo que toda la materia flotante quede desviada hacia los lados de la corriente. De este modo se concentra el petróleo y también otros restos flotantes hacia el extremo de tierra del cerco en donde puede retirarse. También se reduce así la velocidad en dirección normal al cerco y por ello podrá utilizarse esta configuración en zonas de corriente elevada (12). Cualquier cerco de este tipo deberá ser anclado y fijado a las márgenes. La disposición del anclaje dependerá mucho del tipo de cerco y de las condiciones del paraje.

Para obtener resultados óptimos, es importante la forma que se dé a la sección transversal de la parte sumergida del cerco; lo que importa en este caso es el perfil, dictado por las condiciones de la corriente, y no la forma estática. Por ejemplo, una cámara boyante con una faldilla flexible suspendida y lastrada a lo largo de la arista inferior se comportará de modos diversos según el punto de sujeción de los orinques. Los medios de anclaje más convenientes requieren un gran número de cabos independientes con objeto de impedir la formación de senos profundos entre puntos de anclaje consecutivos. En estos puntos se forman cúspides que tenderán a ponerse en ángulo recto respecto a la corriente y por consiguiente habrá vértices en los que se puede esperar escapes si la velocidad de la corriente excede del, valor límite.

Las consideraciones anteriores indican que si se pretende proteger un estuario o bahía contra el petróleo por medio de un cerco, no se trata de poner como sea una barrera en el momento en que el petróleo está a la vista. Deberán hacerse medidas del flujo de la corriente bajo distintos estados de la marea; deberán considerarse los puntos de amarre más apropiados para el cerco; su longitud y dimensiones deberán calcularse con objeto de conseguir la retención del petróleo, teniendo presente la velocidad de flujo mínima dada anteriormente y, en algunos casos, podrá ser esencial el preparar puntos de anclaje permanentes acaso marcados por boyas. El lanzamiento y amarre del cerco no es un asunto particularmente sencillo y el personal destinado a efectuar la maniobra, deberá ejercitarse en condiciones de calma cuando no existe peligro inminente.

La velocidad límite aludida representa la mayor restricción práctica al uso de barreras, cuando se intenta concentrar el petróleo en una capa más gruesa utilizando dos remolcadores, cada uno colocado en un extremo del cerco y arrastrándolo en un gran arco; este sistema no será eficaz si la velocidad de remolque excede apreciablemente de un nudo.

Sin embargo, si la barrera se puede orientar respecto a la corriente, cabe conseguir una correspondiente reducción en la velocidad normal y la velocidad de remolque se puede incrementar. Esto ha permitido que varios tipos de pequeñas embarcaciones con barreras rígidas instaladas formando

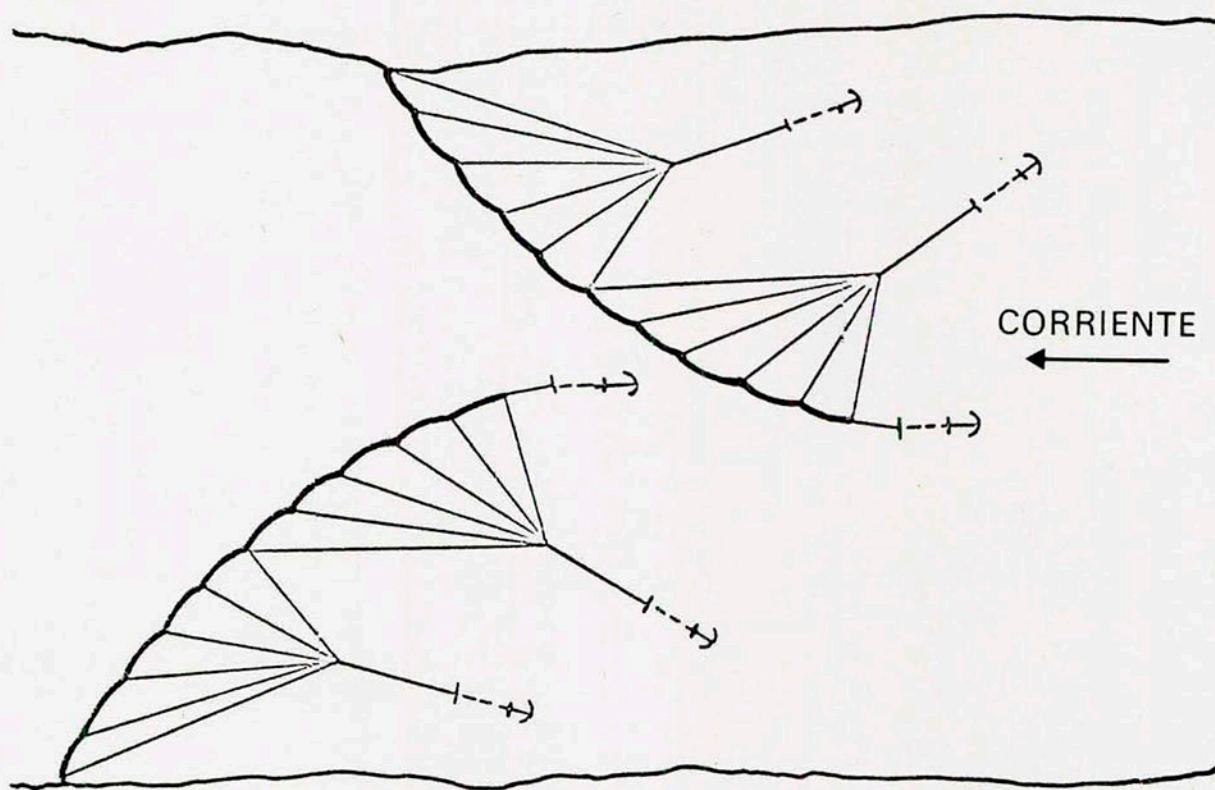


Fig. 2. Pareja de cercos flotantes, sujetado cada uno a la orilla por un extremo y anclado según se ve en el dibujo. La pareja va recogiendo el flujo de petróleo en los ángulos agudos entre los cercos y las orillas, dejando al mismo tiempo un paso de navegación para embarcaciones.

ángulo agudo respecto a la dirección de remolque trabajen de forma relativamente satisfactoria a velocidades razonables (hasta 2 ó 3 nudos).

En áreas confinadas con escasa corriente, las barreras pueden construirse con materiales locales, como troncos y paja en balas, etc. y servirán para contener pequeños derrames.

4.2.2 Cercos flotantes libres

Por lo que se ha visto, la utilización de cercos de tipo ordinario en la mar, es virtualmente imposible como no sea en condiciones especiales, por lo que se han hecho unas cuantas propuestas para utilizar cercos flotantes libres que sirvan para controlar y recoger el petróleo derramado en la mar. La orientación básica de las soluciones busca dos objetivos principales; en primer lugar, controlar el petróleo derramado actuando lo más cerca posible del punto de derrame y, en segundo lugar, reducir el tiempo entre el derrame y la operación de limpieza. Por consiguiente se ha propuesto que el cerco flotante libre y el equipo de lanzamiento relacionado con ese cerco sea transportable por aire de forma que pueda trasladarse rápidamente al lugar del accidente desde bases situadas estratégicamente.

El concepto básico del dispositivo propuesto, es el despliegue de una barrera en forma de V con su vértice apuntando en la dirección del viento. Si se frena cada uno de los extremos libres de los brazos del cerco por medio de un ancla flotante o boyarín, o por un bote maniobrado adecuadamente, el sistema se moverá en la dirección del viento a una velocidad sensiblemente inferior de la del petróleo flotante, el cual como sabemos es arrastrado a una velocidad 3,3% de la velocidad del viento. Al ir derivando, el petróleo

se introduce en el aparejo de cerco quedando atrapado y concentrado en una capa relativamente gruesa en el vértice de la estructura en V. El petróleo embalsado de esta forma podrá eliminarse por alguna técnica de remoción. Los elementos de estas barreras tienen la forma de un 8 muy flexible con una cámara superior llena de aire y una cámara inferior llena de agua y flotando con la parte estrecha del 8 a nivel del mar. Esta configuración es muy estable y sigue las olas de gran amplitud debido a su flexibilidad y a la ausencia de esfuerzos originados por los anclajes. Experimentos en mar libre han demostrado que las barreras de este tipo pueden retener el petróleo en condiciones muy adversas.

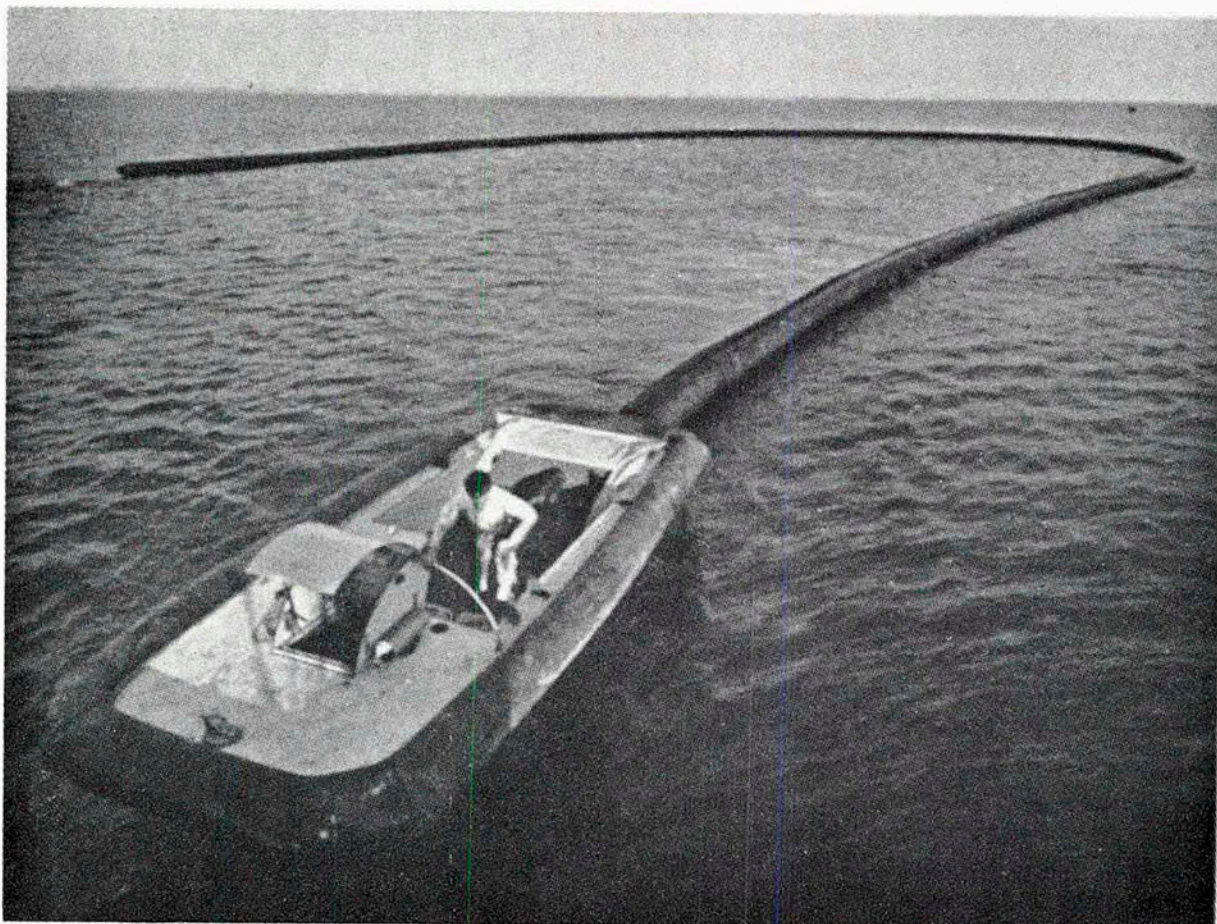


Fig. 3. *Lancha alimentadora largando un cerco flotante dándole forma de «V».*

El modo de operar, si por ejemplo la fuente de contaminación es un buque varado, consiste en desplegar un cerco lo más cerca posible al naufragio. A medida que éste vaya derivando con el viento llenándose de petróleo, deberá desplegarse otro cerco en la posición original del primero cercano al naufragio. Esta operación se repetirá tantas veces como sea necesario. Los cercos que han quedado llenos de petróleo o demasiado alejados para ser eficaces, pueden juntarse por sus extremidades formando un círculo en el que quedará contenido el petróleo y el cual irá derivando lentamente a sotavento. Si fuera necesario, el petróleo así copado puede irse remolcando poco a poco (a velocidad inferior a un nudo), hacia una zona protegida donde quedará anclado hasta que llegue el equipo de extracción de petróleo necesario o bien se procederá a su eliminación inmediata.

4.2.3 *Absorbentes*

Es bien sabido que el petróleo que flota en el agua puede inmovilizarse parcialmente cubriéndolo con algún material absorbente tal como heno

seco o paja (13), o turba (14), pero el volumen de petróleo que se empapa en un sorbedor de este tipo es limitado, dependiendo esa cantidad del tipo de petróleo y de otros factores, y varía de 8 a 30 veces el peso de la paja (15). El uso del heno o de la paja, especialmente en aguas cercadas donde pueda agitarse, para que el absorbente se empape bien de petróleo, es uno de los procedimientos que mejor se adaptan a la retirada de pequeñas cantidades de petróleo viscoso.



Fig. 4. *Espolvoreando turba granulada sobre una mancha de petróleo.*

Otro procedimiento es el uso de algún material que tienda realmente a absorber el petróleo. Es conveniente que ese material absorba con más facilidad el petróleo cuando éste se encuentre en el agua. Los materiales empleados a este fin son porosos y flotan, y su acción depende de alguna combinación de humedecimiento de la superficie y capilaridad. El uso de absorbentes implica seis operaciones básicas: suministro, almacenamiento y transporte del material y después la aplicación, la recogida y la eliminación del absorbente contaminado. Mejor que discutir el problema en el orden lógico antes mencionado, será comenzar considerando los problemas planteados por el uso de estos materiales. Esto indicará la escala en que deba ser montada la operación y su valor particular.

El material absorbente podrá utilizarse bajo la forma de recubrimiento de un rodillo, o adherido a una cinta, que se introduce en la capa de petróleo, absorbe el petróleo y a continuación se lleva a tierra o se mete a bordo de un buque, se exprime y queda listo para nueva utilización. Esta aplicación en pequeña escala se discute en un capítulo posterior. La otra posibilidad es

Se han propuesto varios compuestos (17) para gelatinizar el petróleo flotante. En este caso el problema es el poder distribuir el producto sobre el petróleo y entonces aplicarle la energía suficiente para formar la gelatina. Si bien este proceso reduciría la extensión del petróleo, aún quedaría el concentrar y retirar la gelatina. Esto no es nada fácil; el problema es parecido al de recoger los absorbentes en partículas, que se ha expuesto más arriba. Parece que sólo se debe usar este procedimiento en aguas muy abrigadas y aún es discutible si se justifica el uso de un método tan complejo. En parajes confinados y abrigados, por ejemplo, puertos de refinería, es posible cercar el petróleo derramado durante las operaciones de carga o descarga usando barreras neumáticas formadas por chorros de aire a alta presión despedidos por hileras de boquillas situadas en el fondo, alrededor de un espignón o a través de la parte más estrecha de un puerto interior.

4.3 Técnicas para la recogida mecánica

4.3.1 Dispositivos de succión

El procedimiento usual para separar el petróleo del agua consiste en disponer algún tipo de aliviadero que deja pasar el petróleo pero retiene el agua. Si la superficie del petróleo alcanza varios centímetros de espesor y la superficie del agua está tranquila, esto no presenta dificultades y puede lograrse un grado bastante fino de separación. Este principio se emplea, por ejemplo, en el separador API diseñado para las refinerías de petróleo. Cuando la capa de petróleo se adelgaza, el problema de fijar el nivel exacto del aliviadero se hace más difícil, siendo necesario recurrir a una técnica

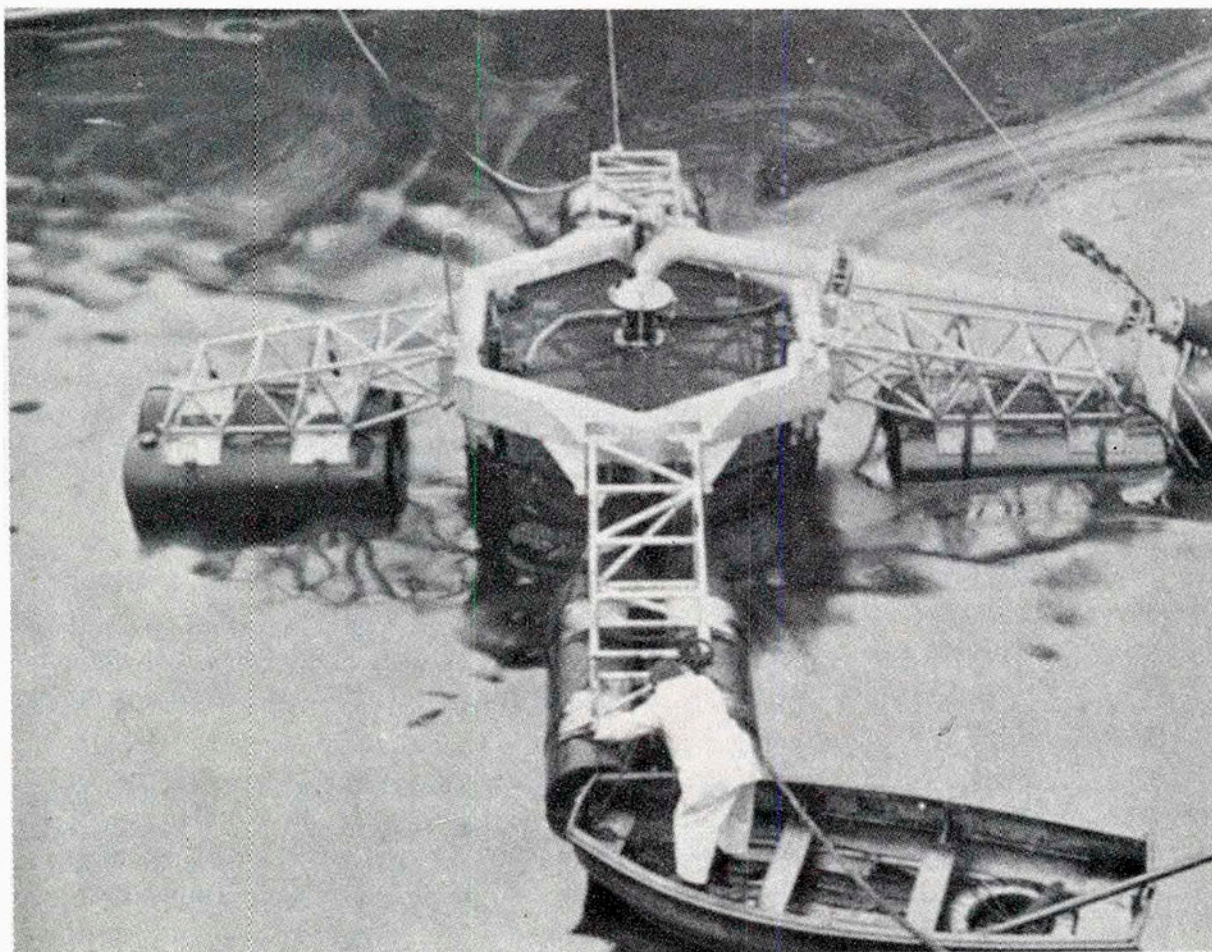


Fig. 5. Prototipo de aparato de bombeo basado en el principio «Vortex».

TABLA 2 Influencia del agua

	Agitado en agua de mar durante 6 horas, después de petrolar con Bunker C		Agitado en agua de mar durante 6 horas antes de petrolar con Bunker C	
	Relación agua/petróleo	% de retención de petróleo	Flotación después de agitar durante 6 horas	Relación de capacidad de absorción para petróleo Bunker C después/antes de agitar en agua
Perlita	0,35	71	flota	1,0
Vermiculita	0,18	82	se hunde	0,2
Ceniza volcánica	2,38	85	flota	0,8
Mazorca de maíz, molida	0,62	96	se hunde	1,0
Cáscara de cacahuete (mani), molida	0,82	58	se hunde	0,8
Fibra de madera picada	1,05	78	se hunde	0,4
Serrín	3,14	83	se hunde	1,0
Paja de trigo	0,83	98	se hunde	0,9
Fibra celulósica de madera	0,70	92	se hunde	1,0
Espumas de poliuretano:				
A. Tipo poliéster, picado	1,01	66	flota	0,6
B. Tipo poliéster, cortado	0,24	83	flota	0,6
C. Tipo poliéster, cubos de $\frac{1}{8}$ pulgada	1,04	89	flota	0,7
Espuma de urea formaldehído	1,10	97	flota	0,2
Fibras de polietileno:				
A. Tipo lana	0,68	65	flota	1,0
B. En lámina o fieltro	0,28	99	flota	1,0
C. Fibra continua, sin tejer	0,06	98	flota	0,7
Fibra de polipropileno, sin tejer	0,73	68	flota	1,0
Poliestireno en polvo	3,25	90	flota	1,0
Virutas de poliéster	3,04	64	flota	1,0
Virutas de PTFE*	1,48	67	flota	1,0

*Quemar desperdicios de PTFE puede ser peligroso, porque se producen gases altamente tóxicos.

