

## TRABAJO FIN DE GRADO

Curso 2014-2015

# Derrames de Hidrocarburos en Canarias

**Tutor: Antonio José Poleo Mora.**

**Alumnos: Abenchara Martín Dominguez y Miguel Angel Eugenio Castro.**

**Grado: Náutica y Transporte Marítimo.**



# Resumen

Los riesgos a los que se expone las aguas de las Islas Canarias debido a su dependencia energética y su posición estratégica para la escala de buques con destino hacia otros continentes, a parte de la existencia de otros tipos de riesgos como son los de la explotación de yacimientos de petróleos cercanos a las costas canarias, el trasvase de hidrocarburos, los lavados de tanques de los buques y los accidentes de buques, hace que Canarias haya sido considerada una zona de especial sensibilidad teniendo en cuenta que Canarias tiene un alto valor ecológico y económico.

Para combatir esos riesgos se han desarrollado una serie de medidas descritas en el "Protocolo MARPOL" y se han creado unos métodos de prevención donde se estudia el comportamiento de los hidrocarburos en el mar.

La efectividad de los métodos de prevención en la lucha contra los derrames de hidrocarburos dependerá fundamentalmente de la existencia de un plan de contingencias que dependiendo de la proximidad a zonas sensibles y de la cantidad de hidrocarburos derramados da lugar a un plan Internacional, nacional, interior o territorial como el "PECMAR" de Canarias (Plan Específico de Cotingencias por Contaminación Marina Accidental de Canarias).

Hoy en día, a pesar de que se ha reducido la cantidad de contaminantes vertidos en el mar, siempre existirá la contaminación marina por derrames de hidrocarburos , por lo tanto, siempre será imprescindible su control.

# Abstract

The Canary Islands have been considered an area of particular sensitivity because of, among other factors, its energy dependence and its strategic position for the scale of vessels bound to other continents. Also, the sea surrounding the islands is exposed to other risks such as the exploitation of petroleum deposits off the coasts of the islands, oil transfer, accidents of ships and the washing of their tanks. Undoubtedly, Canary has a high ecological and economic value so it is necessary to consider that the sea surrounding the islands is exposed to great risks.

In recent years, there have been developed a series of measures which are described

in the "MARPOL Protocol" to combat the risks described above and also there have been created a number of prevention methods in which the behavior of oil is studied at sea.

The effectiveness of prevention methods in the fight against oil spills will depend fundamentally on the existence of a contingency plan. This plan, depending on the proximity to sensitive areas and the amount of oil spilled, will lead to an international, national, internal or territorial plan such as the " PECMAR " of the Canary Islands (Specific Contingency Plan for Accidental Marine Pollution of the Canary Islands).

Today, the amount of polluting discharges at the sea has been reduced, however, we have to be aware that marine pollution by oil spills will always exist. For this reason because of this, it is essential to control it.

# ÍNDICE

	<b>Pág</b>
<b>1. Objetivos</b>	
<b>2. Antecedentes</b>	
<b>3. Introducción</b>	
<b>Capítulo I Legislación</b>	
I.1 Legislación Internacional	17
I.2 Normativa Europea	26
I.3 Legislación Española	30
I.4 Normativa de la Comunidad Autónoma de Canarias	39
<b>Capítulo II Generalidades de los hidrocarburos</b>	
II.1 Concepto de hidrocarburos	41
II.2 Comportamiento de los hidrocarburos en el mar	42
II.3 Movimientos de los hidrocarburos en el mar	52
<b>Capítulo III Daños al ecosistema</b>	
III.1 Efectos de los hidrocarburos sobre el medioambiente	57
III.2 Velocidad de recuperación del ecosistema	67
III.3 Focos contaminantes	78
<b>Capítulo IV Planes de contingencias</b>	
IV.1 Generalidades	89
IV.2 Criterios para la activación de un Plan de Contingencias	94
IV.3 Estructura de un Plan de Contingencias	96
IV.4 Plan Específico por Contaminación Marina Accidental de Canarias (PECMAR)	104
IV.4.1 Organización del PECMAR	107
IV.4.2 Fases y situaciones de emergencia del PECMAR	114
IV.4.3 Zona Marítima de Especial Sensibilidad en Canarias	117
IV.4.3.1 Medidas de protección implantadas	125
<b>Capítulo V Vigilancia aérea en el mar</b>	
V.1 Generalidades	132
V.2 Reconocimiento de la zona contaminada	137

V.3 Cuantificación visual de la mancha de Hidrocarburo	143
<b>Capítulo VI Estrategias de lucha contra la contaminación por hidrocarburos</b>	
VI.1 Generalidades	148
VI.2 Dispersión química de los hidrocarburos en la mar	148
VI.2.1 Tipos de dispersantes	150
VI.2.2 Efectividad de los dispersantes	153
VI.2.3 Ventajas y Desventajas de usar los dispersantes	155
VI.2.4 Cuando usar los dispersantes y Cuando NO	156
VI.2.5 Técnicas de Aplicación de Dispersantes	158
VI.2.5.1 Aplicación de dispersantes en el mar	159
VI.2.5.1.1 Aplicación desde aeronaves	159
VI.2.5.1.1.1 Tipos de aeronaves	161
VI.2.5.1.2 Aplicación desde embarcaciones	164
VI.2.5.1.2.1 Tipos de embarcaciones	167
VI.2.5.1.3 Aplicación en la costa	171
VI.3 Incineración in situ	173
VI.3.1 Técnica operacional	175
VI.3.2 Ventajas y Desventajas de la incineración in situ de hidrocarburos	176
VI.4 Medios de Contención del Derrame	179
VI.4.1 Tipos de barreras	184
VI.4.2 Tipos de conexiones entre barreras	199
VI.4.3 Fijación de las barreras	202
VI.4.3.1 Amarre	202
VI.4.3.2 Fondeo	205
VI.4.4 Formas de empleo de las barreras de contención	207
VI.5 Dispositivos de recogida de hidrocarburos	214

VI.5.1 Almacenamiento temporal de los vertidos de hidrocarburos	235
VI.6 Limpieza de la costa	238
VI.6.1 Organización del personal	240
VI.6.2 Técnicas de limpieza de la costa	241
VI.6.3 Métodos de rehabilitación de las costas	264
<b>VI.6.4 Programa de Recuperación de la Fauna Protegida Accidentada del Cabildo de Lanzarote</b>	266
<b>4.Conclusiones</b>	268
<b>Bibliografía</b>	269
<b>Acrónimos</b>	276



# 1. Objetivos

Al analizar la problemática de los vertidos de sustancias contaminantes en el entorno marítimo de las Islas Canarias, la principal idea que suele surgir, es que existe la probabilidad de sufrir vertidos con consecuencias similares a las del "Prestige" (Galicia, Noviembre de 2002) Según estimaciones de la sociedad británica de clasificación de buques, "Lloyd Register Shipping", *"son alrededor 30.000 los buques que tocan puertos Canarios al año y otros 30.000 que no hacen escala. Del total, 4.200 llevan mercancías peligrosas, hidrocarburos o derivados del petróleo en más del 85% de los casos"*[0].

Por otro lado, debe tenerse en cuenta que las Islas Canarias constituyen una región eminentemente turística y que depende de sus costas y su entorno de forma especialmente relevante para el desarrollo de su casi exclusiva fuente económica. La presencia de las diferentes actividades ligadas al turismo hace que Canarias necesite tener un Plan de Gestión Integrada de sus zonas costeras, abarcando desde el ámbito municipal al territorial, que permita el mantenimiento del recurso turístico así como la ecología de la zona.