TABLA 3 Capacidad de absorción máxima en gramos: petróleo/absorbente

	Bunker C	Crudo denso	Crudo ligero	Fuel-oil n° 2
Ensayo de viscosidad de petróleo a 77°F Cs.	2.800	2.600	7,8	3,1
Peso específico a 77°F	0,942	0,977	0,854	0,856
Perlita	4,6	4,0	3,3	3,0
Vermiculita	4,3	3,8	3,3	3,6
Ceniza volcánica	21,2	18,1	7,2	5,0
Mazorca de maíz, molida	5,7	5,6	4,7	3,8
Cáscara de cacahuete (maní), molida	5,8	4,3	2,2	2,2
Fibra de madera picada	14,7	11,8	6,5	6,4
Serrín	3,0	3,7	3,6	2,8
Paja de trigo	5,8	6,4	2,4	1,8
Fibra celulósica de madera	18,6	17,3	11,4	9,0
Espumas de poliuretano:				
A. Tipo poliéster, picado	72,7	74,8	70,0	48,7
B. Tipo poliéster, cortado	30,3	24,5	30,6	27,5
C. Tipo poliéster, cubos de ½ pulgada	72,7	71,7	66,1	64,9
Espuma de urea formaldehido	72,7	52,4	50,3	47,8
Fibras de polietileno:				
A. Tipo lana	37,0	27,8	19,7	16,1
B. En lámina o fieltro	18,6	17,6	11,9	10,6
C. Fibra continua sin tejer	46,0	36,7	45,4	36,2
Fibra de polipropileno, sin tejer	21,7	18,1	6,9	4,8
Poliestireno en polvo	23,4	21,7	20,4	5,8
Virutas de poliéster	8,8	7,4	6,6	4,7
PTFE en virutas	5,0	6,0	1,4	1,0

TABLA 4 Capacidad de absorción de la turba comparada con otros absorbentes

Absorbente	Humedad % del peso seco	Relación del peso al volumen gm/dm ³	Capacidad de absorción dm ³ petróleo/dm ³ abs.	Cantidad de petróleo y agua absorbida de la superficie del agua y de la capa de petróleo	
				dm ³ petróleo/dm ³ abs.	dm ³ agua/dm ³ abs.
Turba secada al aire libre (grano grueso)	24	77	0,57	0,40	0,20
Turba hidrófuga (grano grueso)	7	80	0,65	0,54	0,12
Turba hidrófuga (molida)	16	188	0,60	0,52	0,10
Lava volcánica (grano)	1	70	0,46	0,46	0,06
Fibra de vidrio tratada químicamente	1	100	0,48	0,48	0,06
Espuma plástica		10	0,41	0,35	0,05

que está todavía en proyecto. Muchos de los mecanismos actualmente disponibles están expuestos, en mar gruesa, a hundirse profundamente en una ola y succionar sólo agua, y en el momento siguiente al estar sobre el seno de la ola succionar sólo aire, de modo que únicamente se logrará una separación relativamente satisfactoria entre el petróleo y el agua en cortos períodos de tiempo. Sin embargo hay muchas ocasiones, en muelles y puertos y en aguas cerradas, en que los dispositivos de succión son de un valor considerable.

4.3.2 *Raseras*

Los investigadores han demostrado mucha inventiva ideando dispositivos de recogida (raseras) que funcionen en estas condiciones. En términos generales, estas raseras consisten en una abertura cuyo « labio inferior » puede ajustarse exactamente para alinearse con la superficie de contacto de petróleo/agua. Se han sugerido muchos dispositivos de equilibrio para contrarrestar el efecto de las olas. En esta breve exposición es imposible enumerar las diversas propuestas, pero cabe hacer varias observaciones generales que sirvan de guía a cualquier organización que se proponga adquirir o usar alguna de ellas. Si se quiere que el dispositivo trabaje satisfactoriamente es casi inevitable restringir la longitud de la abertura. La abertura larga es muy difícil de ajustar a la altura de la ola en todos los puntos de su longitud y en consecuencia arrastrará más o menos agua a lo largo de esa longitud, mientras que una abertura que no exceda, por ejemplo, de dos metros, es mucho más probable que pueda alinearse con la superficie de contacto del petróleo/agua. Esa alineación es indispensable para no arrastrar enormes cantidades de agua que deberán separarse posteriormente. Este problema de la separación también indica en seguida que las raseras, en general, sólo sirven si el espesor del petróleo es suficiente; cuanto más gruesa sea la capa de petróleo tanto más sencillo puede ser el equipo.

Servirán unos embudos invertidos sencillos conectados con las bombas de succión si el petróleo está bastante espeso. De no ser así, se ha sugerido el uso de embudos sostenidos por flotadores con dispositivos más o menos complicados para ajustar el borde del embudo a la superficie de contacto, con el tubo de succión que corre hacia abajo sumergido en el agua hasta llegar al punto de recogida; este sistema es muy eficaz en condiciones apropiadas. En este caso la viscosidad del petróleo cuenta mucho, ya que los petróleos más viscosos tienden a acumularse en el borde del embudo impidiendo así el flujo libre. Cuando el petróleo es espeso, pueden emplearse otros dispositivos que se describirán más adelante. Uno de los dispositivos más eficaces observados es capaz de operar en condiciones de mar llana recogiendo el petróleo hasta unas cuantas centésimas de milímetro de espesor (19).

El barco « espumadero » ideado y construido en Holanda es un ejemplo de embarcación sencilla muy eficaz en canales y vías navegables cerradas. Esta embarcación barre unos 20m de ancho a una velocidad de $1\frac{1}{2}$ a 2 nudos y la separación de petróleo/agua es lo bastante satisfactoria para permitir la descarga inmediata desde el barco del agua efluente.

Un modelo anterior de rasera útil para su uso en puerto fue ideado en Baltimore E.U.A. Consistía en un sencillo tambor de metal que se sumergía en el agua cubierta de petróleo; éste se adhería al tambor, el cual se hacía girar de manera que el petróleo penetrase a bordo y se quitaba raspando con una hoja raspadora. La máquina tenía grandes limitaciones en cuanto a



Fig. 6. *Rasera flotante que usa el principio de aliviadero.*

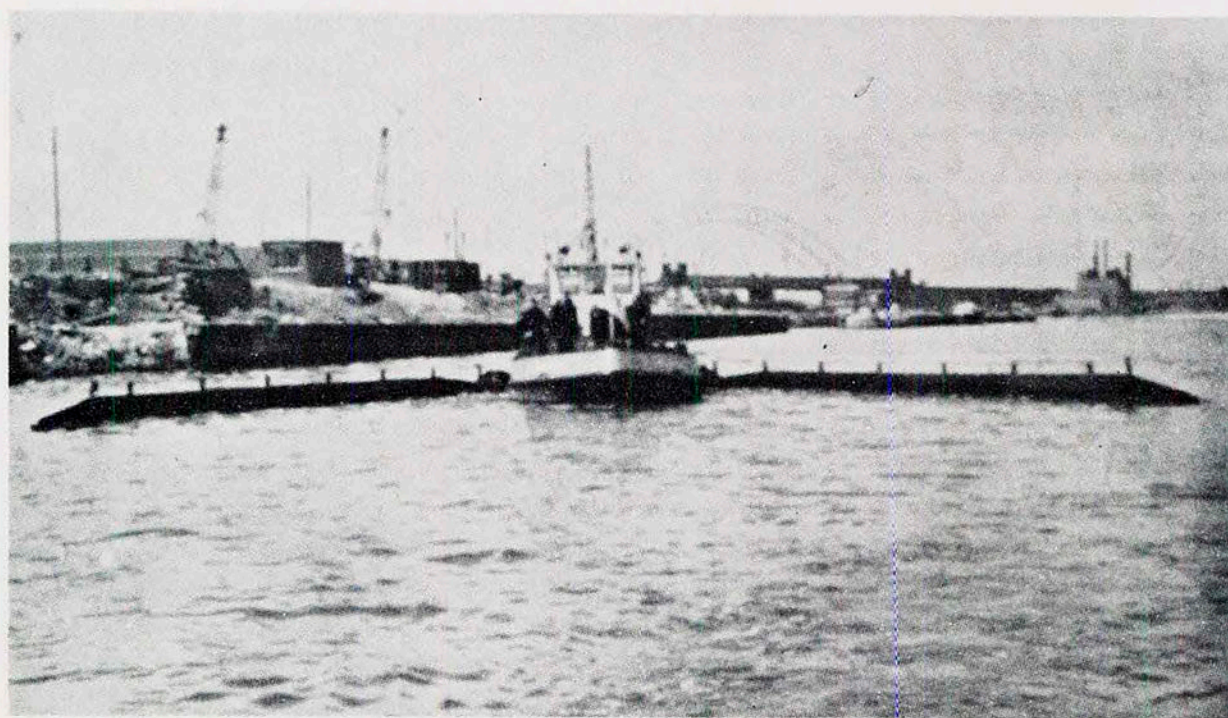


Fig. 7. *Remolcador «Waterwiser» descontaminando el canal de Manchester por el procedimiento de rasera.*

velocidad de funcionamiento en capas gruesas de petróleo, y al emplearla en condiciones de oleaje. En consecuencia se propuso emplear discos giratorios espaciados y fijos a un eje común. Se montó una máquina prototipo para emplear con mucha mar; la máquina sólo tiene una longitud frontal limitada para activar la recogida del petróleo y aumentar también la eficiencia trabajando con una capa más espesa de petróleo; hay que emplear también brazos o tangones recogedores que presentan los problemas discutidos anteriormente. Sin embargo, un dispositivo así puede ser muy apropiado para usar en el vértice de una de las barreras flotantes libres propuestas.

Muchos de los dispositivos mecánicos empleados para recoger o succionar el petróleo de la mar entregan una mezcla de petróleo y agua, que entonces pasa a un separador de petróleo/agua.

A este respecto ha de señalarse que cualquier tipo sencillo de separador agua/petróleo, depende de la velocidad de ascensión de una gota de petróleo en el agua; esto, como bien se sabe, depende del tamaño de la gota, cuanto más pequeña sea más lenta es la ascensión. En consecuencia, para extraer la mezcla agua/petróleo de la superficie de la mar deberán tomarse todas las medidas posibles para que las bombas utilizadas no rompan la mezcla agua/petróleo en gotas finas o emulsión que puedan complicar de modo considerable el problema de la separación. Si fuera posible, deberán utilizarse bombas de desplazamiento positivo, de movimiento relativamente lento, en lugar de bombas centrífugas de alta velocidad. Estas últimas, si funcionan en vacío, pueden producir mezclas agua/petróleo que contienen un gran porcentaje de petróleo emulsificado, el cual no puede separarse por métodos de gravedad.

4.3.3 *Dispositivos de cinta absorbente*

Las tablas 2 y 3 muestran que las espumas polimerizadas son los absorbentes con más éxito y que su eficacia es virtualmente independiente de la viscosidad del petróleo. Sin embargo, como las espumas también absorben con facilidad el agua, pueden presentar inconvenientes en los dispositivos mecánicos. Por otra parte, los materiales fibrosos, en especial el polipropileno, son eficaces para los petróleos más viscosos y no recogen el agua tan fácilmente.

Estas consideraciones han influenciado el diseño de dos tipos de máquinas útiles para retirar el petróleo en aguas protegidas. Para petróleos de baja viscosidad se hace pasar el material en forma continua a través del petróleo; luego se escurre y se vuelve a repetir el proceso. En el caso de petróleos más viscosos, se hace pasar una cinta de material oleófilo a través del petróleo, que se queda pegado a la cinta y después es desprendido de la superficie de la misma ya sea en el bote o en tierra según los casos.

Los absorbentes de petróleo fino adoptan dos formas generales: la primera es un tambor o cinta de material absorbente, por ejemplo espuma de poliuretano, montado sobre un bote o barcaza y que va metido en el agua como se ve en la figura. La rotación del rodillo o de la cinta sube el material empapado de petróleo a bordo del bote donde un rodillo de presión se encarga de exprimir el petróleo. A continuación la cinta o tambor se vuelve a poner en contacto con el agua aceitosa con objeto de que absorba otra cantidad de petróleo. El dispositivo que se utiliza puede ser una cinta corta o rodillo; la velocidad del movimiento en el agua ha de ser pequeña, ya que el material absorbente ha de permanecer en contacto con la capa de

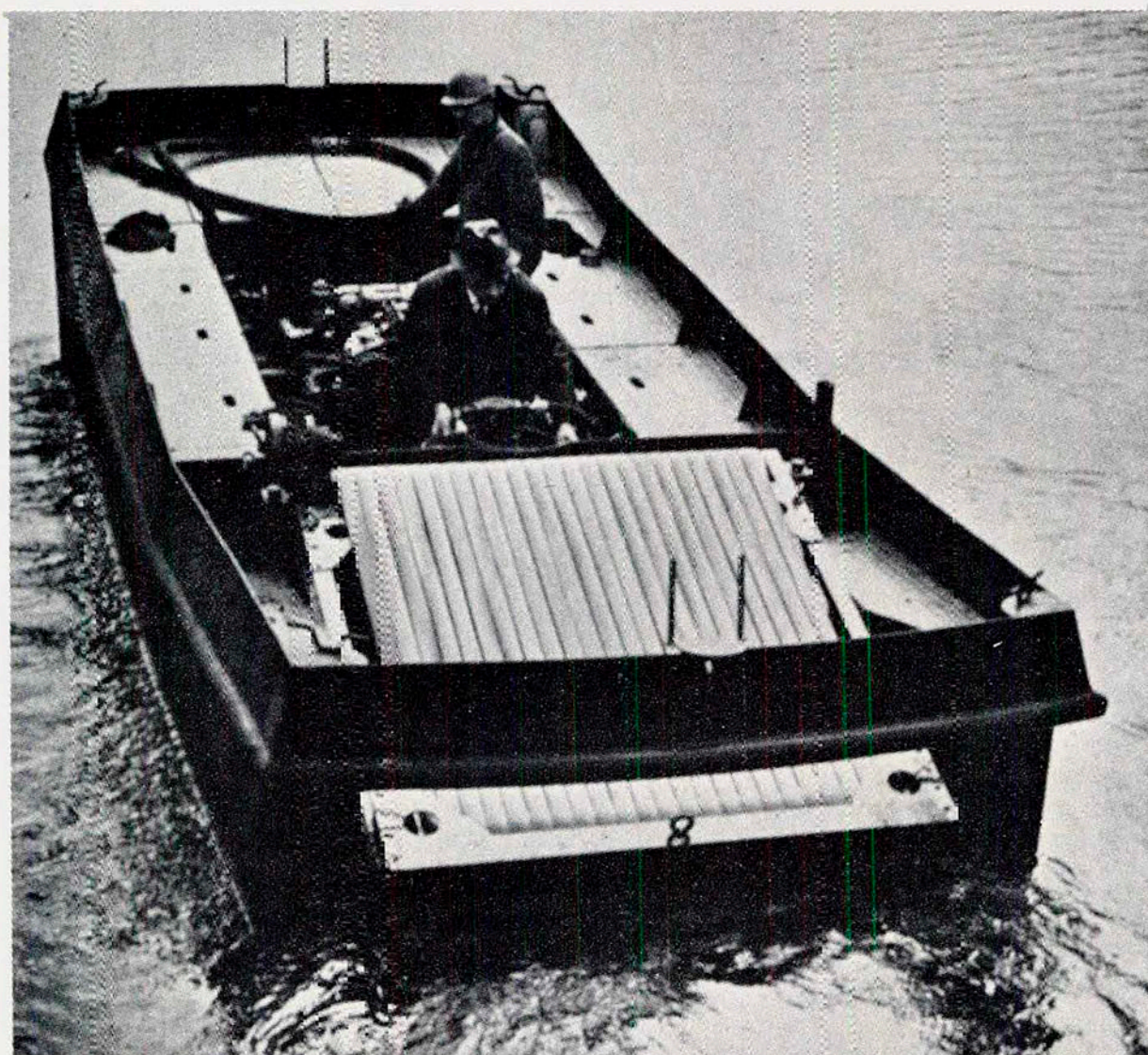


Fig. 8. Lancha automotora para recuperación de petróleo.

petróleo durante un tiempo suficientemente largo, para que permita la absorción del petróleo. Para resolver este problema se ha probado un dispositivo en el que el material absorbente va contenido en el interior de un tubo poroso largo unido a una cinta sin fin. Esta cinta, que puede llegar a tener 100 ó más metros de longitud, flota en la superficie de separación agua/petróleo, absorbiendo petróleo durante todo el tiempo; a continuación se cobra a bordo del bote, se la hace pasar por unos rodillos que exprimen el petróleo y se vuelve a lanzar para absorber más petróleo. El diseño de la cinta no es particularmente fácil ya que por un lado debe ser absorbente de petróleo y, a pesar de ello, lo suficientemente elástica como para soportar la repetición de los exprimidos. Por supuesto no hay ningún material absorbente que pueda usarse indefinidamente; la vida de cada uno, en ciclos de utilización, dependerá del tipo de petróleo y del cuidado en su manejo. Han demostrado ser adecuadas las fibras de polipropileno insertadas dentro de tejidos especialmente concebidos de nylon o polipropileno. Como ya se ha indicado, un dispositivo de este clase resulta adecuado para los petróleos más ligeros, que pueden ser absorbidos por la estructura celular. A medida que los petróleos son más viscosos, aumenta el tiempo necesario para la absorción hasta que finalmente el petróleo únicamente recubre la superficie de la espuma en vez de ser absorbido. En este caso probablemente resultará más adecuada la utilización de cinta o cintas oleófilas. Se

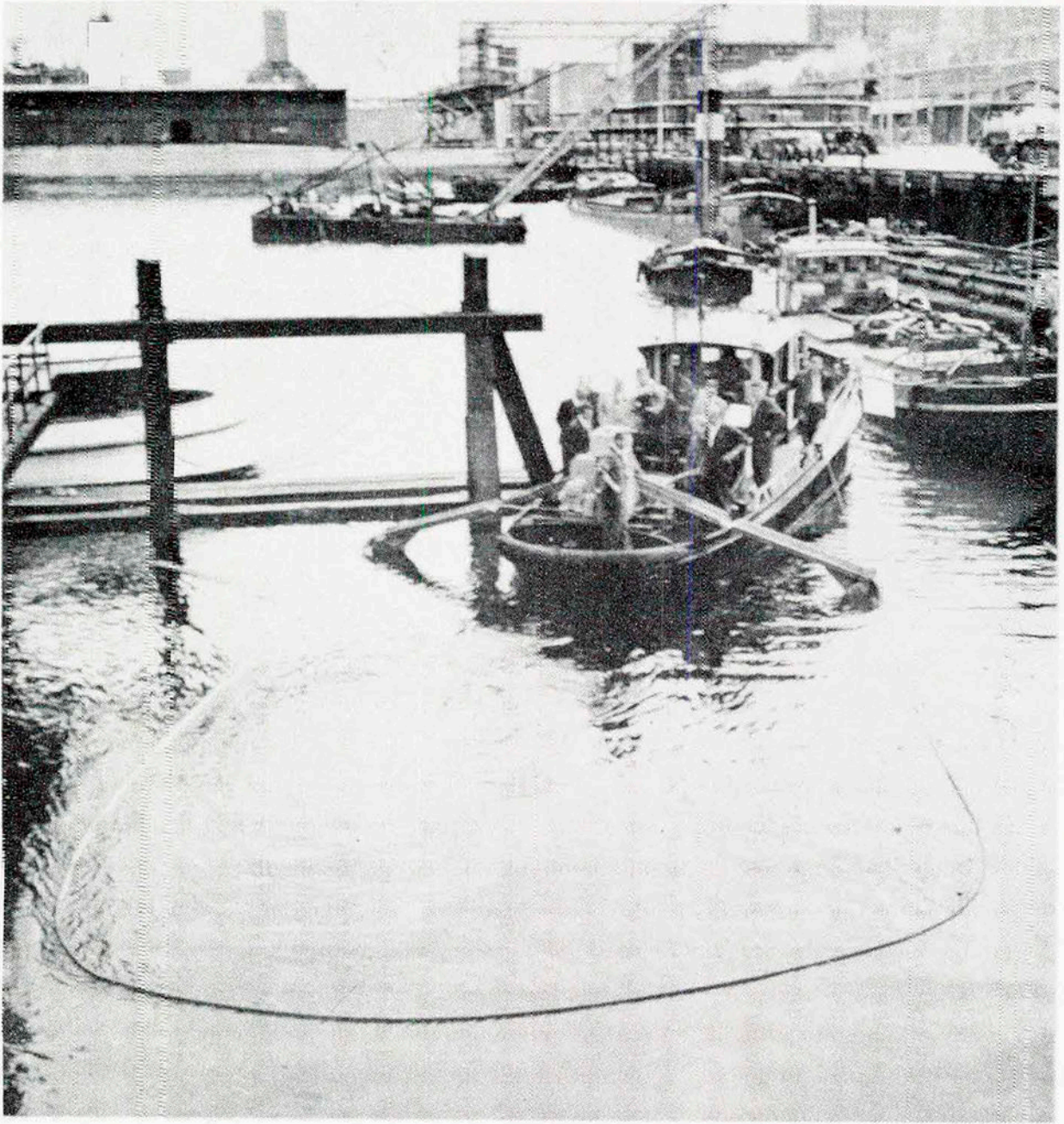


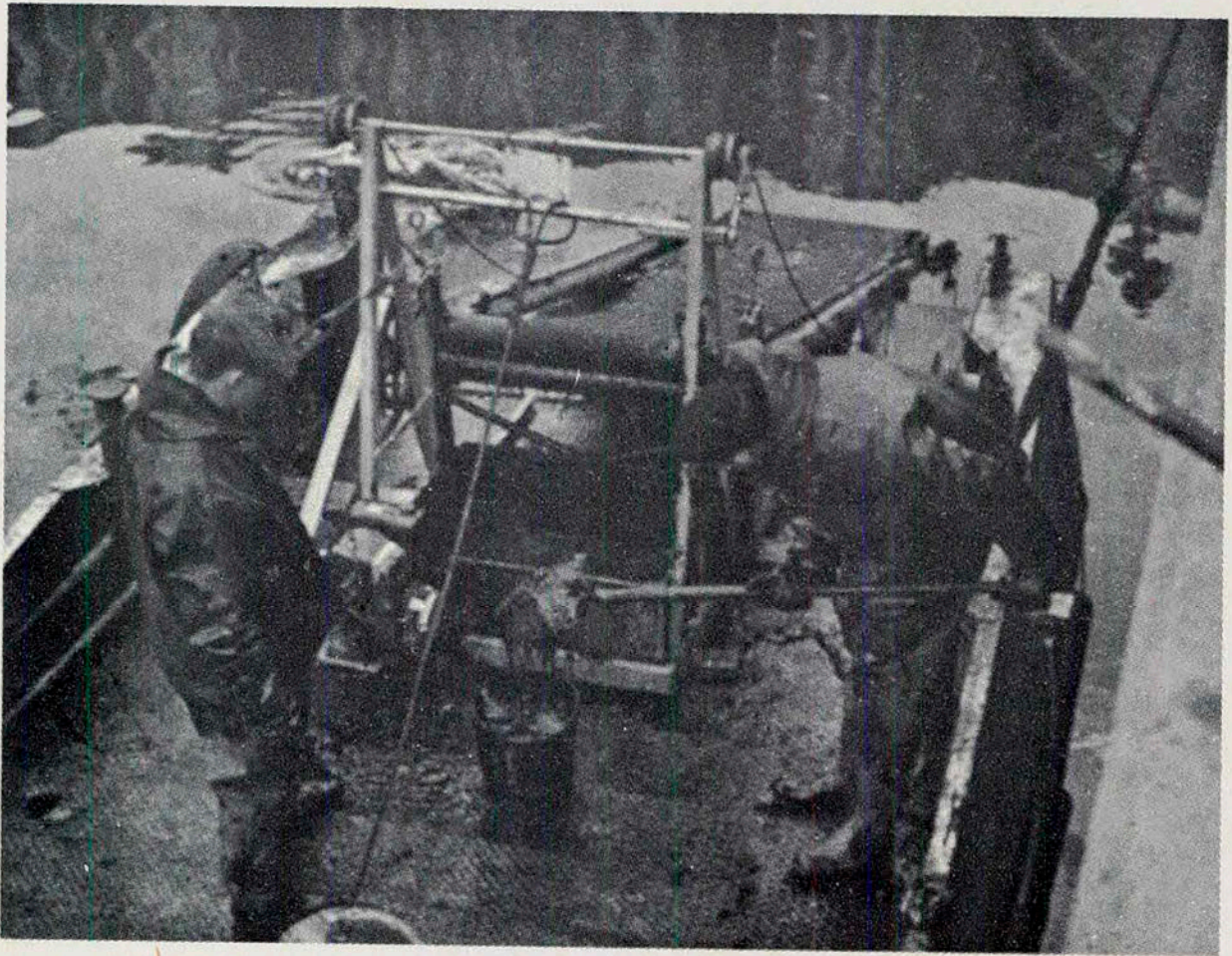
Fig. 9. *Pruebas con el absorbedor de petróleo de cinta continua.*

han construido numerosos dispositivos de este tipo, los cuales van desde un sencillo tambor de hierro, hasta los equipos más complicados que utilizan una cinta de goma sintética. Todos ellos pueden recolectar petróleo casi libre de agua, si bien a una velocidad relativamente lenta. La cinta o tambor no es práctica si su anchura sobrepasa unos dos metros; la velocidad de la propulsión debe ser lenta; siendo únicamente adecuada para la limpieza de petróleo relativamente espeso en áreas limitadas, por ejemplo en una dársena.