Dados estos argumentos, se puede concluir que el litoral Canario, se encuentra expuesto de forma permanente a todo tipo de agresiones, como son los vertidos de derivados del petróleo y otros contaminantes oceánicos, los cuales implicarían consecuencias desastrosas para la economía, la sociedad y el medio ambiente de toda la comunidad Canaria. Es por ello que se hace especialmente importante la elaboración de Planes de Contingencia Insulares que garanticen la protección de la totalidad de la costa Canaria y en caso de que se produzca un vertido, asegurar una correcta, rápida y eficaz intervención, todo ello enmarcado en una legislación correctamente elaborada y de obligado cumplimiento.

En base a esto, el presente trabajo tiene como objetivo primordial:

- El estudio de Planes de Contingencia Marinos por derrames de hidrocarburos.
- El estudio de los dispositivos de lucha contra la contaminación marina por derrame de hidrocarburos.

- Estudio de los hidrocarburos ,sus propiedades, el comportamiento de los derrames en el medio marino y sus efectos sobre los recursos marinos y costeros.
- El estudio de las Zonas Marinas Especialmente Sensibles (ZMES).
- Conocer las pautas que han de seguir desde la vigilancia aérea para la detección y seguimiento de las mareas negras.
- Conocer los distintos métodos de contención de los hidrocarburos.
- Conocer técnicas y estrategias para la limpieza del litoral.

## 2. Antecedentes

El tránsito de buques con mercancías peligrosas muy cerca de las costas Canarias ha sido habitual a lo largo de la historia reciente y lo sigue siendo en la actualidad.

A lo largo de la historia es verdad que Canarias no ha tenido derrames de hidrocarburos con considerables daños al medio ambiente si los comparamos con otros ocurridos en otras partes del país o en otras partes del mundo como es el caso del "Prestige" el cual se hundió el 19 de noviembre de 2002 a 155 millas de las costas gallegas derramando más de 77.000 toneladas de crudo provocando el mayor desastre ecológico de España o el caso del 25 de enero de 1991 cuando *"Irak arrojó al Golfo Pérsico unos 11 millones de barriles de crudo de los pozos de Kuwait para dificultar el desembarco aliado, causando el mayor desastre ecológico de la historia"*[1], o el caso del 20 de abril de 2010 cuando la plataforma petrolífera "Deepwater Horizon" situada a 45 millas de Louisiana, sufre una explosión que acaba provocando su hundimiento. La explosión mata a 11 trabajadores y produce un derrame de crudo estimado en 800.000 litros diarios hecho que no se pudo remediar hasta el paso de 4 meses que fue cuando se pudo sellar el pozo siendo esta la mayor catástrofe petrolera de todos los tiempos.



Imágen 2.1 A la izquierda se muestra el "Prestige" y a la derecha la plataforma petrolífera "Deepwater Horizon".

Fuentes: <http://www.lavanguardia.com/sucesos/20131113/54393387006/absultos-prestige.html>

<http://www.theguardian.com/environment/2011/apr/20/deepwater-horizon-key-questions-answered>

Pero hay que mencionar que en Canarias se han producido tres graves accidentes de derrames de hidrocarburos entre los que destacan :

El 05 de noviembre de 1973 el buque "SS Golar Patricia" sufrió tres explosiones , se incendió y se rompió provocando un derrame de 10.000 toneladas de aguas oleosas a 130 millas náuticas al Norte de Canarias hundiéndose al tiempo. Un miembro de la tripulación murió, pero el capitán (Harald Stormo), la tripulación y tres pasajeros abandonaron con éxito la nave. Una aeronave española rescató a todos sobrevivientes y les aterrizaron en Tenerife.

El 19 de diciembre de "1989 el buque "Khark V" derramó 70.000 toneladas de crudo a 350 millas náuticas al Norte del Archipiélago"[2], originado por una explosión que conllevó a un incendio. Se logró trasvasar la carga, luego se reparó y trasladó. Se convierte en el siniestro más significativo de contaminación marina causada por hidrocarburos en la historia de Canarias.

EL 29 de diciembre de 1989 el buque "Aragon" vertió al mar 25.000 toneladas de crudo a 33 millas al Sur de Madeira, debido a una fisura en un tanque (causada por las adversas condiciones climatológicas). Al igual que el accidente anterior se trasvasó la carga, se reparó y finalmente se trasladó.