Un dispositivo bastante similar fue utilizado en condiciones diferentes por el Gobierno canadiense con ocasión del derrame del « Arrow » (20). Al principio se aplicaba una cinta de material absorbente que pasaba por un rodillo sumergido; versiones posteriores utilizaron una cinta de goma sintética dotada de surcos para ayudar a desprender las algas y restos empapados de petróleo. Este tipo de máquina demostró ser muy eficaz con el petróleo en estado de gran viscosidad derramado en el accidente del « Arrow ».



Figs. 10 y 11. *Bote extractor de hidrocarburos recogiendo petróleo del «Arrow».*



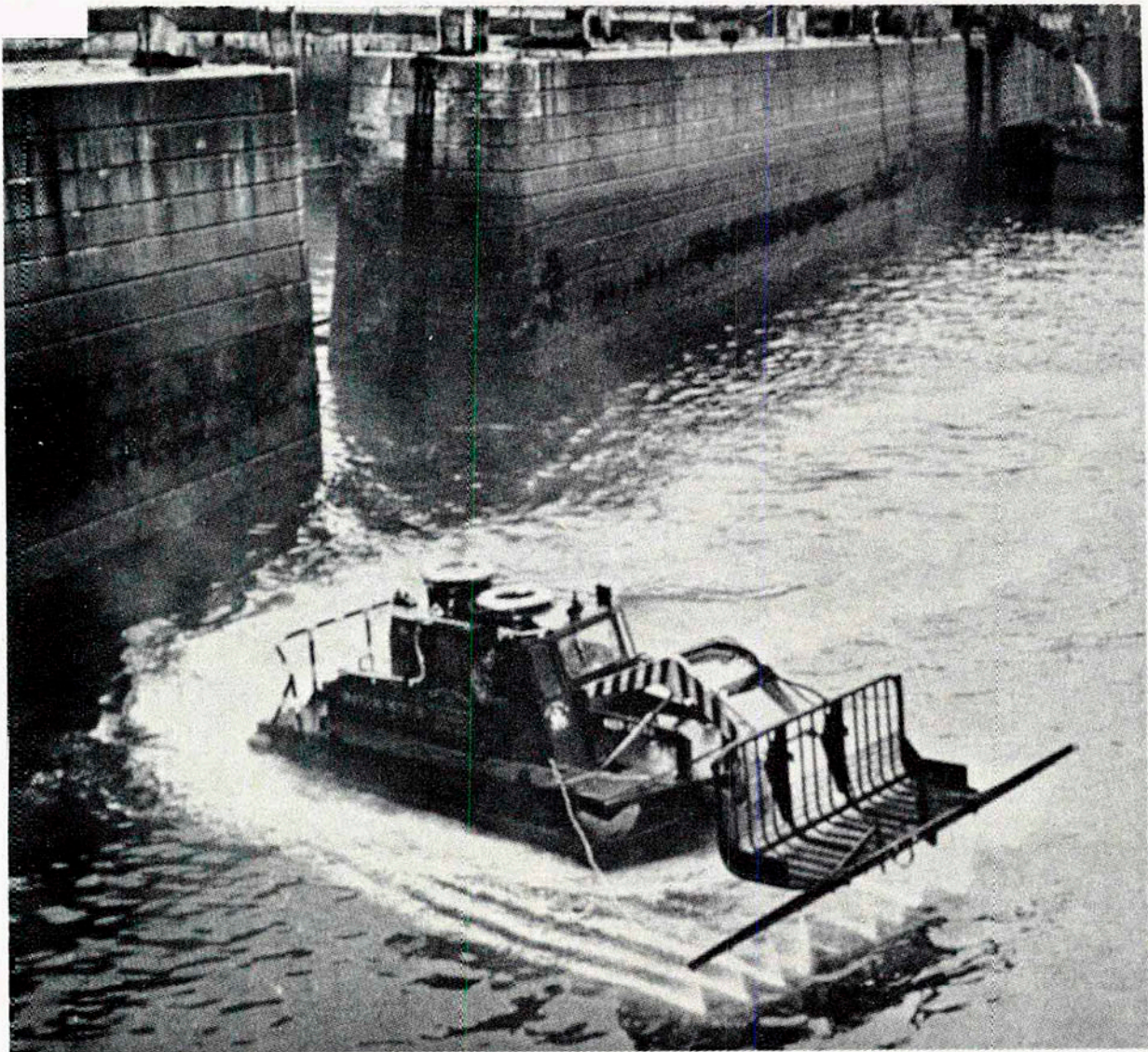


Fig. 12. *Motora de puerto dotada de horquilla elevadora para recoger petróleo flotante y otros restos.*

4.3.4 *Otros dispositivos*

El Gobierno sueco está perfeccionando un dispositivo para recoger petróleo muy viscoso o absorbido usando la técnica del arrastre. El dispositivo consiste en una red en V atirantada sobre dos flotadores y operando desde la superficie hasta 4 a 6 pies de profundidad.

Uno de los muchos métodos de recoger masas de petróleo viscoso es usar una embarcación corriente para faenas portuarias que lleva un rastrillo u horquilla elevadora modificada. El sistema tiene la doble ventaja de que puede usarse para retirar objetos flotantes de cualquier tipo y también es apropiada para remover petróleo viscoso. Si es necesario los dientes de la horquilla se pueden cubrir con láminas metálicas de forma que el petróleo se pueda coger en más pequeños grumos; es un método simple de mecanizar el trabajo que de otra forma debe ser hecho por hombres utilizando horquillas y rastrillos.

El problema de usar materiales troceados es el de distribuirlos sobre amplias zonas del mar y después recoger la masa de material impregnada de petróleo. Por ahora no hay ningún método satisfactorio del todo para realizar esas operaciones.

4.4 Otros medios de recogida y tratamiento

4.4.1 Quema del petróleo

Con la exclusión de quemar el petróleo cuando éste está contenido en un buque naufragado, el problema de quemar el petróleo flotante en la superficie de la mar se considera prácticamente insoluble. Los petróleos, particularmente los de baja viscosidad, tales como los crudos, se esparcen muy rápidamente. El espesor de la capa que ha de quemarse se hace muy pequeño y el efecto refrigerante del agua que está por debajo del petróleo es suficiente para evitar que tenga lugar la combustión. Además, debido a que la capa es tan delgada y el área superficial tan grande, las fracciones volátiles se evaporarán muy rápidamente de forma que a menos que el petróleo se prenda al momento de estar saliendo de un buque naufragado, es decir, cuando la capa es todavía espesa y quedan volátiles (en cuyo caso equivale a quemar el buque), ha de considerarse imposible de arder.

A la vista de estas dificultades se han inventado varios productos para ayudar en la quema del petróleo. Estos pueden dividirse en dos grupos: (i) cargas de ignición y (ii) dispositivos de mecha.

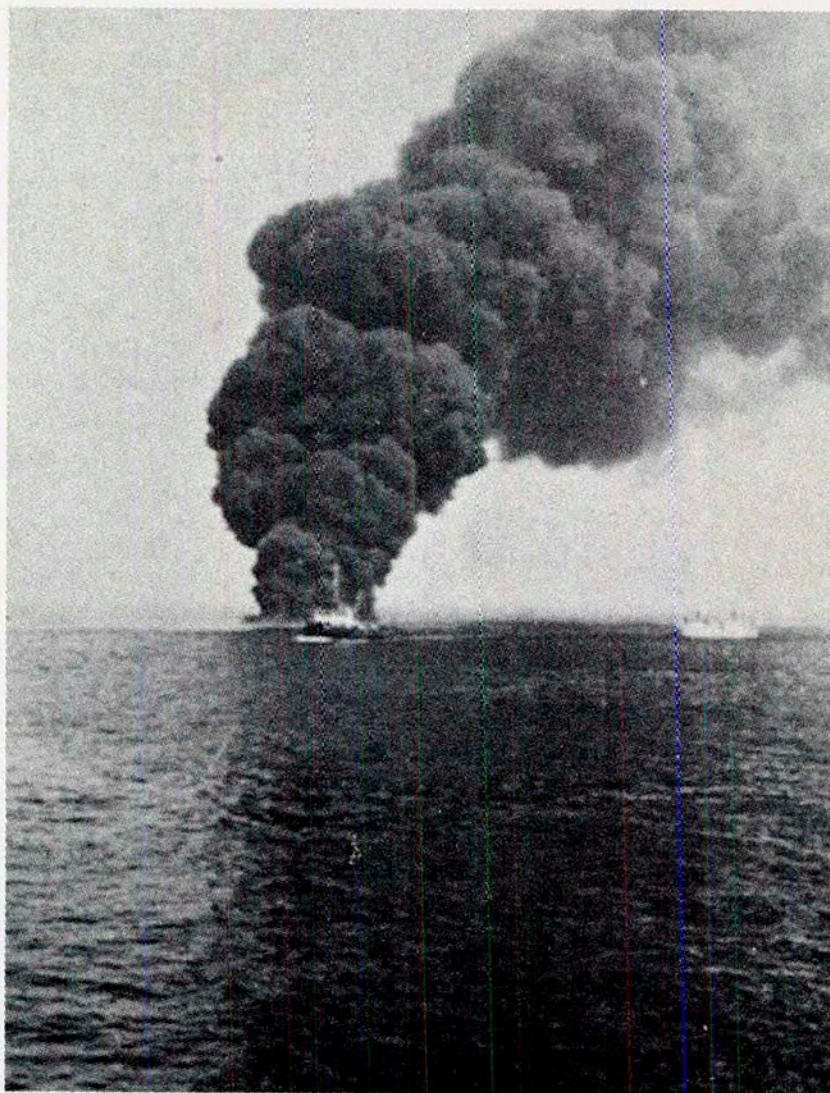


Fig. 13. *Quema de petróleo en la mar con carga de ignición. Las cargas, medidas en cápsulas permeables, pueden lanzarse con precisión y seguridad desde un helicóptero o usando un cañón neumático desde un barco.*

Las cargas de ignición o inflamadores son mezclas de productos químicos de inflamación espontánea cuando se mojan con el agua, lo cual simplifica el proceso de encendido, que arden con fuerza, frecuentemente con una sustancia oxidante, durante un corto tiempo. proporcionando, en teoría, bastante calor para hacer que arda el petróleo flotante. Ahora bien, los experimentos con inflamadores realizados en el Reino Unido han hecho pensar que si las condiciones del petróleo son tales que arde, entonces es innecesaria la utilización de un inflamador, mientras que si la capa es demasiado delgada o si el petróleo no se presta, el inflamador produce un efecto escaso para que valga la pena. Pese a lo dicho, un experimento realizado por el Gobierno holandés utilizando cargas de ignición ha resultado positivo (21).

Los dispositivos de mecha son otra alternativa para ayudar a la combustión; se dice que se el petróleo puede elevarse una pequeña distancia por encima de la superficie del agua por acción capilar a través del material de mecha, entonces se reduce el enfriamiento a que se ha hecho referencia anteriormente. Se han preparado varios tipos de materiales flotantes no combustibles con estructura porosa para aplicar esta idea. Se ha utilizado turba seca con algún éxito (14). Estos materiales tienen dos inconvenientes; en primer lugar, la superficie de petróleo debe cubrirse casi por completo con el material de mecha y, en segundo lugar, éste es únicamente adecuado para petróleos de viscosidad lo suficientemente baja para permitirles ascender por el material de mecha. Aunque en condiciones favorables la utilización de estos materiales aumente la cantidad de petróleo que pueda quemarse, no se estima que su uso sea aplicable de un modo general.

Quemar el petróleo cuando está próximo al buque que lo derrama o cerca de las instalaciones de tierra puede añadir el incendio a los otros peligros. Además, aun cuando fuere fácil y tuviese éxito, no podría emplearse en todos los casos; suponiendo que las condiciones son favorables y la quema es factible, la combustión no será generalmente completa, por lo que quedará un residuo sin quemar. Asimismo durante la combustión se producirán grandes cantidades de humos y gases de hidrocarburos no quemados que pueden crear problemas de contaminación atmosférica.

4.4.2 *Dispersión*

4.4.2.1 *Generalidades*

Cuando el petróleo que flota sobre la superficie del agua es tratado y agitado con un producto químico apropiado, se disgrega en partículas de diferente tamaño. Estas tenderán a subir a la superficie con una velocidad que depende de su tamaño y de la relación entre la densidad del petróleo y del agua. Las gotas con un tamaño menor de un cierto límite no ascenderán nunca, pero formarán una emulsión de petróleo en el agua. En general, se produce una serie de diferentes tamaños de gotas por lo que se produce una mezcla de dispersión y emulsión. Las palabras « dispersión » o « dispersado » se usan en este trabajo para denotar este fenómeno. El efecto de romper el petróleo en gotas o emulsionarlo incrementa grandemente la superficie y por tanto la velocidad de biodegradación, ya que las bacterias sólo pueden atacar la superficie exterior del petróleo, por lo que a mayor superficie mayor rapidez en la descomposición del petróleo. Esta tarea consiste en dos operaciones, en primer lugar la aplicación de dispersante de modo uniforme sobre el petróleo flotante y en segundo lugar mezclar el petróleo tratado con la capa superior del agua del mar con suficiente fuerza para romper la mancha de petróleo en pequeñas gotas. La misma agitación distribuirá las pequeñas

partículas de petróleo por un gran volumen de forma que existe poca probabilidad de que se junten y recombinen. Además, dado que estas partículas pequeñas ascienden muy lentamente hacia la superficie, existe menos posibilidad de que se quede formando una película coherente. El dispersar el petróleo no equivale a removerlo del ambiente marino por lo que bien el petróleo o bien el dispersante pueden causar daños a la vida marina.

La toxicidad de los petróleos para la vida marina es muy variable; se ha avanzado la idea de que depende en gran manera de dos tipos compuestos: los hidrocarburos aromáticos, altamente volátiles, y los naftalenos, solubles en el agua. Algunos combustibles ligeros contienen una proporción alta de tales compuestos tóxicos, pero en la mayoría de los crudos y combustibles pesados la proporción de fracciones claramente tóxicas es pequeña y además tienden a desaparecer rápidamente por evaporación en la superficie del mar. Los petróleos, en su casi totalidad, se establecen en la superficie, y por tanto la pesca y el resto de la vida marina bajo la superficie apenas resultan afectados. De los experimentos en laboratorio se deduce que el petróleo en la superficie es tóxico para el plancton y la vida marina en forma de larvas, aunque no se ha demostrado todavía concluyentemente, incluso en el caso del « Torrey Canyon », que cause daños en mar abierto. Incluso la vida animal existente en la orilla del mar entre los límites de la marea alta y la baja apenas se ve afectada por los petróleos que puedan depositarse sobre la misma al retirarse la marea. Cuando posteriormente sube la marea, ésta generalmente transporta el petróleo a un nivel más alto para al fin acabar dejándolo en las proximidades del límite de la marea alta, donde hay pocos organismos y ninguno de valor alimenticio. Naturalmente, si el petróleo se deposita sobre moluscos criados en las zonas barridas por las mareas, tales como mejillones, percebes u ostras, los teñirá,* lo cual puede inutilizarlos para la venta durante semanas e incluso meses. Algunas personas son de la opinión de que los hidrocarburos, en particular los aromáticos polinucleares (HAP), se pueden acumular en los lípidos de los animales marinos de manera semejante a la de los difenilos policlorados o los hidrocarburos clorados. La biosíntesis en las bacterias y en el fitoplancton junto con los detritus orgánicos procedentes de tierra son asimismo fuentes de HAP en el mar. No obstante, trabajos recientes han demostrado que los bivalvos que, al vivir en una región permanentemente contaminada, hayan acumulado HAP, lo pierden de nuevo cuando son llevados a un área libre de contaminación; se supone que tal compuesto es metabolizado o eliminado por disolución en agua.

Aunque la mayoría de los crudos y combustibles tienen una toxicidad relativamente baja para la vida marina, las mezclas dispersantes utilizadas al principio para dispersar el combustible eran en sí mismas muy tóxicas y muchas de las que fueron preparadas inicialmente tenían una toxicidad de unas pocas partes por millón,† lo que significa que su aplicación no diluida mataría casi toda la vida a orillas del mar si se usara para limpiar playas y litorales rocosos. Naturalmente, tales materiales usados donde tenga lugar un proceso de mezcla adecuado, como por ejemplo en mar abierta, se diluyen rápidamente y, aunque sea preferible no utilizarlos, puede que su uso haya de ser aceptado durante una emergencia, produzcan o no daños ecológicamente importantes.

* Les da un sabor y olor a petróleo.

† p.p.m. necesarias para matar el 50% de los animales sometidos a prueba durante 48 horas de exposición (LC₅₀).

Recientemente han sido creados ciertos productos químicos dispersantes que son mucho menos tóxicos, algunos de los cuales poseen un índice de letalidad de LC_{50} a las 48 horas en el intervalo 1000–3000 p.p.m. A este nivel de toxicidad es improbable que aparezcan efectos adversos al rociar petróleo flotante sobre aguas de cierta profundidad con movimiento de mareas. Las condiciones peculiares que se presentan al rociar petróleo atrapado en la zona entre mareas de una playa rocosa son bastante diferentes al caso anterior y se discutirán más adelante. Cuando el petróleo tiene que ser tratado en el área de un estuario, o en aguas poco profundas muy extensas, especialmente si el rociado tiene lugar cuando baja la marea, puede formarse una concentración de dispersante que sea peligrosa e incluso tóxica para los peces y mariscos de la zona. En tales condiciones es preciso mostrar especial cuidado. Un cálculo muy sencillo basado sobre el área y la profundidad mínima del agua puede darnos la cantidad máxima de dispersante utilizable con toda seguridad en un ciclo de mareas. Además, en aguas con marea hay una tendencia a que la misma masa de agua se mueva arriba y abajo del estuario durante varias mareas, de manera que una concentración que acaso es de un nivel inferior al de toxicidad aguda puede permanecer en las proximidades de los mismos peces durante más de una marea aumentando naturalmente el riesgo de daños. En tales condiciones los mismos dispersantes pueden originar serias decoloraciones de pescado y marisco comercial con concentraciones muy por debajo de las que son letales. En general, por lo tanto, los dispersantes que van a ser usados en estuarios y aguas poco profundas deben ser elegidos cuidadosamente por lo que se refiere a su toxicidad y persistencia, y deben ser aplicados con todo género de precauciones. Hay ciertas áreas, generalmente en la plataforma continental, que se sabe son áreas de aparición y crecimiento de peces y crustáceos. Tales áreas no deben ser sometidas al uso de dispersantes durante períodos en que tales áreas están ocupadas. Se ha sugerido que el « olor » del petróleo y su dispersante pueden ser suficientes para impedir que el salmón y otros peces migratorios entren en un estuario durante su recorrido cíclico. Hasta ahora se han llevado a cabo muy pocos experimentos para estudiar el efecto de enmascaramiento, así como el daño originado por los petróleos y sus dispersantes, al propio órgano olfativo.

4.4.2.2 *Agentes dispersantes*

Para lograr una dispersión satisfactoria de petróleo flotante en condiciones cuidadosamente controladas hay que emplear proporciones del orden de 1 ó 2 partes de mezcla dispersante a 10 partes de petróleo, según el tipo y la viscosidad del petróleo, la eficacia del dispersante y la energía disponible para agitar la mezcla. En condiciones de prueba de laboratorio con agitación suficiente, se necesita una proporción más pequeña, pero en condiciones de mar la proporción de dispersante a petróleo necesaria puede llegar a 100% e incluso más. El problema consiste en obtener la cantidad correcta de dispersante para cada superficie pequeña de petróleo. El espesor de la capa de petróleo puede variar considerablemente en cortas distancias y con frecuencia se encuentran trozos de agua aparentemente claras entre derrames de petróleo, así que es imposible aplicar la cantidad correcta en todos los puntos.

Los parámetros a considerar al elegir un dispersante son los siguientes:

- 1) Toxicidad para la vida marina. No sólo la del dispersante sino también la de la mezcla de petróleo/dispersante. Se debe considerar la toxicidad del petróleo y el incremento en la facilidad de filtrar organismos alimenticios adquirida por la mezcla de dispersante y petróleo.

- 2) Persistencia en el medio marino. La persistencia del dispersante deberá ser del mismo orden de magnitud que la del petróleo a dispersar.
- 3) Eficiencia bajo las condiciones dadas de la utilización. Los materiales eficaces en el mar no necesitan serlo para la limpieza de la costa.
- 4) Coste. El uso de un material de baja eficacia pudiera resultar más costoso que otro de mayor precio pero más eficaz.
- 5) Conveniencia del uso, incluyendo la toxicidad humana, inflamabilidad, viscosidad en condiciones de frío, etc.

No es posible dar una especificación que pueda aplicarse en todas partes. Se aconseja que cada país redacte especificaciones para la dispersión en sus mares y costas con indicación de las circunstancias biológicas y otras que puedan encontrarse. A modo de orientación se da en el Apéndice B un proyecto de especificaciones para el Reino Unido.

4.4.2.3 *Método de uso*

La correcta cantidad de un determinado dispersante debe ser aplicada al petróleo flotante, que se agitará o mezclará después para formar una dispersión en la capa superior del mar.