Por otro lado se han producido otros derrames de hidrocarburos a lo largo de la historia de Canarias que independientemente de la cantidad de hidrocarburos derramados al mar siguen siendo importantes de mencionar :

07 de agosto de 1990 el buque "Sea Spirit" vertió 10.000 toneladas en las Islas Canarias (35° 53' N – 005° 57' W). La causa y el tipo de carga se desconocen.

14 de junio de 1990 el buque "CGM Ronsard" derramó 34 toneladas al chocar con el muelle Sur (Tenerife). La carga y la causa se desconocen.

03 de abril de 2005 según anuncia "Canarias7", ciudadanos denuncian la existencias de manchas de petróleo desde hace seis meses en la zona próxima al auditorio de Tenerife, a pesar de que se cree que la refinería CEPSA es la culpable, ésta niega su autoría.

Junio de 2009 según divulga el periódico digital "Canarias Ahora", se cierra la playa de Valleseco (Tenerife) hasta septiembre del mismo año por la presencia de una mancha de hidrocarburo. Un año más tarde la "Agencia de Protección del Medio Urbano y Natural" (APMUN) multa a la refinería con 270.000 euros.

26 de diciembre de 2013 según comunica "Lavozdelanzarote", se encalla un buque petrolero a 120 millas de Lanzarote pudiendo verter la carga que transportaba, aproximadamente 5.000 toneladas de crudo. Finalmente se trasvasó la carga.



Imágen 2.2 \* Buque petrolero encallado en Tan Tan a 120 millas de la Isla de Lanzarote

Fuente: <http://www.lavozdelanzarote.com/articulo/politica/petrolero-cargado-5-000-toneladas-petroleo-encalla-costa-marroqui-200-kilometros-lanzarote/20131226161025085687.html>

15 de abril de 2014 según informa "EFE Noticias", se detecta en el Sur de Gran Canaria una mancha de petróleo que obliga a cerrar varias playas. Se desconoce el causante del vertido.

17 de julio de 2014 según publica "El País", llega a la costa de Gran Canaria, playa de "El Cabrón", unos 200 litros de fuel, afectando una reserva marina. Entre las hipótesis destacan una rotura de tubería o la limpieza de los tanques de un buque que transitaba la zona.



Imágen 2.3 \*Limpieza de varias manchas de petróleo aparecidas en las zonas de la conocida como "El Cabrón"(Gran Canaria).

Fuente: <http://www.efeverde.com/noticias/el-vertido-de-gran-canaria-abarca-800-metros-pero-sin-danar-fondos/>

El 11 de abril de 2015 el buque pesquero ruso "Oleg Naydenov" sufre un incendio a bordo en el puerto de Las Palmas. Debido a que podía haber riesgo de explosión y de incendio hacía otros buques se decidió remolcar el buque hacía alta mar donde se hundió el 14 de abril a unas 15 millas (24 kilómetros) al sur de punta de Maspalomas a una profundidad de 2.700 metros derramando 1.400 toneladas. El 22 de abril se localizan los primeros restos de fuel, en forma de galletas, en las playas de Veneguera, una cala de Mogán que se encuentra dentro de la Reserva de la Biosfera de Gran Canaria y forma parte del Parque Rural del Nublo aunque estos resto no se pueden atribuir al pesquero ruso hasta que se hagan los análisis de las muestras del petróleo.



Imágen 2.4 \* Buque pesquero ruso "Oleg Naydenov" siendo remolcado por Salvamento Marítimo hacia alta mar en aguas de Canarias mientras esta incendiado.

Fuente: [http://www.eldiario.es/canariasahora/sociedad/pesquero-twitter-ruso-Oleg\\_Naydenov\\_0\\_377613365.html](http://www.eldiario.es/canariasahora/sociedad/pesquero-twitter-ruso-Oleg_Naydenov_0_377613365.html)

El 12 de junio de 2015 según publica el diario "La provincia" un barco pesquero con puerto base en Arguineguín provocó un vertido de una cantidad indeterminada de fuel que afectó a aguas próximas a la playa de Patalavaca, del municipio gran canario de Mogán.