Puede ocurrir que la acción natural del viento y las olas proporcione la agitación suficiente, por ejemplo, cuando existen olas relativamente pequeñas pero viento suficiente para romper las crestas de las olas. La ondulación únicamente, aunque se trate de olas muy grandes, no provoca la mezcla de superficie y este tipo de movimiento de olas contribuye poco a promover la dispersión adecuada. Por consiguiente casi siempre resulta necesario, después de haber pulverizado el producto químico dispersante en el petróleo flotante, mezclar el petróleo con el agua por medios mecánicos. En el caso de derrames muy pequeños en puertos o cerca de la costa resulta posible la agitación con mangueras contra incendio.

Un equipo rociador de dispersante ideado en el Reino Unido resuelve con éxito este problema. El producto químico dispersante se descarga a la mar desde tangones montados en cada costado de una embarcación; los tangones llevan boquillas rociadoras que han sido diseñadas especialmente para que repartan uniformemente las gotitas, cuyo tamaño es suficiente para que el viento no las afecte casi. Los mismos tangones de rociadura remolcan a los mezcladores, o equipo de rompimiento de la superficie. Estos son dispositivos de madera en tablillas especialmente diseñadas que mezclan el petróleo tratado dentro de los 25 cm superiores de la mar. Este procedimiento de mezcla, empleando la energía del barco rociador, produce una energía de mezcla en los pocos centímetros superiores de la mar, que puede ser tanto como mil veces mayor que la energía producida por los rociones de agua. En el Apéndice C se dan los detalles de este equipo. Se pretende que este equipo se instale en un remolcador de altura o en un barco de pesca grande que puede navegar en condiciones de mar razonables a una velocidad de 5 a 10 nudos. El efecto de dispersión se puede conseguir por la aplicación de un chorro. Esto ha resultado ser muy eficaz usando dispersantes de base acuosa para el tratamiento de manchas de petróleo en aguas salobres como las del Báltico. Para aplicar este método se necesita un mecanismo de agitación que permita mezclar bien el dispersante puro con agua de mar antes de descargar la mezcla y que permita dosificar debidamente el dispersante de acuerdo con las circunstancias. (La dosis de dispersante puro puede no pasar de 2-5%). La aplicación del chorro se hace mediante tangones con boquillas especialmente preparadas que descargan la mezcla

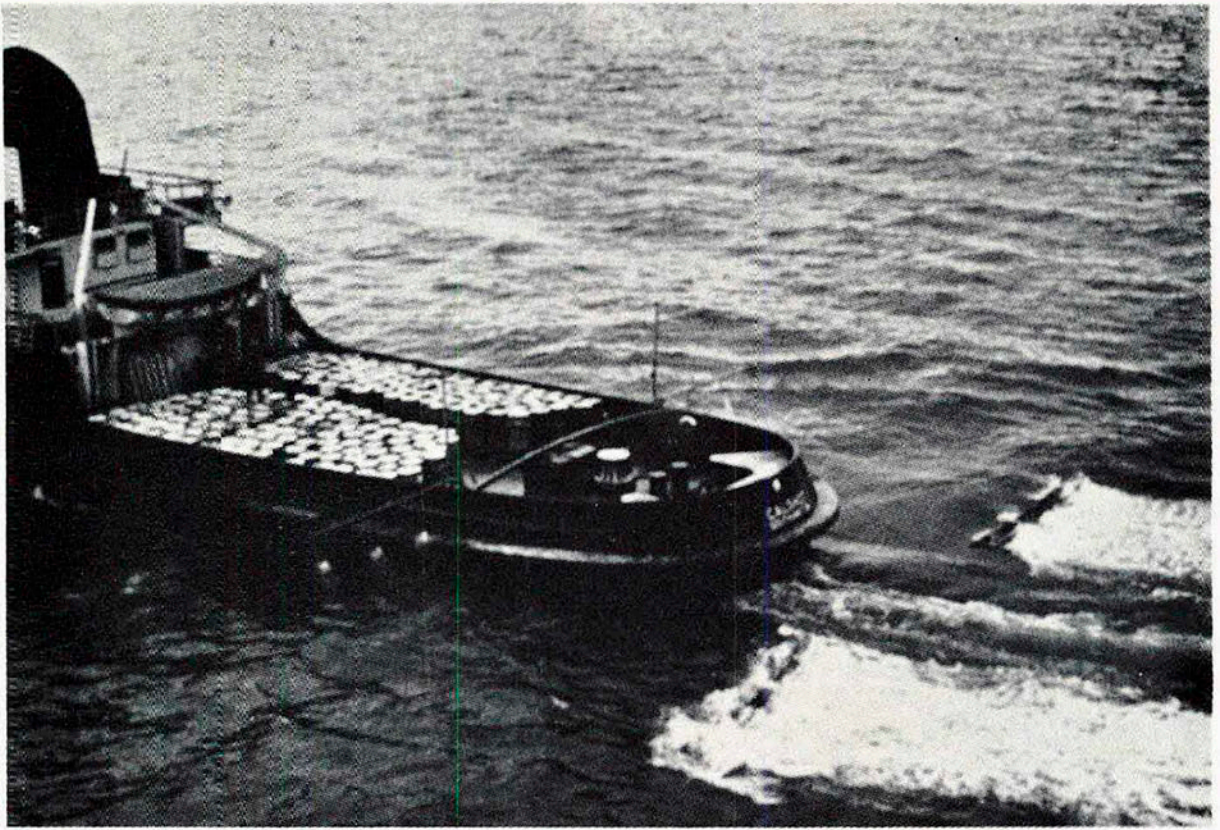


Fig. 14. Remolcador con equipo rociador de dispersante. Nótese el dispositivo de agitación de la superficie.

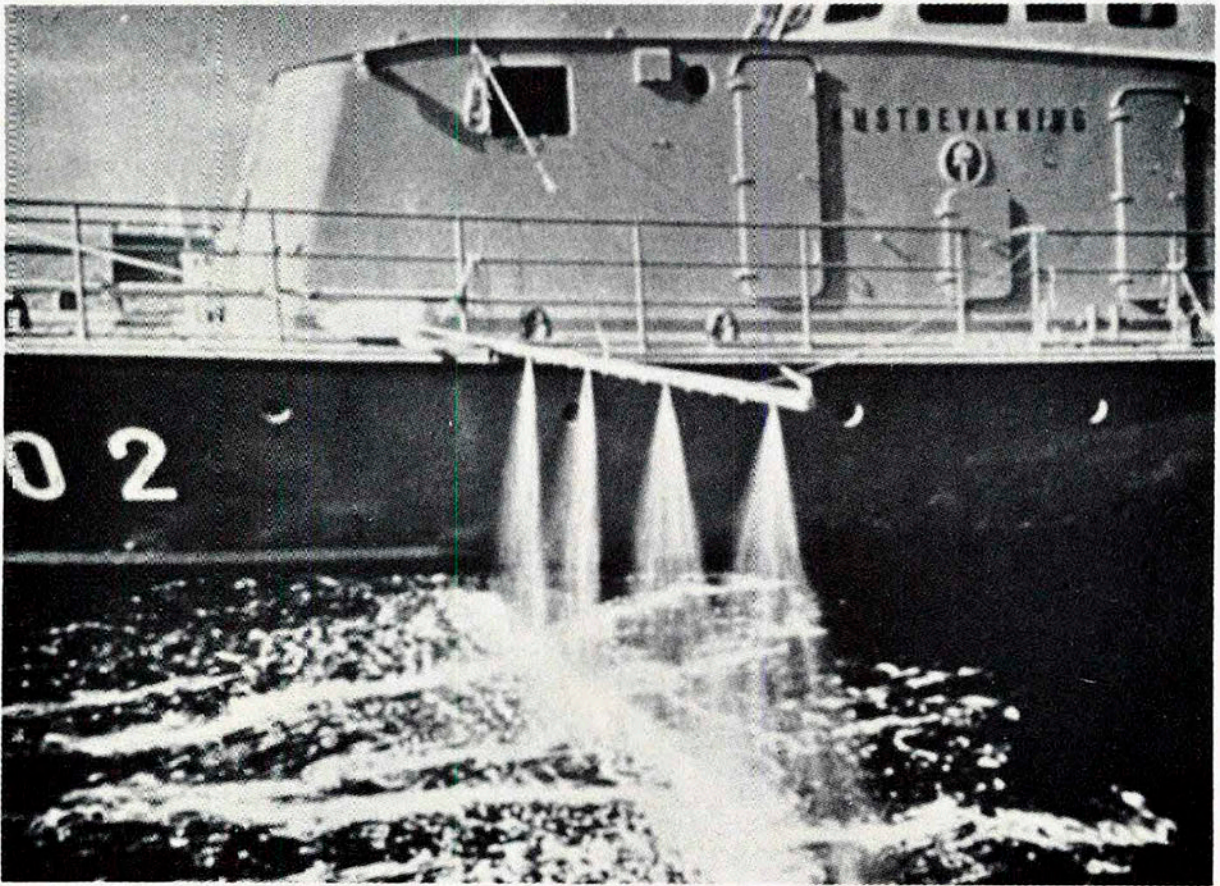


Fig. 15. Dispositivo corriente para lanzar dispersantes (mezcla) desde boquillas instaladas en tangones.

dispersante a alta presión, proporcionando a la superficie la energía de mezcla requerida. El servicio de Guardacostas sueco ha proyectado y construido equipos de este tipo que pueden instalarse permanentemente sobre lanchas, barcazas, etc., o usarse como mecanismos portátiles. En el Apéndice D se dan detalles de estos equipos.

Con estos métodos conviene adoptar la siguiente táctica: si la mancha de petróleo es lo suficientemente grande, atacarla continuamente desde sus bordes exteriores e ir rociando hacia su centro. Si el petróleo está cerca de la tierra, deberá ser rociado por su lado de costa y paralelamente a la misma. Dado que en cada pase se barre una franja de unos 20 metros de ancho aproximadamente, las manchas de pequeño tamaño pueden dispersarse dando únicamente unas cuantas pasadas por las mismas.

4.4.3 *Hundimiento del petróleo*

Uno de los métodos propuestos para eliminar el petróleo de la superficie del agua es mandarlo al fondo. Este procedimiento plantea los siguientes problemas:

- i) efecto del petróleo en la fauna y flora del fondo;
- ii) efecto a largo plazo originado por la degradación bacteriana del petróleo;
- iii) movimiento del petróleo hundido en el fondo y efecto de dicho petróleo sobre la vida marina.

Ha de admitirse que casi todos los trabajos realizados sobre los efectos del petróleo en la flora y fauna marina se han limitado a las zonas del litoral*. Esto sugiere que deberá tenerse cuidado en no dejar hundir petróleo en zonas del lecho marino que tenga valor biológico o comercial; por ejemplo el petróleo hundido en zonas de marisco causará como mínimo el efecto de teñido ya citado, el cual puede afectar la venta del artículo. De modo similar, la contaminación de los lugares de desove de peces, puede también dar lugar a efectos adversos. Asimismo deberá evitarse el hundimiento repetido de petróleo en una sola zona; que es como decir que no puede recomendarse este método para derrames repetidos de menor cuantía en los terminales de petróleo o en sus cercanías.

Los franceses emplearon extensivamente los procedimientos de hundimiento en el siniestro del « Torrey Canyon » aunque tuvieron cuidado de hundir el petróleo solamente en el borde de la plataforma continental, es decir, en aguas profundas. Los experimentos llevados a cabo en el Reino Unido han demostrado que el petróleo puede ensuciar el arte de pesca que rastrea a lo largo del fondo con la posibilidad de « teñir » la captura.

En segundo lugar hay que considerar los efectos a largo plazo. Como ha demostrado Zobell, en las zonas templadas la velocidad de consunción del petróleo es bastante rápida, si bien ha de resaltarse que éste es un fenómeno de superficie y que en los fondos, en donde escasea el oxígeno, la velocidad puede ser mucho más baja. Aunque en los experimentos realizados en tanques hundiendo una lámina de petróleo, espolvoreando sobre ella un polvo pesado, indican que el petróleo se hunde casi en una pieza o en todo caso en piezas de gran tamaño, los experimentos a gran escala en mar abierta indican que en estas condiciones, con un movimiento de olas más elevado, el petróleo suele romperse en piezas mucho más pequeñas, tan solo de unos milímetros de diámetro. En consecuencia el área superficial es mucho mayor

*El problema de la posible acumulación en la cadena alimenticia marina se trata en el párrafo 4.4.2.

de lo que podía preverse y la velocidad de degradación es más razonable. Sin embargo, debe hacerse resaltar que esta degradación reduce el contenido de oxígeno en el agua. En consecuencia, no podrá recomendarse el hundimiento en ninguna circunstancia en parajes con poco contenido de oxígeno. El hundimiento en ríos, puertos y bahías, es completamente inadmisibles y no deberá llevarse a efecto el hundimiento en aguas como los Grandes Lagos de América del Norte salvo en cantidades muy limitadas (en cuyo caso deja, desde luego, de ser un método económico). Aun en los mares de mayor tamaño como el Báltico y el Caspio, el hundimiento es un medio muy dudoso para ser adoptado, particularmente en el Báltico, en el que según se sabe el agua del fondo estará pronto estancada y con una falta casi total de oxígeno. Sin embargo, en gran parte de la costa atlántica de Europa Occidental, el hundimiento en zonas cuidadosamente escogidas es un método viable y satisfactorio.

El tercer problema es el del movimiento del petróleo hundido por el lecho del océano; en zonas sometidas a mareas y olas puede llegar a crearse un movimiento considerable del material del fondo. Este es el caso particular de zonas tales como el Canal de la Mancha, estuarios de los ríos, etc. Por ello es de gran importancia considerar el movimiento del petróleo hundido en tales circunstancias. Hundir el petróleo por fuera de la costa para proteger una playa de esparcimiento es claramente inútil si el petróleo hundido va a ser llevado a las playas algunas semanas más tarde por la acción de las mareas. Los experimentos efectuados usando el Método Shell de hundimiento por arena, el cual se considera a continuación, han demostrado que el petróleo hundido tiene la posibilidad de moverse si las corrientes del fondo exceden de 0,17 m por segundo aproximadamente, medidas en un punto situado a un metro por encima del fondo; en este caso el petróleo se mueve aproximadamente a un tercio de la velocidad de la marea.

Los tres factores citados permiten indicar en qué zonas puede permitirse el hundimiento. En resumen, se trata de zonas de mar abierto alejadas de los lugares de desove y de los lechos de mariscos, con preferencia en los puntos en que el agua tiene bastante profundidad y donde las corrientes del fondo no tengan la posibilidad de dirigir el petróleo hundido hacia playas de recreo o zonas de interés biológico.

Según los experimentos de laboratorio efectuados en pequeña escala hundir el petróleo es cosa relativamente fácil. Basta distribuir un polvo denso adecuado finamente dividido por encima de la superficie del petróleo. Los experimentos muestran que cuanto más denso sea el polvo y más fino esté dividido, más fácil será hundir el petróleo; además, con ello se requiere menos cantidad de polvo y la retención del petróleo sobre el fondo queda mejorada.

Desgraciadamente, el uso de un polvo seco es casi imposible al exterior si la zona excede de unos cuantos metros cuadrados. Puede decirse que la distribución de polvos finos por medio de ventiladores y utilizando el efecto del viento es bastante eficaz, pero desgraciadamente es casi imposible dirigir el polvo; la experiencia francesa en ocasión del «Torrey Canyon» demostró que pueden surgir dificultades cuando el polvo se deposita sobre otros barcos en las proximidades. También hay que descartar la distribución desde aviones ya que aun en pruebas de laboratorio se ha visto que para obtener un hundimiento satisfactorio es preciso mantener la igualdad de peso entre petróleo y polvo. La mayor parte de los aviones dedicados al espolvoreo agrícola, son pequeños y de baja capacidad de transporte, por lo que a menos de tener un gran avión de carga, siendo muy corto el trayecto desde el punto

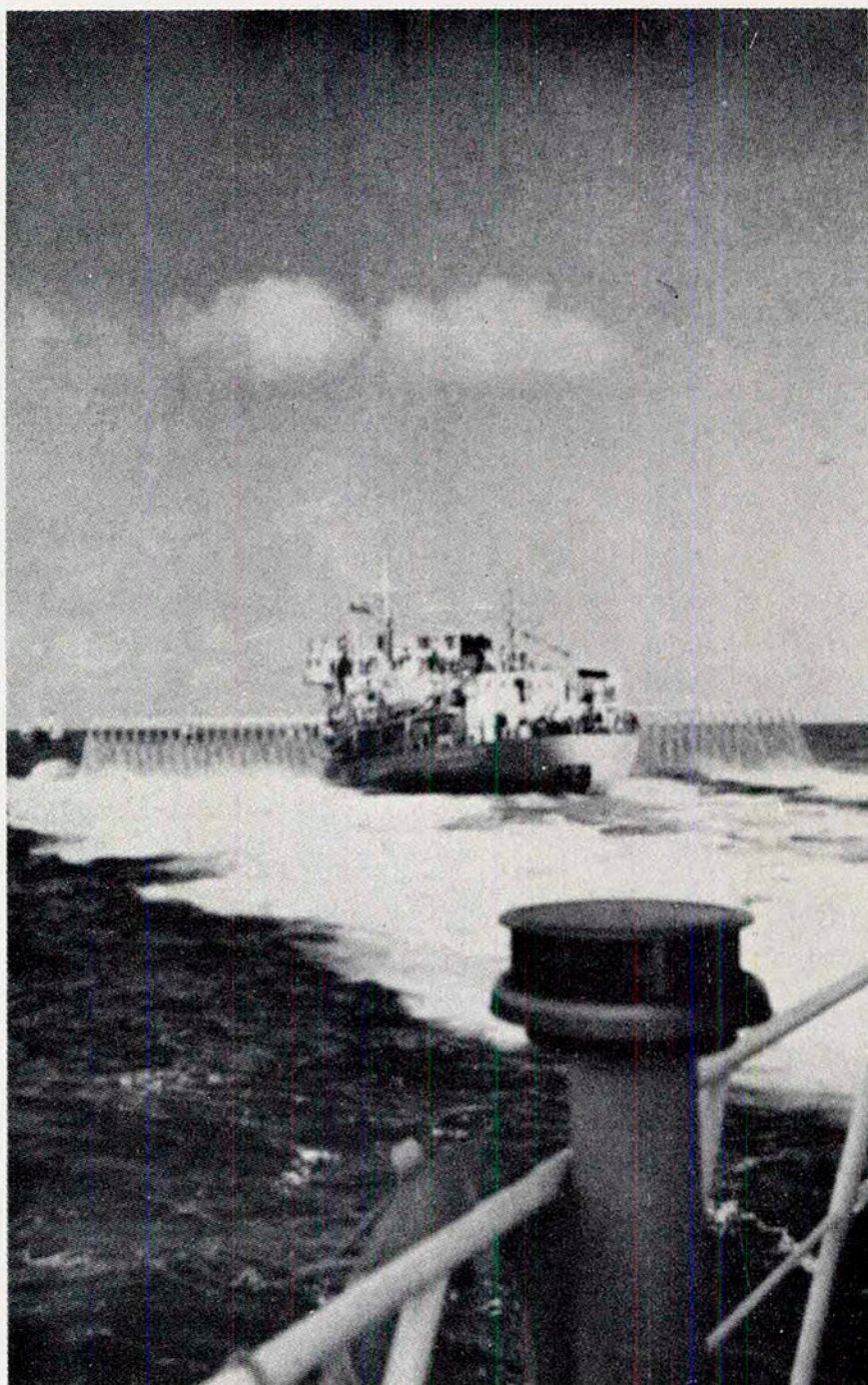


Fig. 16. *La dragadora de 4322 TRB « Geopotes VII » puede hundir 2.500 toneladas de petróleo con un solo cargamento de arena. La profundidad máxima de succión es 30 metros.*

de carga hasta el de lanzamiento, las consideraciones logísticas hacen imposible la distribución aérea.

La solución más satisfactoria de los métodos de hundimiento es la propuesta y perfeccionada por una compañía holandesa. Se modificó una draga de succión de alta mar para que pudiera distribuir la arena del dragado tratada a bordo en la forma de una suspensión de 10% de sólidos en agua (22). La arena se trata en estado húmedo con una amina que la hace oléofila; de este modo cuando la arena en suspensión acuosa se descarga desde la draga por medio de boquillas sobre el petróleo flotante, la arena se adhiere al petróleo y lo lleva al fondo. Pruebas con este método a escala de cien toneladas, han demostrado que cerca del 90% del petróleo se hunde y queda

retenido sobre el fondo; también se ha visto que para hundir una parte de petróleo, se precisan de 1,5 a 2 partes de arena. Esto indica que si el petróleo es lo suficientemente espeso, es decir, si la draga puede colocarse lo suficientemente cerca del naufragio que emite el petróleo, éste es probablemente un método barato y eficaz siempre y cuando otras circunstancias permitan el hundimiento. La draga « Geopotes VII » tiene su base en los Países Bajos y puede estar disponible dentro de las 24 horas si surge un derrame de grandes proporciones a lo largo de la costa de Europa Occidental. En los Estados Unidos el cuerpo de ingenieros del Ejército, que es el responsable de las operaciones de dragado en dicho país, está estudiando con detenimiento las posibilidades de adoptar este método.

V. RECOGIDA Y TRATAMIENTO DEL PETROLEO EN LAS PLAYAS

5.1 Generalidades

Según que el petróleo haya sido tratado o no en la mar, algo puede alcanzar la costa bien por accidente o de forma programada. La tarea es parecida si los depósitos son grandes o pequeños. Los métodos aquí sugeridos serán eficaces con un pequeño depósito; también lo serán para una mancha mayor bien aplicándolos por un período más largo, o con un mayor número de equipos mecánicos.

La polución que afecta a muchas costas puede dividirse en tres tipos principales. En primer lugar los depósitos de alquitrán sólido o semsólido que parecen ser el tipo de contaminación más común y repetido; en segundo lugar, el petróleo muy viscoso, probablemente petróleo pesado o crudo alterado por agentes atmosféricos; y en tercer lugar, un petróleo líquido o fluido, que suele ser crudo o a veces carburante Diesel. Nótese que éstas no son tres divisiones rígidas e inalterables; el petróleo se evapora lentamente y, con la acción de la luz y el aire, se oxida o polimeriza espesándose. En consecuencia, el petróleo relativamente grueso llegado a una playa puede resultar del derrame de un petróleo o crudo más ligero ocurrido hace mucho y a gran distancia del lugar.

El problema se complica debido a la gran variedad de superficies de costa o playa y la variación, en tipo y cantidad, del petróleo que llega a la playa. Estas complicaciones hacen bastante difícil el especificar un método sencillo; lo único que puede hacerse es indicar la clase de métodos conocidos y los tipos de terreno sobre los que son más adecuados, confiando en el sentido común y en el conocimiento local del funcionario encargado de la limpieza de la playa.

El plan de emergencia que debe ser preparado en colaboración con las autoridades pesqueras y con los conservadores del medio ambiente y otros organismos interesados indicará las zonas que deben recibir un tratamiento especial.

En determinadas circunstancias puede ocurrir que, desde el punto de vista de protección del medio ambiente, uno de los mejores métodos de lucha contra el petróleo en una playa es dejar que se destruya por degradación natural. En zonas templadas y tropicales, y con un buen movimiento de la mar, el petróleo dejado solo se hará inocuo con bastante rapidez, e incluso

desaparecerá por completo. Sin embargo en áreas de aguas muy frías, con playas poco batidas, la desaparición puede ser lenta. No es posible seguir este consejo si el petróleo penetra en una playa de recreo en el período álgido de la temporada de vacaciones; pero en general, pasado el apogeo o en temporada de invierno, no es muy necesario tratar el petróleo que llegue a la playa. Incluso en la temporada de vacaciones si la zona contaminada es una costa rocosa, una marisma, o en realidad una zona de interés para estudio científico de la naturaleza, cabe afirmar que tal zona será poco usada por el público; entonces lo mejor será dejar el petróleo y simplemente poner avisos para que el público tenga cuidado.

Las pruebas sobre el terreno han demostrado que la mayoría de las especies litorales son resistentes a los petróleos, aun los tóxicos, incluso cuando se derraman con frecuencia de intervalos mensuales. Incluso una capa densa produce un efecto poco permanente. Las comunidades del litoral rocoso de las zonas templadas se recuperan en un plazo relativamente corto, después de una devastación casi total. En condiciones árticas o subárticas, la velocidad de desaparición del petróleo es menor y puede ser necesario tratarlo. Sin embargo, se deberá tener en cuenta que el simple hecho de que haya gente quitando el petróleo puede bastar para dañar gravemente muchas clases de terreno; por ejemplo, los vehículos y la gente que pasa por las dunas para llegar a una playa contaminada producirán seguramente daños irreparables; y casi cualquier tratamiento de un litoral rocoso provocará una reducción considerable de la flora y fauna de la zona entre mareas. Recuérdese que todo cuanto cambie el « habitat » tenderá a producir un efecto deletéreo.

Debe añadirse que una descarga continua de efluente oleoso, como por ejemplo, de una refinería de petróleo, incluso cuando el contenido de petróleo es muy bajo, puede tener nefastas consecuencias en la vida vegetal del litoral cuando por efecto de las mareas vivas se deposita el petróleo sobre las plantas. En estas circunstancias la vegetación de marismas ha sido completamente eliminada. Se ha comprobado que la vida animal de un litoral rocoso contaminado crónicamente se había reducido mucho más en la proximidad del desagüe.

5.2 *Técnicas de recogida y tratamiento*

El método de recogida a adoptar dependerá tanto del tipo de petróleo como de la naturaleza de la superficie contaminada; ésta última puede ser fango, arena, grava fina, cantos rodados, rocas o coral, con vegetación sobre la línea de marea máxima que puede variar desde la maleza y los cañaverales al manglar tropical, debiendo también considerarse las estructuras artificiales de cemento, madera o metal. Sólo cinco métodos se han encontrado viables para combatir el problema, todos los cuales han sido probados en una otra ocasión. El petróleo en la playa puede ser retirado mecánicamente, puede ser absorbido utilizando sorbedores naturales o artificiales, cubierto con granulados o polvo, destruido quemándolo o lavado con dispersantes. Cada procedimiento tiene ventajas e inconvenientes según el tipo de petróleo y el terreno que ha sido contaminado. A continuación se examinan los cinco métodos.

5.2.1 *Recogida mecánica*

Cuando se ha depositado una banda de petróleo viscoso siguiendo la línea de la marea alta, es aconsejable hacer todo lo posible para retirar el

particularmente cuando se encuentra extendido en una capa delgada sobre la superficie de la playa; cuando se consigue encenderlo es difícil destruirlo completamente aun cuando se utilice un lanzallamas eficaz. La ignición y la combustión pueden acelerarse tratando las zonas contaminadas con agentes oxidantes químicos o utilizando material absorbente pulverizado como « mechas ». A dicho efecto se ha utilizado con éxito la turba (14). Sin embargo la combustión no es nunca completa, ni aun con el tiempo en calma, y tiende a quedar una masa negra de hollín oleoso. En Alemania se ha descubierto un polvo con propiedades de autoignición que produce una



Fig. 18. *Bidón de petróleo vacío usado para quemar grumos y restos petrolíferos en la playa. Se ha suprimido una de las tapas e instalado un tubo para inyectar aire en la parte baja.*

llama muy caliente y que, en las condiciones más favorables, hace que la combustión del petróleo sea casi completa; pero es caro. Los experimentos de quemar emulsiones de agua en petróleo y grumos de « alquitrán » demostraron una vez más que el petróleo se volvía más fluido y corría por la superficie de la playa de forma que aunque quedaba en la parte exterior una masa de carbón relativamente inocua, por debajo quedaba petróleo con sus características casi inalteradas. Se ha sugerido la utilización de unas llamas más calientes tales como sopletes de oxi-propano. Estos dispositivos consumirán casi todo el petróleo, pero usados en rocas o cemento obligarán

a retirar unos copos finos de material de la superficie. El método es lento y, por tanto, costoso. En una hora un hombre puede cubrir un área de 15 m² de superficie plana aproximadamente. Si puede amontonarse el petróleo se hace más fácil quemarlo, en cuyo caso lo mejor es prendiéndolo por la parte baja de un bidón viejo de 40 galones. Por sí mismo el petróleo no se mantendrá encendido, pero si se conecta una manga de aire comprimido a través de un orificio en un costado del bidón para proporcionar un movimiento arremolinado, la combustión es muy satisfactoria y puede mantenerse una velocidad de quema bastante razonable.

5.2.5 Utilización de dispersantes (detergentes)*

Concebidos para la supresión del petróleo, existen en el mercado diversos flúidos de propiedades limpiadoras. Suelen consistir en un potente agente emulsionante disuelto en un solvente de hidrocarburos. Todos los dispersantes, especialmente los compuestos para uso en suelos de fábricas, etc. serán probablemente tóxicos para la vida marina. El progreso que se ha hecho desde el incidente del « Torrey Canyon » en 1967, ha aumentado la eficacia de los materiales utilizados, habiéndose reducido también en sumo grado su toxicidad. Aun así, la aplicación directa de uno de estos productos químicos, a menos que sea diluido inmediatamente, regándolo con manga o por acción de la marea será probablemente fatal para la mayor parte de los seres que viven en las zonas delimitadas por las mareas; asimismo es posible la destrucción en gran escala de la vegetación terrestre y marina si se aplican muy concentrados. Por consiguiente este método deberá utilizarse con sumo cuidado si existen pesquerías comerciales cerca de la zona tratada o también si es un coto protegido o un paraje de belleza natural. En general, el petróleo es menos tóxico para la vida que el dispersante, el cual tiende a facilitar la penetración del hidrocarburo en los organismos. La utilización de productos químicos dispersantes no se recomienda, pues, para los lagos de agua dulce, ríos o canales, y deberá utilizarse con precaución cuando el movimiento de las mareas sea pequeño o la zona marina esté abrigada como en rías, archipiélagos sin mareas o estuarios de gran longitud.

A las autoridades responsables de la limpieza de las playas se les podría sugerir la construcción de un simple equipo para rociar sus playas contaminadas. Este consiste en un tubo de unos dos metros que acaba en codo a cuya extremidad hay una boquilla de rociado; el tubo es alimentado por una manguera ligera con una bomba que extrae el fluido de un bidón de 45 galones. El operador camina de uno a otro lado de la playa unos 30 m (100 pies) arrastrando la manguera detrás de él. En algunos casos, como playas inaccesibles, puede ser más sencillo ir con el dispersante y la bomba en una barca. Se ha descrito el dispositivo ideal, pero es posible improvisar rociadores útiles a partir de equipos comerciales, como pulverizadores de mochila para jardín o para trabajos hortifrutícolas, y aun regaderas. Si la playa es accesible a vehículos de ruedas, vienen muy bien los aparatos para rociado de insecticidas.

Las investigaciones hechas en el Reino Unido indican que hará falta un volumen de mezcla de agente limpiador equivalente al 25% del volumen de petróleo que se quiere eliminar para producir un efecto deseado. Evidentemente es muy difícil indicar con precisión la cantidad que debe usarse en la práctica pero la citada proporción puede servir de guía para calcular la cantidad de dispersante que se necesitaría, suponiendo se pueda hacer una

*Véase también el párrafo 4.4.2 y la nota.



Fig. 19. *Modo sencillo de rociar dispersante.*

estimación del petróleo a dispersar. Idealmente, el petróleo sería rociado unos 30 minutos antes que las mareas cubran el sitio y las olas puedan dispersar el petróleo tratado. Si el período antes de la próxima marea pasa de una hora, el petróleo tratado puede ser lavado con agua (salada o no) por medio de mangueras. Esto incrementa la eficacia limpiadora y reduce el riesgo de daños a la flora y fauna de la zona entre mareas.

El bombeo de una mezcla de agua y dispersante, o la inyección del dispersante dentro de un chorro a alta presión de agua puede parecer atractivo, ya que sólo sería necesaria una operación para aplicar el dispersante y producir la agitación y el lavado. No obstante, los experimentos han indicado claramente que este procedimiento es mucho menos eficaz que el rociado seguido por la acción natural de las olas para mezclar y arrastrar la emulsión. El procedimiento en una etapa sólo es recomendado en lugares donde sea difícil o imposible agitar el dispersante pulverizado, por ejemplo, en cavidades, etc.

Los dispersantes suelen ser inflamables. Siendo disolventes de petróleo tienen un efecto perjudicial sobre la piel porque arrastran los aceites naturales, por lo que se debe cuidar de que los operadores no trabajen por períodos prolongados con la piel expuesta o la indumentaria mojada de dispersante. Se recomiendan los tipos protectores de PVC. Deberán evitarse las salpicaduras y si hay peligro de irritación ocular se usarán gafas apropiadas. Después de utilizar los materiales, conviene lavarse las manos y cara; la aplicación de lanolina o crema es eficaz después de haberse

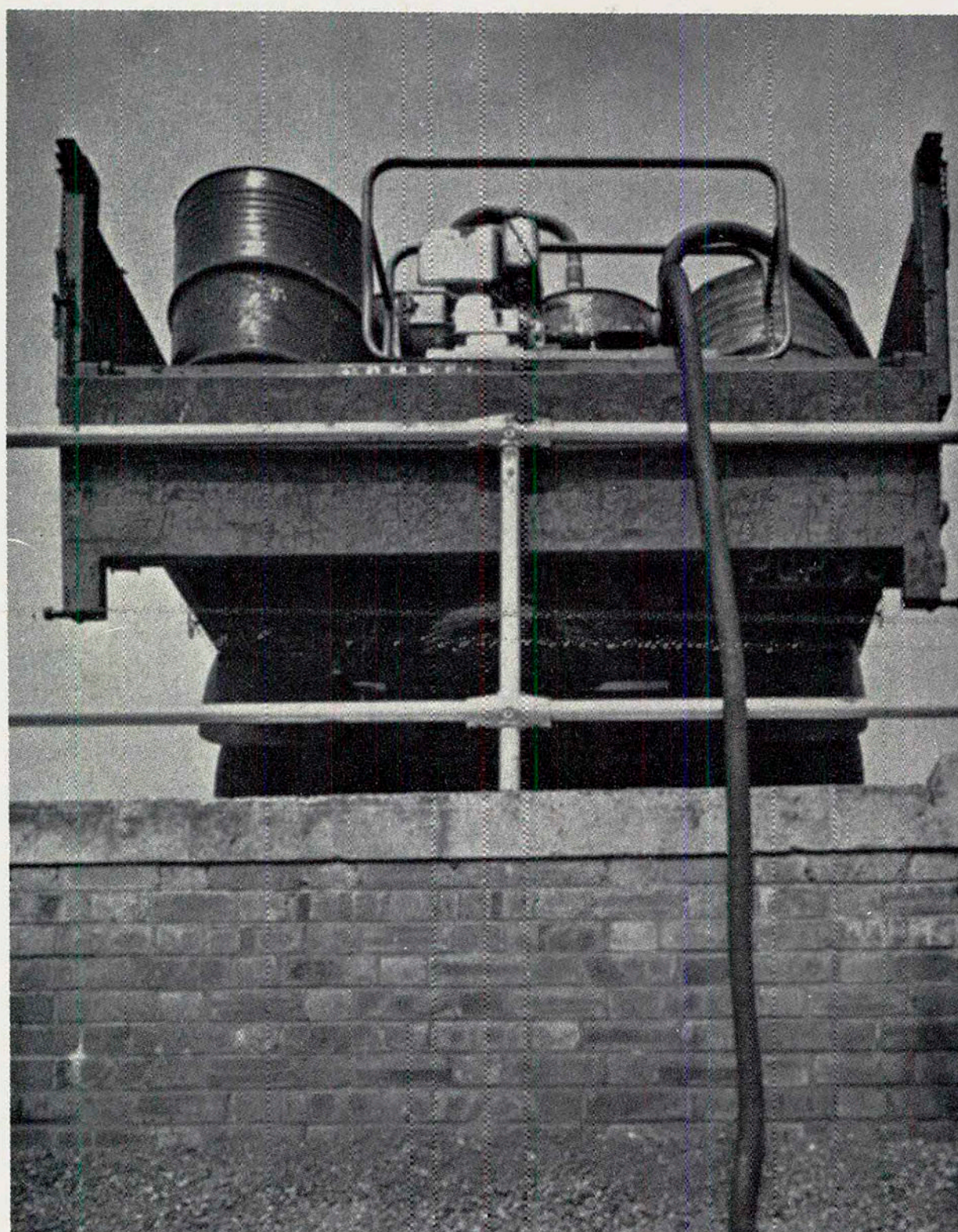


Fig. 20. *Bomba y bidones de dispersante transportado por camión en un paseo marítimo para alimentar los rociadores en la playa.*

contaminado la piel. En general el dispersante es muy malo para los materiales de caucho; las botas, mangueras y juntas de goma de un equipo rociador serán en seguida atacadas. A ser posible conviene usar guantes y mangueras de PVC y las empaquetaduras de la bomba, etc., deberán ser de neopreno u otro material resistente al petróleo y a los disolventes.

Los recipientes con dispersante serán almacenados preferentemente en lugares bien ventilados, y se observarán las mismas precauciones que se

recomiendan al trabajar con parafina y queroseno. Si hubiera algún derrame accidental de dispersante, ya sea de recipientes averiados, o en el transporte, o el transvasar el contenido de un recipiente a otro, se cuidará de que no entre en ninguna corriente de agua, ya que puede dañar los organismos que viven en el agua y las plantas. Cualquier derrame en tierra será cubierto con serrín, turba o vermiculita. Debe subrayarse que el uso con éxito de los dispersantes depende de tres factores:

- i) aplicación uniforme del dispersante
- ii) penetración rápida del dispersante en el petróleo (en un minuto o así)
- iii) agitación de la mezcla petróleo/dispersante con agua tan pronto como sea posible.

En otras palabras, es esencial que la pulverización del dispersante sea seguida por una marea entrante o la aplicación de un fuerte chorro de agua, salada o no. Hay que usar exactamente la cantidad suficiente de dispersante necesaria para dispersar todo el petróleo; cualquier exceso de dispersante se pierde y no mejora en nada el resultado.

VI. LIMPIEZA DE LOS DIFERENTES TIPOS DE PLAYA

6.1 *Generalidades*

Hasta aquí se ha hecho una exposición general de los distintos métodos que pueden utilizarse para retirar el petróleo que contamina a una playa. El método a utilizar y la forma de utilizarlo depende tanto del tipo de playa como del tipo de petróleo. Ya se ha indicado que los petróleos pueden dividirse muy aproximadamente en tres grupos: petróleo fino, petróleo grueso y grumos de petróleo o alquitrán. Esta definición no es cosa rígida e inalterable sino más bien una agrupación de tipo general que permitirá a las personas responsables de la limpieza del petróleo llegar a una decisión acerca de cuál es el mejor método a utilizar.

Existen muchos tipos diferentes de playas; en este capítulo se consideran tipos específicos de playa, tipos de petróleo y se discuten los métodos de limpieza que pueden adoptarse. El litoral es una zona particularmente valiosa para el descanso y alimentación de bandadas de aves migratorias y residentes. Por consiguiente, cualquier medida debe tener en cuenta su bienestar.

6.2 *Áreas de vegetación*

6.2.1 *Marismas*

En estos términos se incluyen las zonas de hierba y juncos que sólo en ocasiones se cubren por las pleamares. Generalmente se encuentran cruzadas por arroyuelos con márgenes en talud y la contaminación del petróleo se encuentra con más frecuencia en estos arroyuelos que en toda el área de la marisma. En las marismas, la vegetación intercepta y retiene con facilidad los derrames del petróleo siendo por ello útil para evitar la re-dispersión del petróleo. Todo indica que la marisma se recuperará bien de un solo derrame de petróleo, con muy diferentes tipos de petróleo, cantidades y otros factores. Ahora bien, la recuperación sólo será buena si la marisma no se ve afectada por derrames sucesivos, ya que las plantas se recuperan

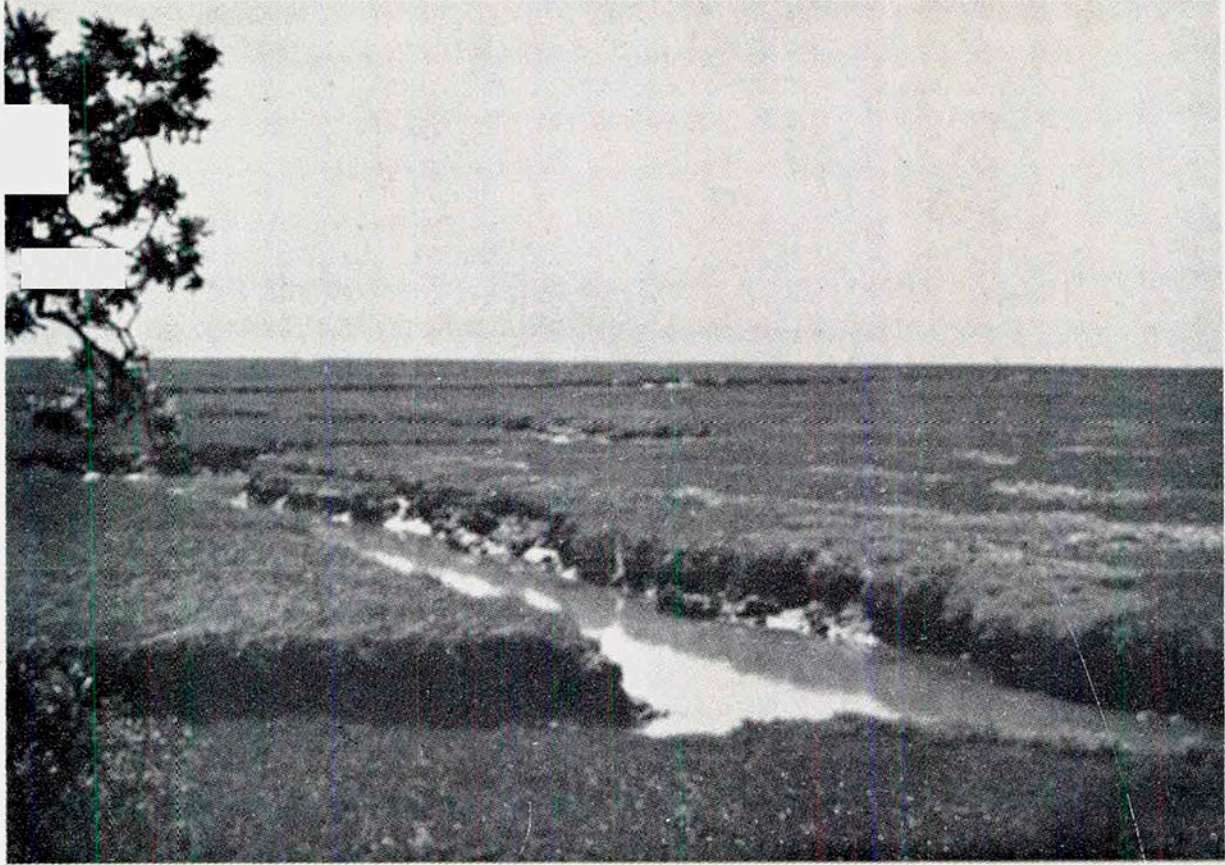


Fig. 21. *Marismas salobres.*

con nuevos brotes y este proceso vegetativo no puede continuar indefinidamente. Una vez que las plantas han muerto en una gran extensión, la repoblación es lenta y la impedirán nuevos derrames de petróleo.

En las marismas, la limpieza es muy difícil debido al fondo blando y a los sistemas de arroyos y hendiduras, y en general no vale la pena, ya que ningún tratamiento disminuye el daño hecho por el petróleo. Si son bolas de petróleo el único procedimiento posible de retirarlo es a mano o, si la superficie es relativamente plana y de posible acceso, rastrillando con un rastrillo fino de horticultor. Entonces pueden destruirse las bolas de petróleo quemándolas o llevándolas a un vertedero. Si el petróleo fluido está muy disperso sobre la maleza, presenta un problema considerable. Es indudable que con rociado de detergente y chorro de manguera se quitaría pero, con toda probabilidad, a costa de matar una gran cantidad de vegetación y mucha vida animal que reside en la arena y en los riachuelos. Por consiguiente, siempre deberá evitarse tal procedimiento. El empleo de un lanzallamas para quemar la vegetación seca a fines de verano, de otoño y de invierno, tiene cierto éxito. Elimina el petróleo y evita que la marea lo arrastre y lo deposite en cualquier otra parte donde pudiese ser más perjudicial. La hierba quemada tiene aspecto y olor desagradables y su combustión no deberá acometerse en primavera o mientras todavía esté creciendo, ni deberá continuar aplicándose el lanzallamas cuando se corra el peligro de quemar los tallos más bajos y las raíces. La siega de la vegetación impregnada de petróleo, su recogida y retirada es la mejor manera de limpiar si realmente es necesario. Suponiendo que pocas personas usen las marismas, éste es uno de los pocos casos en que el cubrir con un polvo seco apropiado puede ser razonablemente eficaz, si se estima que vale la pena; a no ser que la contaminación del petróleo sea muy densa y continua, lo

mejor es no hacer nada y dejar que los agentes atmosféricos quiten el petróleo con el tiempo. Todo intento de emplear maquinaria pesada para raspar los depósitos de petróleo, hará mucho más daño a la marisma, así que el trabajo deberá hacerse a mano o con equipo muy ligero.