Imágen 2.4 \* Operarios de Salvamento Marítimo recogiendo hidrocarburos proximos a la playa de Patalavaca ( Gran Canaria).

Fuente: <http://multimedia.laprovincia.es/fotos/gran-canaria/vertido-afecta-aguas-cercanas-playa-patalavaca-mogan-38194.shtml#>

### 3.Introducción

Desde hace siglos el transporte marítimo ha sido fundamental para la economía de

todo el planeta, dado que *"el 90 % del comercio mundial se transporta por mar y es, de lejos, el modo más eficaz en función de los costos de transportar mercancías y materias primas en grandes cantidades en todo el mundo"* [3] (el petróleo o sus derivados son las cargas más transportadas).

La actividad marítima desempeña un papel clave en el alivio de la pobreza extrema y el hambre, puesto que proporciona una importante fuente de ingresos y de empleo para muchos países en desarrollo como resultado del suministro de personal de navegación marítima y el reciclaje de buques, la propiedad y explotación de los buques, su construcción y reparación, y la prestación de servicios portuarios, entre otras actividades.

Actualmente, en Canarias la mayor parte del consumo de energía primaria se basa en el petróleo y sus derivados. Esta dependencia de los combustibles fósiles provoca un riesgo tanto para la seguridad como para la garantía del suministro y ejerce fuertes presiones medioambientales debido al gran tránsito de buques que pasan por las aguas canarias, ya que estas también son un punto estratégico de paso obligado de las grandes rutas oceánicas entre Europa, África y Asia, así como de todos aquellos buques procedentes de puertos del Mediterráneo que tienen su destino en puertos de América Central y América del Sur los cuales tienen que hacer escala en Canarias y muchos de ellos incumplen las normas de seguridad que les exige las distintas normativas marinas tanto nacionales como internacionales.

Además existen otro tipo de riesgos como son los de la explotación de yacimientos de petróleos cercanos a las costas Canarias , la existencia de una refinería en Santa Cruz De Tenerife , el trasvase de hidrocarburos , la eliminación de restos de fuel-oil y aguas de sentinas de los buques al mar y los accidentes de buques, pudiendo ser o no provocados por la meteorología reinante en determinadas épocas del año, como puede ser el invierno en que la mar sube su fuerza y los vientos arrecian más de lo deseado. Esto conlleva a que las condiciones de navegabilidad se ven seriamente mermadas, con el consiguiente incremento del riesgo, pudiendo producirse en nuestros mares naufragios, hundimientos, abordajes, etc.

Los puertos principales de Santa Cruz de Tenerife y las Palmas de Gran Canaria no sólo tienen tránsito con los continentes europeo, africano y americano sino que sirven

de paso y trasbordo a los puertos de las denominadas islas menores, constituyendo así una trama portuaria en la que se desarrolla gran parte de las diligencias comerciales portuarias.

*"Se estima en unos 1.500 el número de buques de transporte de productos petrolíferos que anualmente circulan por la zona"[2], de donde se deduce el peligro potencial de vertidos controlados, incontrolados o accidentales, a los que el archipiélago canario esta siendo sometido. Esto conlleva a que en las inmediaciones de nuestras costas la contaminación se eleve gracias a los vertidos intencionados de hidrocarburos así como otros tipos de contaminantes provocados por lavados de los tanques en alta mar de los buques que faenan por la zona.*

Por otra parte el movimiento de buques por los puertos canarios se acerca a los 30.000 anuales lo que provoca contaminación de pequeños vertidos y riesgo de accidentes con vertidos más importantes de los combustibles de los mismos.

Debido a las condiciones medioambientales de Canarias tanto de sus aguas como de su entorno hacen de ella una zona con gran cantidad de turismo y que sea importante para la pesca por lo que un derrame de hidrocarburos sería un desastre para la economía de las islas.