6.2.2 *Cañaverales y juncarees*

Los juncarees y cañaverales pueden considerarse quizás como un subgrupo de tierras pantanosas en las que surge el mismo problema. Es probable que el único medio eficaz es la corta y retirada a fines de verano o de otoño, o quizás la quema, pero para ello se requiere un gran cuidado. No deberá emplearse ningún dispersante. Se evitará que la maquinaria corra por encima de los juncarees e incluso que los pisoteen los hombres.

6.2.3 *Manglares*

En las zonas tropicales y subtropicales, las marismas se encuentran frecuentemente en la forma de manglares. Estas zonas son muy productivas en seres vivos de todas clases y, por su naturaleza, muy difíciles de limpiar si están contaminadas por petróleo. A ser posible estas zonas deberían protegerse del petróleo por medio de barreras; si el petróleo entra en ella prácticamente ya no hay remedio. Lo mejor es probablemente no intentar nada.

6.2.4 *Tundra*

Regiones muy al norte son muy susceptibles de sufrir tanto ecológica como biológicamente. Con el advenimiento del oleoducto para el transporte de petróleo a través de dichas áreas y el incremento del tráfico marítimo ha aumentado la probabilidad de pérdidas tanto en tierra como a lo largo de las costas. En estas regiones debe darse la preferencia a la recogida mecánica. El uso de dispersantes y la quema deberá limitarse a las zonas permanentemente heladas debido a los riesgos para el medio inherentes en estas técnicas. Además, el uso de maquinaria pesada en estas áreas estaría limitado por las circunstancias. Una consideración adicional será el incremento de la capacidad de absorción de las radiaciones por la mancha de petróleo sobre hielo y nieve, que puede incrementar la velocidad de deshielo en los meses de verano.

6.3 *Otras áreas costeras y zonas especiales*

6.3.1 *Fangales*

Los fangales son habitualmente inundados por cada marea. Si los fangales quedan cubiertos de petróleo, el problema que se presenta es que la próxima marea puede muy bien retirar ese petróleo y trasladarlo a una parte de la playa donde puede causar mayores molestias a los turistas y demás usuarios. A pesar de todo, se recomienda encarecidamente no intentar ningún remedio. Si hubiera que tratar zonas pequeñas debido a la presencia de un gran número de turistas, una vez más, en el caso de petróleo fino y espeso, la solución puede ser recubrirlo con una capa de polvo. Se supone naturalmente que se tendrá a mano cantidades suficientes de tierra seca, piedra caliza en polvo, arena o algo por el estilo y que además se dispondrá de medios para distribuir el polvo uniformemente por encima de las zonas contaminadas. La recogida mecánica, rascando la capa superior de fango, puede utilizarse en el caso de los petróleos más espesos y, desde

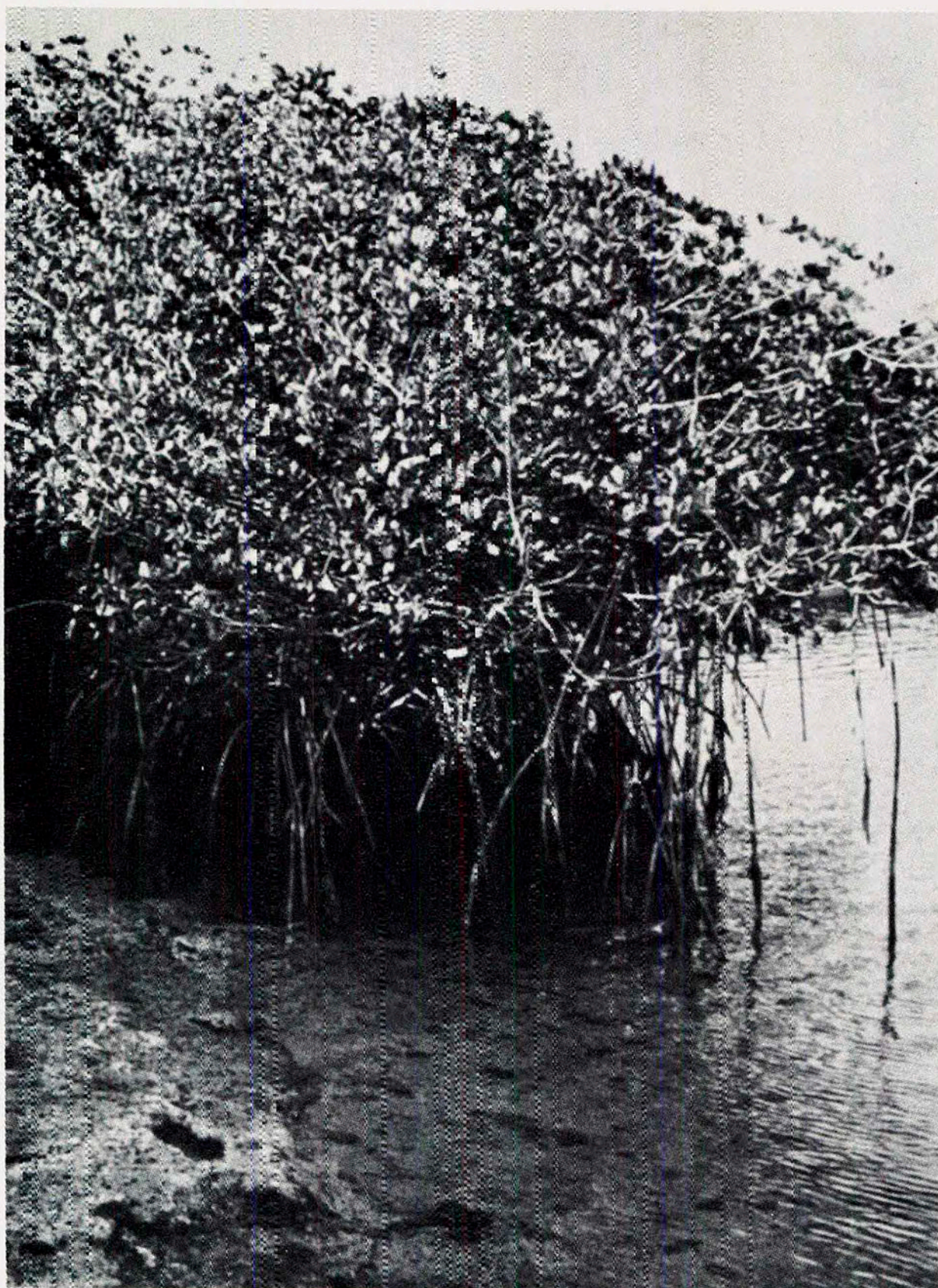


Fig. 22. *Manglar.*

luego, en el caso de los grumos de alquitrán. Las deformaciones o cambios del perfil de un fangal producidos mecánicamente pueden afectar los movimientos de marea y tener, a largo plazo, efectos deletéreos. Si los fangales se encuentran en un estuario con poca vida marina, probablemente el medio más satisfactorio, en el caso de petróleo fino y espeso, es la utilización de un dispersante, si no hay más remedio que limpiar. Sin embargo, si

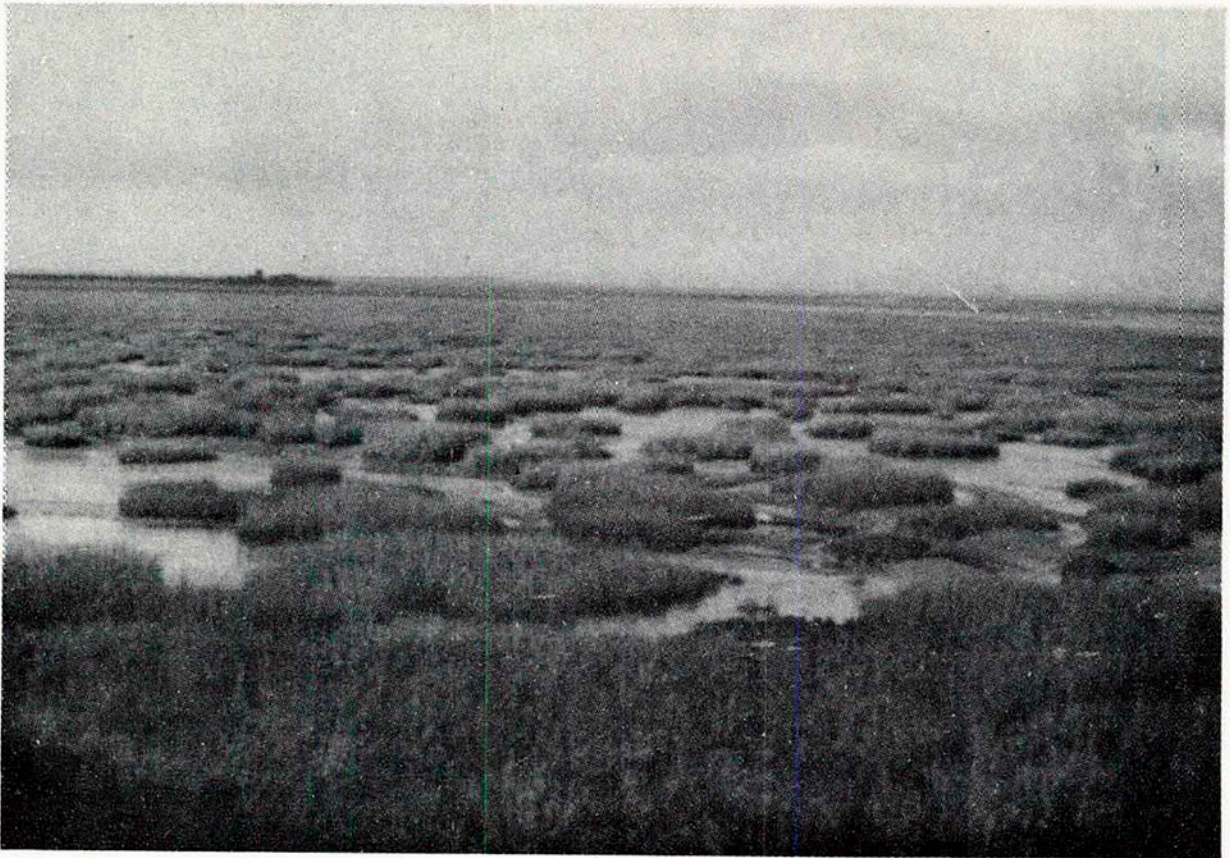


Fig. 23. *Fangales.*

los fangales están en la boca de un río pesquero, o de uno que contenga bancos de marisco, no deberá utilizarse el dispersante, dado que el petróleo es mucho menos peligroso para la vida marina animal y vegetal que los agentes limpiadores. Si fuera posible, no deberá intentarse nada para retirar el petróleo.

6.3.2 *Arena*

En los tipos de playa descritos anteriormente, se ha recomendado que, con preferencia, lo mejor era no hacer nada. Generalmente, este consejo no puede seguirse en el caso de una playa arenosa contaminada por ser éste el tipo de playa que atrae al mayor número de bañistas. Sin embargo, en tales circunstancias y si hay probabilidades de que la playa no sea utilizada intensamente durante las seis u ocho semanas próximas, podría considerarse el no hacer nada al principio. Puede ser que al final haya que efectuar la limpieza, pero de este modo es casi cierto que la cantidad de petróleo presente habrá sido reducida considerablemente y, acaso, que se haya concentrado en otro lugar en donde pueda ser combatido más fácilmente. Por otra parte, si la época de vacaciones está en su punto álgido y se contamina una playa de arena, la autoridad local tendrá que combatir la contaminación lo más rápidamente posible. Cuando así sea, una de las posibilidades a tener en cuenta, según la intensidad de la contaminación, es enterrar el petróleo más allá de la línea de pleamar en sumideros poco profundos y, si fuera necesario, volver al ataque cuando haya terminado el período de vacaciones. Los grumos de petróleo pueden quitarse muy fácilmente a mano, pero podrán utilizarse máquinas si la playa tiene acceso para vehículos y se considera que el uso de éstos es adecuado. Un rastrillo de huerto arrastrado por tractor y hasta un rastrillo agrícola que lleve paja



Fig. 24. *Playa arenosa.*

enhebrada entre sus púas, permitirá recoger el petróleo en hileras de donde puede ser cargado en camiones para sacarlo de la playa. Cómo y dónde verter ese material puede ser un problema en algunas regiones. Una solución es quemarlo *in situ* o enterrarlo profundamente en una zona apartada y elevada de la playa. Este último método sólo puede seguirse si no hay riesgo de contaminar fuentes de agua potable en los alrededores.

Para los petróleos finos y espesos y también para cualquier petróleo que quede después de la recolección de los grumos, puede decirse que la única solución es el tratamiento con dispersante. Si la playa se presta a que trabaje sobre ella equipo pesado, y lo justifica la gravedad de la contaminación, se sugiere usar una explanadora en la superficie de arena contaminada, arrastrándola hasta la orilla del mar para que la cubra una marea entrante y al mismo tiempo se rocía con un dispersante. De esta forma, la acción de la marea producirá el máximo efecto de limpieza. Naturalmente esto no puede hacerse si la acción de las olas tiende a devolver la arena hacia la playa. Si es probable que la playa vuelva a ser contaminada repetidamente, como pudiera suceder en el caso de naufragar un petrolero cerca de la costa, deberá intentarse esperar hasta que el origen de la contaminación haya sido completamente retirado. El tratamiento continuo de una playa durante días resultará sin duda perjudicial. Si el petróleo se recoge de modo mecánico es evidente que parte del material de playa se retirará con él; por otra parte, si se utiliza un dispersante casi inevitablemente, la mezcla petróleo/dispersante será absorbida por el agua hacia el subsuelo de la playa provocando un efecto parecido al de arenas movedizas y la playa puede resultar dañada por un período mucho más largo y el coste será proporcionalmente mayor.

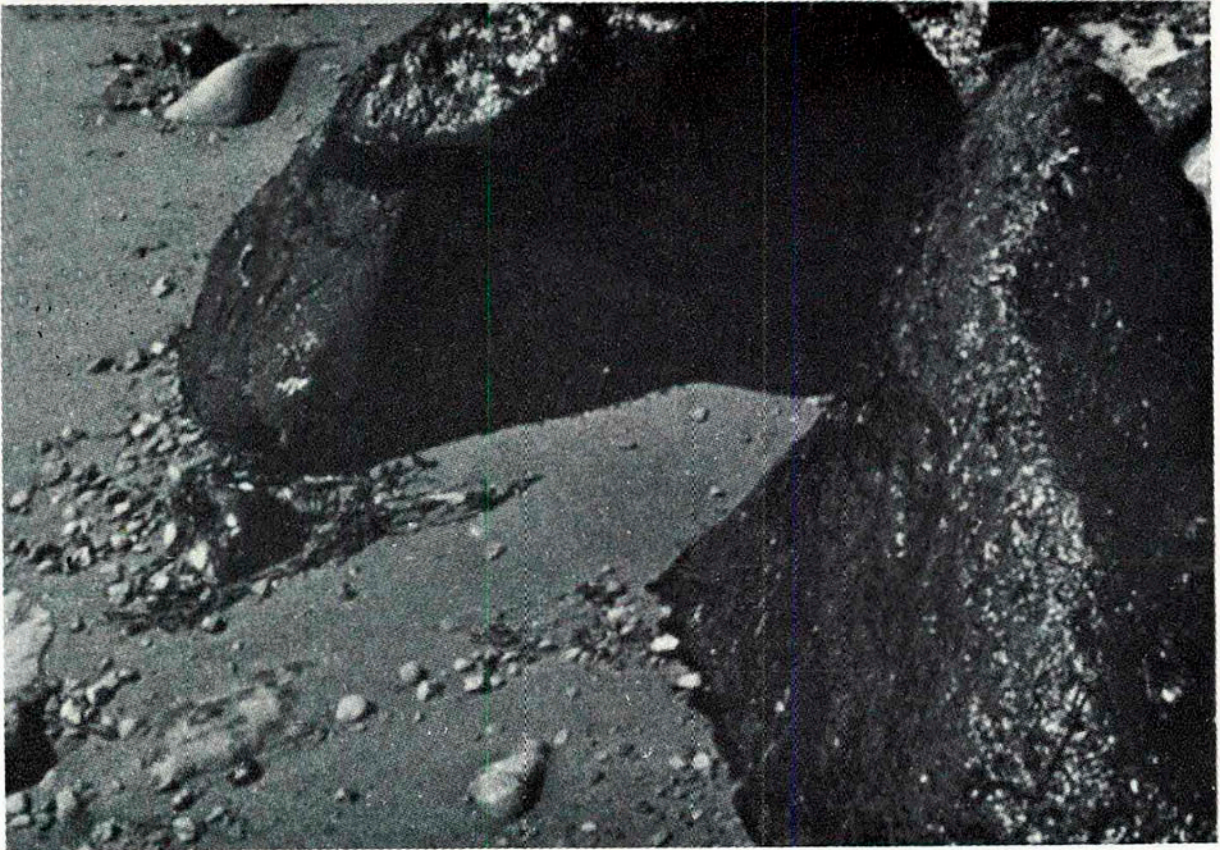


Fig. 27. *Rocas.*



Fig. 28. *Rociado de dispersante sobre rocas cubiertas de petróleo.*



Fig. 29. *Contaminación petrolífera sobre hielo, South Shore, Arichat Harbour.*

ejemplo, el derrame del « Arrow » en el Canadá y el del « Otello » en Suecia). En estas circunstancias, la velocidad de ataque bacterial es mucho más baja que en los climas más templados, con lo que el petróleo tiene probabilidades de durar mucho más tiempo. Debido a la baja temperatura es mucho más probable que el petróleo tenga una viscosidad elevada o esté solidificado. Investigaciones canadienses y suecas demuestran que el petróleo es conservado durante el invierno por el hielo y la nieve. Con la llegada de los calores se hace menos viscoso, empezando a fluir otra vez con riesgo de contaminar las zonas litorales. Si están amenazadas la riqueza pesquera o una factoría de pesca (como en el derrame del « Arrow »), o hay que evitar la inutilización de las playas de recreo (como en el derrame del « Otello »), o conviene prevenir que el hielo se funda más rápidamente, lo mejor es tratar el petróleo durante los meses de invierno. Entre los métodos utilizables cabe citar la quema, la retirada mecánica utilizando excavadoras, o dispositivos similares.

6.3.7 Paseos, espigones y otras estructuras hechas por el hombre

Al considerar tales estructuras, probablemente será necesario que algunas superficies, en particular aquéllas sobre las que se pasea, queden mucho más limpias que otras superficies naturales y, por consiguiente, deberán tomarse medidas más vigorosas. La utilización de mezclas disolvente/emulsionante seguida por agitación vigorosa, por ejemplo frotamiento con escobas de baldeo, y la aplicación posterior de un potente chorro de agua, dejará las superficies limpias. También pueden usarse lanzallamas o chorros de vapor.

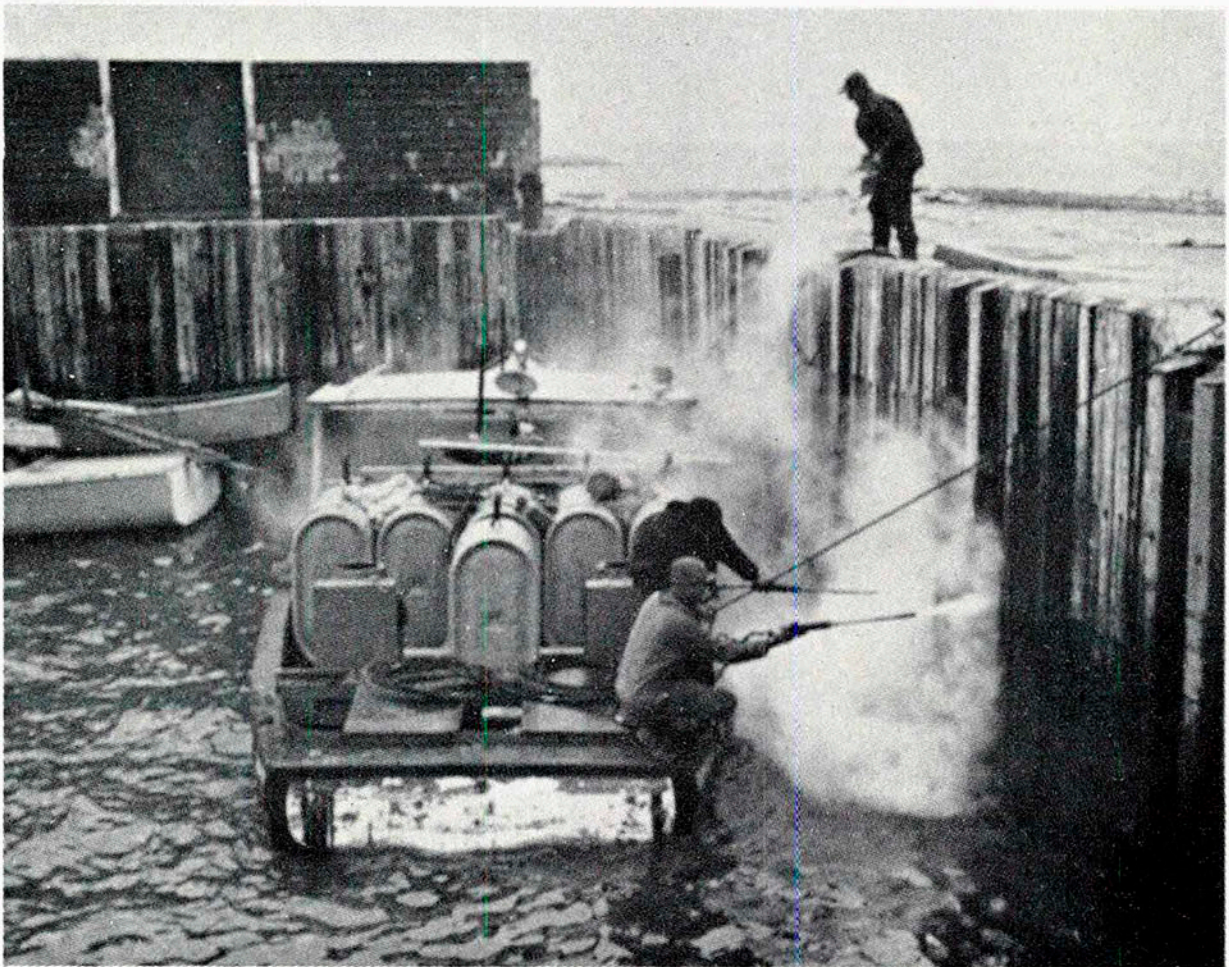


Fig. 30. *Limpieza a vapor en una dársena de Arichat Harbour.*

LISTA DE REFERENCIAS

- 1 Marcinowski, H. J.: Removal of oil from Water Surface—Panorámica de literatura sobre el tema—Informe No. 27/70, diciembre 1970. Stichting Concawe, La Haya, Paises Bajos.
- 2 Report on Oil Pollution Experiments—Behaviour of Fuel Oil on the Surface of the Sea. Audiencias de la Comisión de Ríos y Puertos, Cámara de Representantes, 71° Congreso, segundo periodo de sesiones, en el documento HR 10625, Parte I, 2, 3 y 26 de mayo de 1930, EE.UU. de América.
- 3 Berridge, S.A., Dean, R. A., Fallows, R. G., y Fish, A.: Scientific Aspects of Pollution of the Sea by Oil. J. Inst. Pet. Volumen 54, No. 539, noviembre, 1968.
- 4 Zobell, C. E.: The Occurrence, Effects and Fate of Oil Polluting the Sea, Inst. J. Air Water Poll., 7, páginas 173–197, 1963.
- 5 Blokker, P. C.: Spreading and Evaporation of Petroleum Products on Water, 4a, Conferencia internacional de Puertos, Amberes, Bélgica, junio de 1964.
- 6 Informe sobre el accidente del « Anne Mildred Brøvig »: Departamento Marítimo del Ministerio Federal de Transporte, República Federal de Alemania.
- 7 Stehr, E.: Gas Wasser Fach. Junio de 1967, página 53.
- 8 Zobell, C. E.: Microbial modification of crude oil in the sea, actas de la Conferencia mixta sobre prevención y control de los derrames de petróleo A.P.I./F.W.P.C.A., diciembre de 1969.
- 9 Engdahl, R.: Organización sueca sobre medios y medidas para tratar los derrames de petróleo en la mar. Ponencia presentada en el Simposio internacional sobre identificación y medición de los contaminantes del ambiente, en Ottawa, Canadá, 16 junio, 1971.
- 10 Report on Oil Containment Systems, Edison Water Quality Laboratory, Departamento del Interior, Estados Unidos de América, octubre de 1970.
- 11 Wicks, Moye, III. Fluid dynamics of oil contained by mechanical barriers in the presence of water currents. Actas de la Conferencia mixta sobre prevención y control de los derrames de petróleo, A.P.I./F.W.P.C.A., diciembre de 1969, página 55.
- 12 Newman, D. E. y Macbeth, N. I.: Ponencia 18 del Seminario sobre contaminación del agua por hidrocarburos organizado por el Inst. de Control de contaminación del agua y el Instituto del petróleo, Aviemore, Escocia, Reino Unido, mayo de 1970.
- 13 Taylor, J. C.: The Recovery and Containment of Oil Spills, revista del Instituto del petróleo 48, página 355 (1962).
- 14 Ekman y Sandelin: The Use of Peat in Combating Oil Pollution, Boletín de la International Peat Society (1971), 2, páginas 19–23.
- 15 Agencia de Energía Atómica del Reino Unido, Oil Pollution at Sea, Informe AERE No. 5550, 1967, H.M.S.O., Londres.

- 16 Descripción del accidente del « Santa Bárbara » (contaminación de hidrocarburos). Serie Water Pollution Control Research. DAST 20, Departamento del Interior, Estados Unidos de América, 1969.
- 17 Fuller, H. I.: Use of floating absorbents and gelling techniques to combat oil spills on water. J. Inst. Pet., Vol. 57, No. 553, páginas 35 (1971).
- 18 Schatzberg, P. y Nagy, K. V.: Sorbents for Oil Spill Removal. Actas de la Conferencia sobre prevención y control de los derrames de petróleo, Washington, EE.UU. de América, junio de 1971, A.P.I.
- 19 Recomendaciones técnicas para combatir la contaminación del petróleo en la mar abierta y en áreas costeras, por la organización Ölunfallausschuss See/Küste, Hamburgo, 1970, Ministerio Federal del Transporte, República Federal de Alemania, páginas 24.
- 20 Informe de la Task Force Operation Oil: limpieza del petróleo derramado por el « Arrow » en la Bahía de Chedabucto, 1970. Ministerio del Transporte, Ottawa, Canadá.
- 21 Informe de un experimento para destruir manchas de petróleo con el agente de ignición « Kontax » efectuado en el Mar del Norte, Rijkswaterstaat (Departamento de Control del Agua y Obras Públicas), Países Bajos.
- 22 Informes de una prueba de control del petróleo en el Mar del Norte, Rijkswaterstaat (Departamento de Control del Agua y Obras Públicas), Países Bajos.

APENDICE A

FORMULA DE BLOKKER

La fórmula de Blokker para calcular la propagación de la mancha de petróleo en un campo circular es:

$$D^3 - D_0^3 = \frac{24}{\pi} K (d_w - d_0) \frac{d_0}{d_w} V_0 t$$

- en la que D_0 = diámetro en el tiempo $t=0$,
 D = diámetro en el tiempo t ,
 d_w = peso específico del agua,
 d_0 = peso específico del petróleo,
 V_0 = volumen del petróleo considerado, y
 K = constante

Blokker da el valor de K = aproximadamente 15.000 min^{-1} para crudos de petróleo del Oriente Medio. Así, tomando un m^3 de crudo, ese volumen cubrirá un área de 10 m^2 con un espesor de $0,1 \text{ m}$. al principio, o sea, un círculo de $3,6 \text{ m}$. de diámetro. Al cabo de 10 minutos, cubrirá un círculo de 48 m . de diámetro con un espesor de $0,5 \text{ mm}$., extendiéndose a los 100 minutos a 110 m . de diámetro con un espesor de $100 \mu\text{m}$.

REFERENCIA

P. C. Blokker: « Spreading and evaporation of petroleum products on water ». Ponencia presentada a la cuarta Conferencia Internacional de Puertos, Amberes, Bélgica, junio de 1964.

APENDICE B

PROYECTO DE ESPECIFICACIONES DADAS EN EL REINO UNIDO PARA DISPERSANTES QUE SE USEN EN LA LIMPIEZA DE DERRAMES DE PETROLEO

1. Generalidades

Las presentes especificaciones se refieren al suministro de detergentes, dispersantes, emulsionantes, solventes emulsionantes y materiales semejantes que se destinen a operaciones de limpieza de playas y dispersión de hidrocarburos en la mar. Estas sustancias se manipulan en estado líquido y, por dicho motivo, el material que se ofrezca con arreglo a estas especificaciones deberá, en condiciones normales de operación, no contener sólidos ni materias en suspensión, ni fases líquidas adicionales. No deberá corroer los envases en que se guarde ni contener sustancias que se consideren normalmente tóxicas para el hombre.

2. Ingredientes prohibidos

El dispersante no deberá contener benceno, tetracloruro de carbono u otros hidrocarburos clorados, fenoles, cresoles, álcalis cáusticos o ácidos minerales libres.

3. Punto de inflamación

El punto de inflamación del dispersante, que se determinará por el método de vaso cerrado Pensky Marten (IP 34/67), no será inferior a 61°C (142°F).

4. Temperatura de enturbiamiento

La temperatura de enturbiamiento del dispersante (IP 219/67) no será superior a -10°C (14°F).

5. Viscosidad

La viscosidad del dispersante listo para uso (IP 71/66), medida a 0°C (32°F), no pasará de 50 centistokes.

6. Solvente de hidrocarburos

El solvente de hidrocarburos, si se incluye alguno en la composición del dispersante, será bajo en hidrocarburos aromáticos, con un límite superior de un 3% de hidrocarburos aromáticos, determinándose el porcentaje por absorción espectroscópica.

7. Envase

El dispersante vendrá envasado en bidones de acero normales de 40/50 galones de capacidad.*

*Podrán tomarse disposiciones especiales para entregas a granel.

8. Rotulación

Todos los envases irán claramente marcados con el nombre del fabricante, nombre, número u otra marca usada para identificar la sustancia, número de fabricación y temperatura de inflamación.

9. Vida en almacén

El dispersante, expedido en los bidones de acero de origen precintados, tendrá una vida en almacén de por lo menos 5 años.

10. Muestra

Deberá entregarse una muestra no inferior a un galón de la sustancia que se piense suministrar con arreglo a estas especificaciones al director del Warren Spring Laboratory, P.O. Box 20, Stevenage, Hertfordshire. El fabricante se comprometerá a que todas las entregas de sustancia que se hagan con arreglo a esta especificación cumplan en todos sus extremos (excepto en lo tocante al envase de la muestra) con el de la muestra entregada al laboratorio. El director del Laboratorio de Warren Spring tomará las medidas oportunas para que la muestra de dispersante entregada sea ensayada para comprobar su eficacia en operaciones que requieran emulsionar y dispersar petróleo; los métodos del ensayo seguirán las normas usadas habitualmente en el laboratorio para ensayar tales dispersantes.

El fabricante deberá declarar específicamente si el dispersante es adecuado para usarse en situaciones que exijan una baja toxicidad para la vida marina. Estos dispersantes de baja toxicidad tendrán un índice de LC_{50} para la quisquilla gris (*Crangon crangon*), mayor de 3.300 p.p.m. en un ensayo de 48 horas de exposición.

El director del Laboratorio de Warren Spring tomará disposiciones para que parte de la muestra entregada sea examinada, en cuanto a toxicidad, por el Laboratorio de Burnham-on-Crouch del Ministerio de Agricultura, Pesquerías y Alimentación, con arreglo a los procedimientos habituales de ese Laboratorio.

11. Composición y especificaciones del fabricante

Cada fabricante deberá entregar al director del Laboratorio de Warren Spring detalles de la composición y especificaciones usadas en la preparación de su producto. Esta información será entregada confidencialmente y el director del Laboratorio de Warren Spring no la divulgará. El fabricante también tendrá que presentar detalles de la escala de producción que pueda acometer y mantener, en caso de necesidad, para hacer frente a una demanda excepcional, urgente o de emergencia de estas sustancias.

12. Variación de las especificaciones

Todo material suministrado deberá conformarse con estas especificaciones. Si un fabricante no pudiera mantener el suministro del producto en condiciones de emergencia, tendrá que notificar por adelantado detalles completos de cualquier cambio que sea necesario para poder satisfacer la mayor demanda (por ejemplo, cambios de la composición del solvente). Estos materiales « modificados » no podrán suministrarse sin autorización especial, y los envases que contengan material modificado deberán ir claramente marcados con la letra M, tanto delante como detrás de las letras y/o números que identifiquen el producto. (Por ejemplo, un producto normalmente identificado con las letras ABC, seguidas de los números 123 debería, caso de suministrarse en forma modificada, rotularse MABC 123M.)

APENDICE C

EQUIPO ROCIADOR DE DISPERSANTE DEL WSL*

Introducción

Para cubrir la gran superficie que sería afectada en caso de un derrame de petróleo importante, hará falta disponer de una embarcación marítima rápida, capaz de transportar suficiente cantidad de dispersante. Reunen dichas características los remolcadores oceánicos y los buques pesqueros mayores.

La faena consiste en dos operaciones. Primero, aplicar uniformemente el dispersante sobre el petróleo flotante; segundo, mezclar el petróleo tratado con unos cuantos centímetros de la capa superior de la mar, con energía suficiente para romper las manchas de petróleo reduciéndolas a gotitas en suspensión.

El equipo rociador de dispersante del WSL ha sido concebido para rociar y mezclar dispersante no diluido con el petróleo derramado en la mar, a razón de 20 galones imperiales por minuto, y puede instalarse en cualquier remolcador corriente sin necesidad de soldaduras u otros ajustes que exijan el uso de mano de obra especializada. El equipo puede ser montado en mar abierta.

Tras el éxito de este equipo usado con ocasión de derrames de petróleo en las aguas que rodean el Reino Unido, se ha realizado una versión menor, también disponible, para uso con embarcaciones menores en aguas interiores menos profundas.

Varias de las características de proyecto de estos sistemas son críticas para que puedan utilizarse con seguridad y eficacia, por lo que conviene prestar mucho cuidado a las notas sobre instalación y funcionamiento que se dan. Los sistemas están protegidos por la solicitud de patente del Reino Unido 12493/70.

Cuando ha sido posible se han incluido equivalentes métricos de las dimensiones imperiales, pero esta conversión no se aplica a los componentes y accesorios suministrados como parte del equipo.

*La presente información está extraída y se reproduce de una publicación del Warren Spring Laboratory (WSL) del Departamento de Comercio e Industria de la Gran Bretaña. Puede obtenerse más información solicitándola a dicho Departamento, Sunley House, 90/93 High Holborn, Londres, W.C.1.

Instalación

1. Fíjese una carlinga al costado y por la base de un puntal de borda (Fig. 1) situado a distancia aproximada de 20 pies (6m) a proa de la popa.



Fig. 1



Fig. 2

2. Fíjese una placa de anclaje a la regala (Fig. 2) con la pieza de ajuste del palo en el lado proel y el hueco para éste directamente encima de su carlinga.
3. Empéñese un soporte cardánico a la placa de anclaje (Fig. 3).



Fig. 3



Fig. 4

4. Engrillétese el guardacabo de un cable metálico de 20 pies (6m) de longitud en la orejeta exterior del extremo superior de un palo (al lado opuesto de la cornamusa) y engánchese un extremo de cabo de sisal de 40 pies (12m) de longitud a la orejeta interior superior; móntese entonces el palo, asegurándolo una vez levantado con el pasador de grapa (Fig. 4).

- Repítase la operación en el otro costado del remolcador y efectúese un arriostramiento en cruz entre los dos palos con los cabos de sisal; véase un método apropiado en Fig. 5.

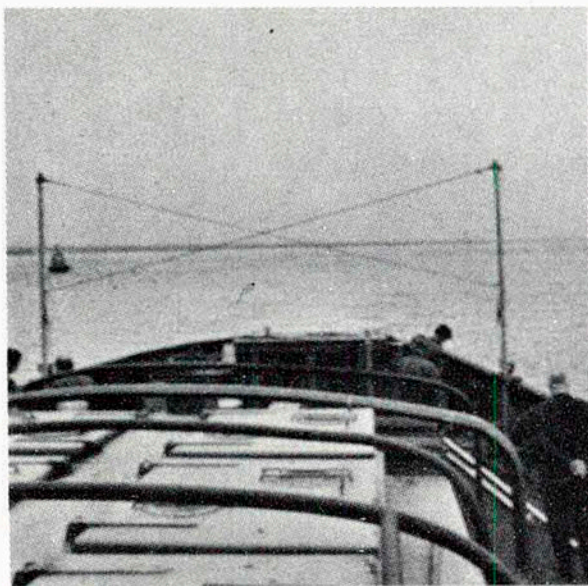


Fig. 5



Fig. 6

- Acóplense tres tubos de extensión para chorro de rociadura en cada tangón de manera que vayan colocados los más cortos en el extremo exterior y orientados sus propios extremos, curvados 30° , hacia popa (Fig. 6). Acóplense a rosca una boquilla y un racor en cada uno de esos tubos, cuidando de que el eje de cada boquilla quede paralelo al tangón (Fig. 7).
- Introdúzcase un tangón en su soporte cardánico, haciéndolo pasar desde el lado de proa, y enrósquesele una manguera de doble hembra (Fig. 8).



Fig. 7

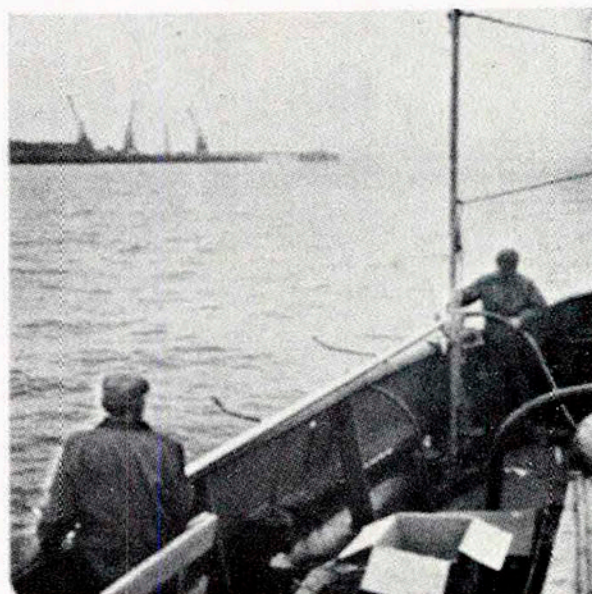


Fig. 8

- Engánchese el extremo suelto del amantillo metálico de 20 pies (6m) en la orejeta de la parte superior extrema del tangón, con guardacabo y grillete, y ajústese seguidamente la longitud de ese cable de forma que mantenga al tangón en una posición de trabajo horizontal. Si el estado de la mar hace probable que se balancee el remolcador, elévese el extremo exterior del tangón por encima de la horizontal en la medida que convenga. Afíancese el cable en su debida longitud mediante tres tensores de alambre de $\frac{1}{4}$ pulgadas (Fig. 9).

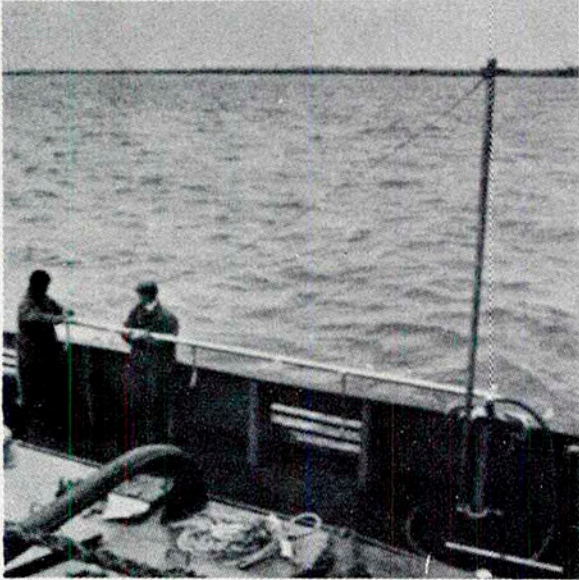


Fig. 9

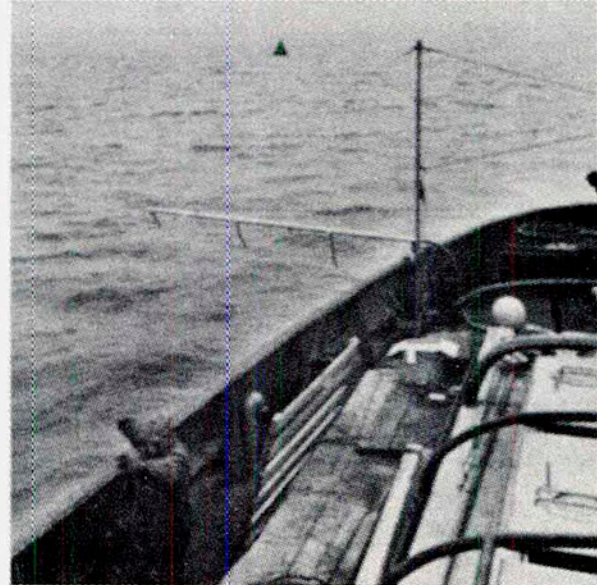


Fig. 10

- Engrillétese un cable metálico de $\frac{3}{8}$ pulgadas de diámetro en la orejeta delantera extrema del tangón y otro cable del mismo diámetro en la orejeta delantera central. Hágase pasar cable sobrante llevándolo hacia proa a lo largo de la cubierta.
- Engrillétense cuatro cables de halar de $\frac{1}{4}$ pulgadas de diámetro y 30 pies (9m) de longitud en las cuatro orejetas posteriores del tangón. Hágase pasar el sobrante de esos cables hacia atrás y en torno a la parte exterior del palo para volver de nuevo a cubierta.
- Engánchese 40 pies (12m) de cuerda sisal al grillete de la orejeta superior extrema del tangón y hágase pasar el otro extremo hacia popa por detrás del palo. Elévese el tangón sobre la regala y hálese tirando de este cabo de sisal al tiempo de largar el cable exterior de $\frac{3}{8}$ pulgadas de diámetro para que gire así el tangón hacia fuera hasta formar ángulo recto con el eje longitudinal remolcador. Puede comprobarse esto fácilmente a base de alinearlos con los cabos del arriostamiento en cruz de los mástiles (Fig. 10).

Engácese el cabo de $\frac{3}{8}$ pulgadas alrededor de un poste de amarre (o cualquier otro sitio conveniente muy a proa) y fíjense tres tensores de alambre de $\frac{3}{8}$ pulgadas; sujétese después el otro cabo de $\frac{3}{8}$ pulgadas de igual manera a fin de que la tensión de halaje en el tangón sea compartida por los dos cabos de $\frac{3}{8}$ pulgadas. Sujétese el cabo de sisal de 40 pies (12m) hacia el interior del remolcador, en la popa, a fin de asegurar firmemente el tangón contra la resistencia ofrecida por los cables de $\frac{3}{8}$ pulgadas (Fig. 11).