Esto provoca que Canarias viva en una continua amenaza de riesgo que pueda perjudicar a su medio ambiente, por ello en este trabajo fin de grado vamos a hacer referencia a la importancia de la aplicación de métodos de prevención de lucha contra la contaminación de derrames de hidrocarburos que puedan ayudar a preservar la economía de las islas y su medio ambiente, ya que la experiencia acumulada a través de todos los derrames de hidrocarburos en el mar bien sea por accidentes marítimos o por otras causas, señala que el factor tiempo y organización son de primordial importancia a la hora de afrontar con posibilidades de éxito la lucha contra la contaminación producida. El factor tiempo está en muchas ocasiones íntimamente ligado a la organización, ya que un esquema organizativo claro y sencillo ahorra mucho tiempo a la hora de tomar decisiones sobre la utilización de distintos medios en las operaciones de contención, recuperación y limpieza de un derrame.

# **Capítulo I**

## **Legislación**

## I.1 Legislación Internacional

En este Trabajo Fin de Grado hay que mencionar aunque sea por encima la normativa referente a los medios de prevención de derrames de hidrocarburos, ya que de una buena estrategia normativa, nacional e internacional, de su control efectivo y persecución de las imprudencias o acciones que pudieran propiciar dichos derrames, voluntarios o accidentales, va a depender un alto porcentaje de la evitación de los mismos. Sobre todo porque las características de esta amenaza una vez desatadas tienen un coste medioambiental y económico que solo en un porcentaje limitado es recuperable.

La formación de estas normas nace de la necesidad de implantar una ley a nivel internacional debido a que el transporte marítimo es un sector de ámbito internacional.

Y si cada país elaborase su propia legislación sobre seguridad, el resultado sería un laberinto de leyes nacionales distintas y a menudo contradictorias. Por ejemplo, un país podría insistir en que los botes salvavidas fuesen de acero y otro de plástico reforzado con fibra de vidrio. Algunos países podrían hacer hincapié en normas de seguridad muy rigurosas, mientras que en otros podrían ser poco rigurosas, convirtiéndose así en paraísos para los buques deficientes.

Surgió así en Ginebra el 17 de marzo de 1948 la "Organización Marítima Internacional" (OMI), *"organismo especializado de las Naciones Unidas encargada de adoptar medidas para mejorar la seguridad del transporte marítimo internacional y prevenir la contaminación del mar por los buques"*[4] pero no se reunió por primera vez hasta enero de 1959.



Imágen I.1 \*Sede de la OMI en Londres.

Fuente: <http://archivo.larepublica.pe/30-11-2013/eligen-a-peru-como-miembro-del-consejo-de-la-organizacion-maritima-internacional>

En 1954 se adoptó un tratado referente a la contaminación por hidrocarburos procedentes de los buques. *"La OMI se hizo cargo de ese tratado en 1959 pero hubo que esperar hasta 1967, cuando el petrolero "Torrey Canyon" encalló frente a las costas del Reino Unido y derramó más de 120.000 toneladas de crudo, para que el mundo del transporte marítimo se diese cuenta de la grave amenaza que entrañaba la contaminación"*[4]. Hasta ese momento muchos creían que los mares eran lo bastante extenso como para hacer frente a cualquier contaminación ocasionada por las actividades humanas. Desde entonces la OMI ha elaborado numerosas medidas para combatir la contaminación del mar, incluida la ocasionada por el vertimiento en el mar de los desechos originados por las actividades terrestres.

Gracias en parte a esas medidas *"la contaminación por hidrocarburos procedentes de los buques se redujo en un 60% durante el decenio de los años ochenta, según las cifras recopiladas por la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos"*[4].