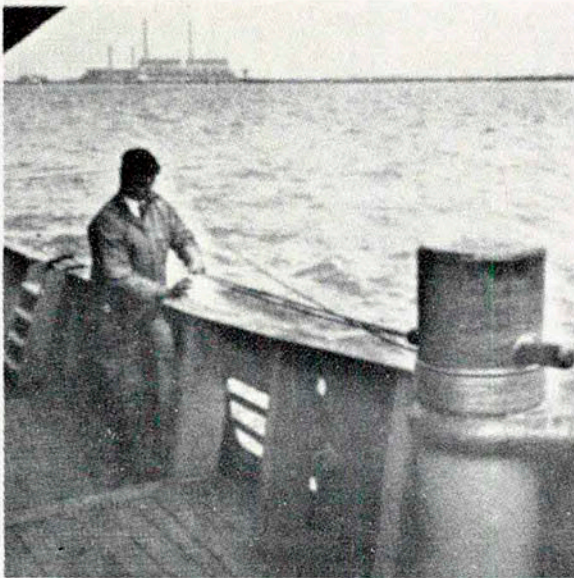


Fig. 11

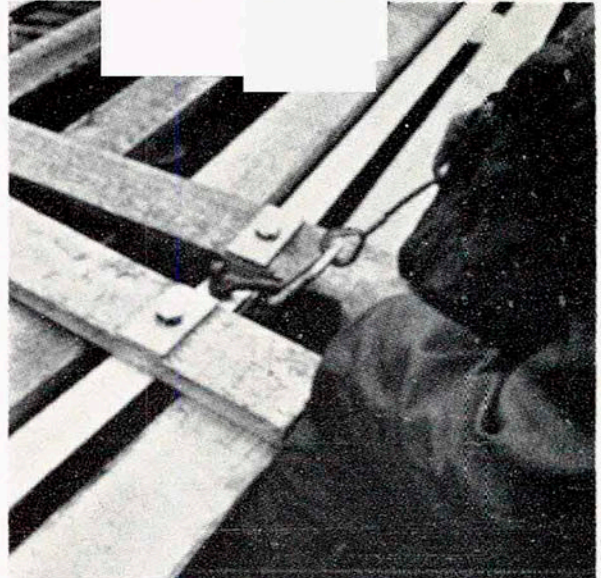


Fig. 12

12. Repítanse esas operaciones en el otro costado del remolcador.
13. Empéñese la barra de unión de conjuntos agitadores de superficie a las tablas componentes de estos conjuntos de forma que en cada uno quede situada la barra al mismo lado que el borde cuneiforme anterior y contigua a él; hágase uso de las planchuelas de perno de 4×2 pulgadas al otro lado de la madera.
14. Dispónganse tres agitadores de superficie a popa del palo y en sentido transversal, con los frentes en cuña colocados hacia abajo y mirando a proa. Unaseles mediante estribos de sujeción de $\frac{1}{2}$ pulgadas (con pernos de $\frac{5}{8}$ pulgadas) $\frac{1}{2}$ fíjese a cada uno de estos estribos un eslabón de muelle y también a cada puesto exterior. Sujétese el extremo libre de cada uno de los cables de halar, por el orden que corresponda, a cada eslabón de muelle (Fig. 12).
15. Con una cuerda de sisal de 5 pies 6 pulgadas (1,7m) anúdese una lazada floja que abrace los bordes posteriores internos de los agitadores de superficie central y exterior. Repítase la operación en los agitadores central e interior (Fig. 13).

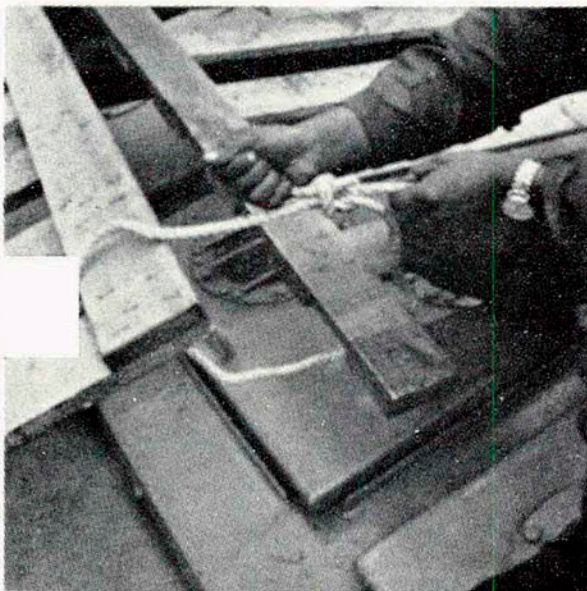


Fig. 13

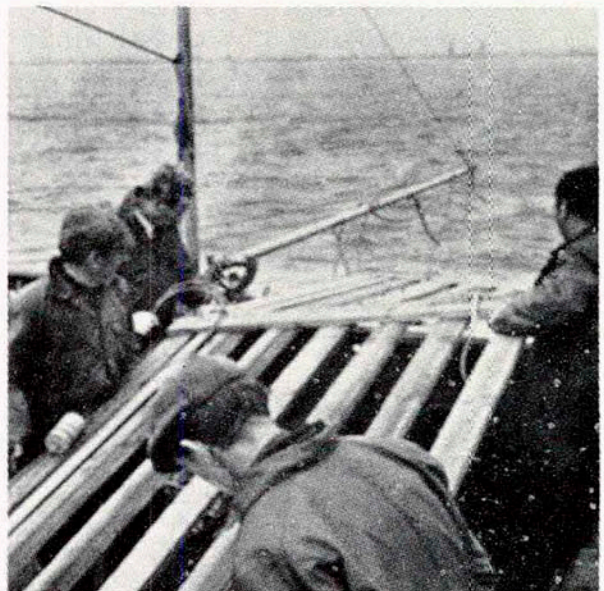


Fig. 14

16. Engánchense 35 pies (10m) de cabo de sisal al eslabón de muelle más interior y sujétese el otro extremo al soporte cardánico.
17. Afiáncense dos flotadores con doble ojo en la parte superior de los listones de acoplamiento de los agitadores exterior e interior.
18. Con el remolcador marchando a un mínimo de velocidad, empújense longitudinalmente los agitadores de estribor por encima de la regala (Fig. 14) con las porciones flojas de los cables de halar descansando sobre ellos. Al echarse los agitadores por la borda, el patrón debe acercarse a estribor para que cuide de impedir que floten las tablas bajo la aleta del barco. Una vez que los agitadores estén debidamente remolcados, reajústese el cabo de sisal de 35 pies (10m) cuidando de que quede lo bastante flojo como para garantizar que no soportará ninguna carga.
19. Repítase la operación en el costado de babor del remolcador.
20. Sitúese el conjunto de motor y bomba en algún lugar apropiado de popa y fíjese la pieza en Y, con sus válvulas, en la conexión de descarga (horizontal) de la bomba. Acóplense a ella las mangueras que parten de los tangones empleando los conectadores de $1\frac{1}{2}$ pulgadas que se proporcionan al efecto (Fig. 15). Conéctese la manguera de unión macho-hembra con la otra manguera de doble hembra y acóplese un extremo al conducto de aspiración de la bomba y el otro al tubo de aspiración del barril.



Fig. 15

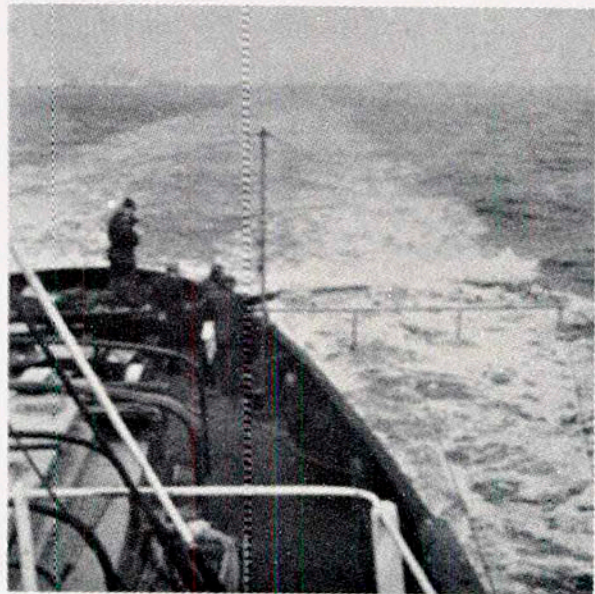


Fig. 16

21. El remolcador puede ya marchar a velocidades de entre 4 y 10 nudos, según aconsejen las condiciones reinantes y el espesor de la capa de petróleo; cuanto más delgada sea ésta mayor será la velocidad (Fig. 16).

22. Cuando se haga necesario retirar los agitadores de superficie y replegar los tangones al costado de la embarcación, ícense los agitadores halándolos a bordo mediante el cabo de sisal de 35 pies (10m) (Fig. 17). Cuando las tablas esten lo bastante cerca levánteselas por encima de la regala empezando por aquélla a la que va atado el cabo de sisal.

Nota: Resulta útil extender sobre cubierta una lona alquitranada de 6×6 yardas (6×3 m) si las tablas están muy grasientas, como lo estarán sin duda después de dispersar fueloil pesado.

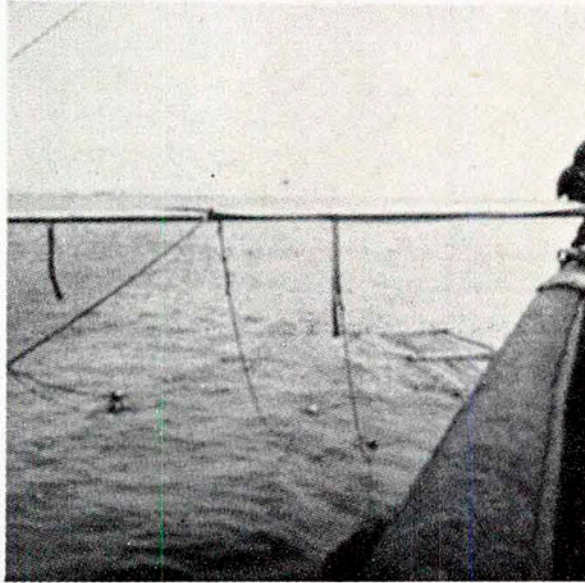


Fig. 17

23. Los cabos de sisal, que sujetan los tangones frente a la resistencia que ofrecen los cables metálicos de $\frac{3}{8}$ pulgadas, pueden ser largados ahora para hacer girar los tangones hacia adelante y atraerlos a bordo, en unión de las porciones en banda de los cabos metálicos de $\frac{3}{8}$ pulgadas.

Manejo

Se debe comprobar el motor, de acuerdo con el libro de instrucciones de la casa fabricante, antes de llevarlo a bordo.

Suponiendo que el equipo de tratamiento con dispersantes esté ya instalado y listo para funcionar a bordo del barco, procédase como sigue:

Llénese el tanque de alimentación del motor con *gasoil*. Siguiendo las instrucciones de puesta en marcha de la firma fabricante (que figurarán en el motor), hágase arrancar al motor con la cuerda facilitada al efecto. Tómese nota de que la palanca de mando *debe* estar en la posición de **MARCHA** para que entre el motor en funcionamiento.

Una vez que el motor esté funcionando con regularidad, introdúzcase el tubo de aspiración en el primer barril de dispersante. Cámbiese a otro barril lleno cada dos minutos, o cuando las boquillas rociadoras pierdan presión. La bomba es, por supuesto, autocebante.

Si la mancha de petróleo es suficientemente grande, rocíese continuamente su contorno trabajando hacia el centro de la misma. Si el petróleo está cerca de tierra, rocíesele por el lado que da a la costa y paralelamente a tierra. Puesto que cada pasada despeja una franja de 20 yardas (20 m) de ancha aproximadamente, cabe dispersar las manchas pequeñas haciendo unas cuantas pasadas a través de ellas.

El equipo ha sido elegido con vistas a garantizar, en la medida de lo posible, que las operaciones de bombeo y rociadura no alteren la composición del dispersante tal como lo suministra el fabricante en sus barriles. Es de la mayor importancia, pues, que no sufra alteraciones la velocidad del motor y que no se cierren parcialmente las válvulas de $1\frac{1}{2}$ pulgadas en la salida de la bomba. El régimen de bombeo está en consonancia con las boquillas, por lo que *no se debe* alterar el tamaño de dichas boquillas.

Cuando haya que dispersar *fueloil* pesado, especialmente con tiempo frío, ciérrese una de las válvulas de $1\frac{1}{2}$ pulgadas de la salida de la bomba, lo cual permite doblar la entrega de dispersante por un lado tan solo. En estas condiciones, sobre todo si el petróleo lleva enredados restos de vegetación marina o de otras materias flotantes, regúlese la velocidad del remolcador para que produzca una mezcla óptima. Inferior a 5 nudos es probable que resulte inadecuada; y por encima de 9 o 10 nudos hará que planeen los agitadores sobre la superficie del petróleo.

Cuando los barriles de dispersante estén estibados en cubierta cuídese de que todos los tapones quedan bien hacia arriba.

Si se colocan debidamente los tangones, formando ángulo recto con el eje longitudinal del remolcador, cabe llevar el timón todo a la banda, sin reducir velocidad, y los agitadores de superficie se mantendrán en su posición correcta.

Es una ventaja el baldear la zona de cubierta reservada a almacenaje de dispersante con agua de mar mientras se esté rociando.

Especificación

Para equipo rociador de dispersante del WSL montado en remolcador

NO. POR
CONJUNTO

ARTICULO

- 1 Grupo motobomba, consistente en un motor diesel vertical monocilíndrico y autoenfriado Petter AA1* dispuesto para marchar a velocidad fija de 1.500 r.p.m., con transmisión por eje a la mitad de velocidad, arranque por cuerda al extremo del volante y accionamiento desde el extremo correspondiente al engranaje del eje de extensión del árbol de levas, acoplado a una bomba rotativa de desplazamiento positivo Jobson and Beckwith « Rotan », † BSP TYPE RT 32 BRM de $1\frac{1}{2}$ pulgadas, en bronce con perno y eje de rueda loca de acero inoxidable, con cojinetes y obturador mecánico de eje adecuados para solventes aromáticos, y con válvula de seguridad colocada en la placa frontal (rotación dextrorsa desde el extremo de la placa frontal) y fijada a 30 p.s.i. La bomba y el motor se deben montar en una placa de asiento común y acoplar mediante una conexión modelo « Picador » Fig. 71 en estrella de $\frac{3}{4}$ pulgadas de diámetro interior. El grupo estará dotado de un bastidor tubular portante de 3 pies 6 pulgadas y de forma idónea para proteger el motor y la bomba contra deterioros ocasionados por los bidones de dispersante.
- 4 Largos de 25 pies de mangueras armadas de aspiración y de descarga I.D., de $1\frac{1}{2}$ pulgadas, con extremos de hilo metálico ceñidos a conexiones tipo talón. Cada manguera debe ser provista de un alambre de conexión independiente y sometida a prueba de continuidad eléctrica. Las mangueras y arandelas ha de ser adecuadas para solventes aromáticos. En tres de las mangueras serán hembras ambos extremos y en la cuarta los habrá macho y hembra.

*Motor: diesel de 1,5 HP, salida 750 r.p.m.

†Bomba: desplazamiento positivo, 20 g.p.m. a 750 r.p.m.

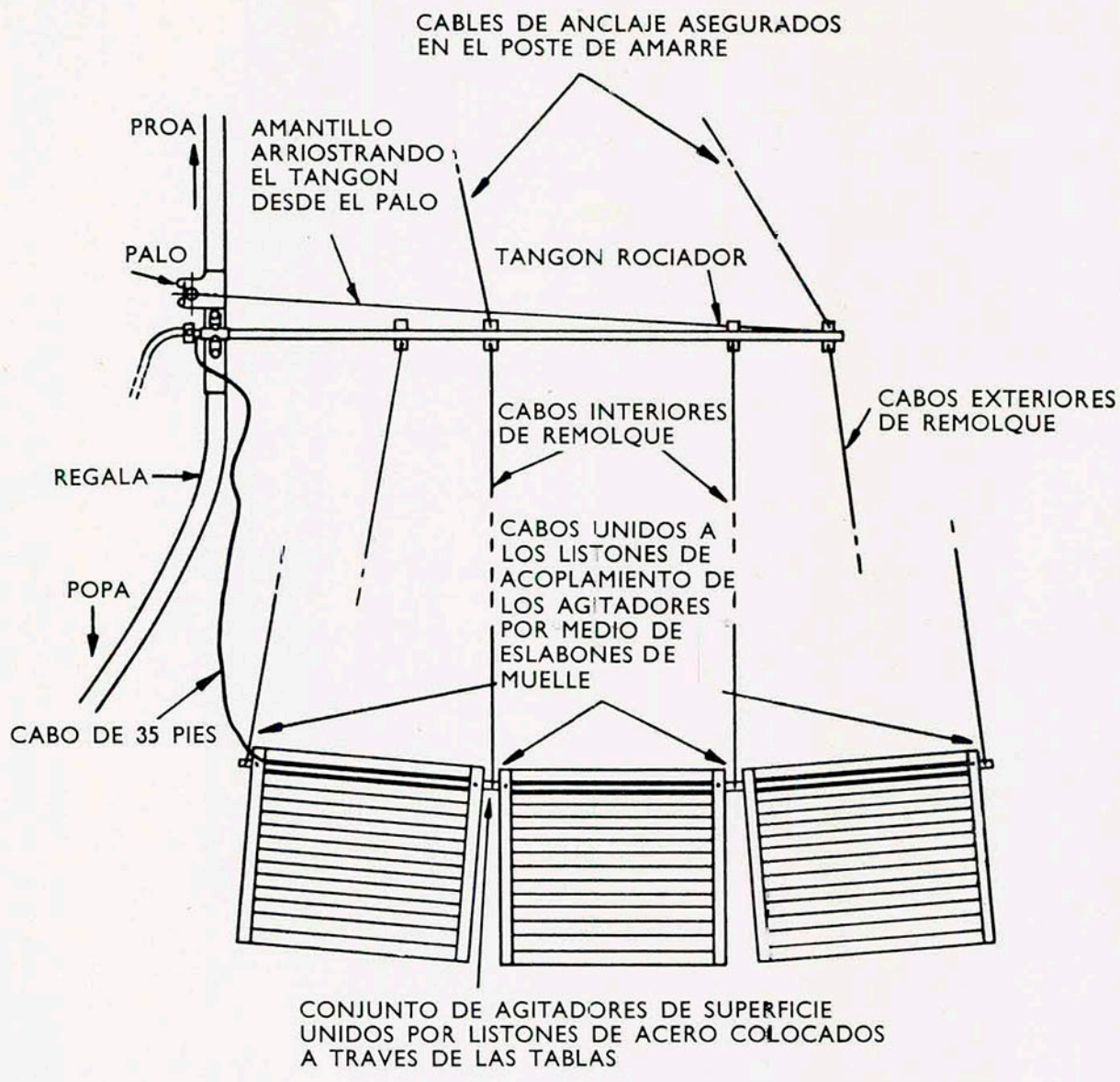


Fig. 18 Disposición de tangón rociador y agitadores de superficie (vistos con el tangón fijado a estribor).

APENDICE D

SISTEMA DE DISPERSANTES DEL SERVICIO DE GUARDACOSTAS DE SUECIA

1. Extracto

El equipo normal, que está primordialmente concebido para uso de los barcos guardacostas suecos, consiste en un sistema de bombeo a gran presión fijo a bordo, tanques fijos y portátiles (de aluminio) para dispersantes, un dispositivo especial de dosificación, dos tangones rociadores con toberas de chorro y diversas boquillas independientes para aplicaciones a proa y popa.

Hay también una variante portátil de este equipo.

La instalación está primordialmente proyectada para emplear productos dispersantes con base de agua, pero es también utilizable para esparcir dispersantes sin diluir, lo cual sólo exige cambiar las toberas en los tangones rociadores.

1. Aplicación

La diseminación de un dispersante acuoso se realiza como sigue:

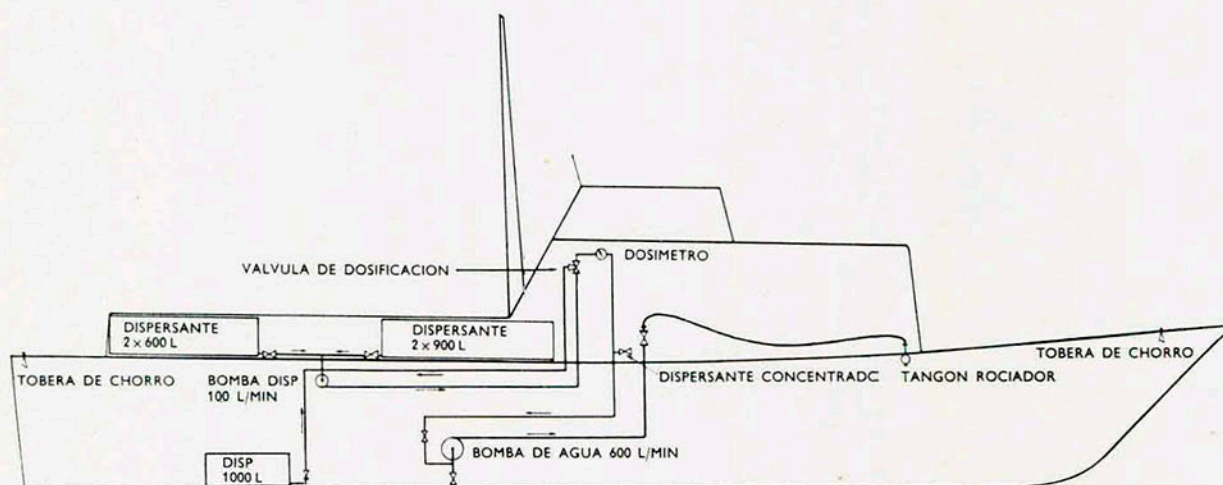
- a) La bomba de agua, que tiene una capacidad de 600 l/min. a 7 kp/cm² y es de tipo centrifugo, bombea el agua del mar hacia dos válvulas situadas a cada lado de la caseta.
- b) El dispersante se almacena a bordo en tanques o barriles fijos y/o portátiles.
- c) El acoplamiento entre los tanques y la bomba del dispersante se efectúa directamente por medio de mangueras flexibles. La capacidad de la bomba del dispersante es de 100 l/min.
- d) Antes de esparcir el dispersante se pone en marcha la bomba del agua y se regulan los tangones y las toberas empleando agua de mar. Se hace que funcione a continuación la boma del dispersante y se ajusta la válvula de dosificación para circulación del dispersante. La utilización de un dosímetro permite seleccionar entre 0-100% la dosis del agente puro en la mezcla dispersante. Gracias a esta disposición, el equipo es idóneo para toda clase de dispersantes y cabe regular continuamente la dosis durante las operaciones.
- e) Para diseminar dispersante sin diluir se emplea la bomba del dispersante únicamente. Se colocan entonces toberas más pequeñas en los tangones rociadores y la operación subsiguiente es semejante a aquélla en que se utilizan dispersante mezclados con agua.

f) La velocidad media del barco para la operación diseminadora es de unos 7 nudos.

g) Todos los guardacostas están dotados del siguiente equipo:

1. Tanques fijos y/o portátiles para dispersantes.
2. Tangones rociadores hechos de tubos de aluminio de 2 pulgadas, con 4-5 toberas en cada tangón. Móntanse los tangones sobre la caseta y se emplean cabos de polipropileno para situar dichos tangones en la debida posición.
3. Las boquillas de proa y popa están principalmente proyectadas para operaciones con mal tiempo. Pueden esparcir la mezcla de agua y dispersante (lanzada a chorro) hasta una distancia de unos 10 metros del costado del barco.
4. Lanzas de contraincendios para operaciones manuales de diseminación adaptables de trayectoria compacta a rociadura.

h) Los buques especialmente destinados a combatir el petróleo llevan idéntico equipo, pero con un almacenaje de dispersantes mucho mayor (así como otro equipo antipetróleo).



Se imprimió en el mes de septiembre de 1973, en los TALLERES GRÁFICOS DE LA NACIÓN, Canal del Norte Núm. 80, México 2, D.F., por encargo de la Secretaría de Marina, México. Su tirada fue de 2,230 ejemplares en papel Couché de 90 kilogramos