Cuando la OMI empezó a funcionar su cometido principal consistía en elaborar tratados y normas internacionales relativos a la seguridad y la prevención de la contaminación del mar. Sin embargo, ese trabajo quedó casi terminado a finales de los años setenta. A continuación la OMI se concentró en mantener actualizada la legislación y en asegurarse de que era ratificada por el mayor número posible de países. Tan bien ha llevado a cabo esa misión que *"en la actualidad hay numerosos convenios que se aplican a más del 98% del tonelaje de la flota mercante*

*mundial"[4]. Hoy día el esfuerzo se concentra en tratar que dichos convenios y demás tratados sean implantados adecuadamente por los países que los han aceptado.*

En la actualidad el órgano rector de la OMI es la Asamblea, que está integrada por los 156 Estados Miembros y se reúne normalmente una vez cada dos años. Aprueba el presupuesto para el próximo bienio y las resoluciones y recomendaciones de carácter técnico elaboradas por los órganos auxiliares durante los dos años anteriores. El Consejo ejerce las funciones de órgano rector entre los periodos de sesiones de la Asamblea y elabora el presupuesto y el programa de trabajo para la Asamblea. El trabajo técnico principal lo efectúan el Comité de Seguridad Marítima, el Comité de Protección del Medio Marino, el Comité Jurídico, el Comité de Cooperación Técnica y el Comité de Facilitación, así como diversos subcomités.

*Desde su creación "la OMI ha gestado la adopción de diversos convenios referentes a la prevención y lucha contra la contaminación, y a la responsabilidad e indemnización consecuentes de hechos contaminantes"[5] :*

"Convenio internacional para prevenir la contaminación de las aguas del mar por hidrocarburos (OILPOL 54)" :

Este Convenio, adoptado en una conferencia internacional organizada por el Reino Unido en 1954 y conocido como OILPOL 54, fue el primer intento importante por parte de las naciones marítimas, para disminuir las consecuencias de la contaminación del mar causada por los hidrocarburos. Al poco tiempo de entrar en vigor el Convenio constitutivo de la OMI en 1958, la Organización pasó a ser la depositaria del OILPOL 54.

El Convenio tuvo como objetivo controlar el problema de la contaminación resultante de las descargas operacionales de los buques tanque petroleros, y de las descargas de las aguas oleosas de las salas de máquinas de todos los buques. Debido al criterio prohibitivo de su redacción el OILPOL 54 fue objeto de enmiendas en 1962 y 1969, estas últimas como consecuencia del siniestro del "Torrey Canyon", que en 1967 derramó 120.000 ton. de hidrocarburos en las costas inglesas.

Posteriormente este Convenio fué sustituido por el MARPOL 73/78.

Fue publicado en el BOE nº 181 de 29/07/1964, con enmiendas de 1962 BOE nº 258 del 28/10/1967 y aceptación de enmiendas en BOE nº 23 de 27/01/1978.

"Código marítimo internacional de mercancías peligrosas (CódigoIMDG – 1965)":

El cual es renovado constantemente ante las nuevas inclusiones de materias peligrosas y/o revisiones de las disposiciones existentes. Código IMDG según las enmiendas de 1983 (BOE nº 139 de 11/06/1986) a los capítulos II-1, II-2, III, IV y V, y de acuerdo al capítulo VII del Convenio SOLAS (BOE nº 258 de 27/10/1988) y numerosas modificaciones posteriores.

"Convenio internacional relativo a la intervención en alta mar en casos de accidentes que causen una contaminación por hidrocarburos (INTERVENTION 1969)":

Este Convenio fue adoptado por la OMI a raíz del desastre del "Torrey Canyon". Este convenio otorga a las partes a tomar en altamar medidas para prevenir, mitigar o eliminar peligros graves o inminentes contra su litoral o interés conexos, debido a la contaminación por hidrocarburo o amenazas en tal sentido, a consecuencia de un accidente marítimo al que sean atribuibles consecuencias desastrosas de gran magnitud. Permitiendo después reclamar el resarcimiento de los daños mediante la constitución de una "comisión de conciliación" y en segunda instancia, arbitraje. Entró en vigor en 1975 y, mediante un Protocolo adoptado en 1983, fue ampliado para que abarcara otras sustancias potencialmente peligrosas, como los productos químicos (ratificado en el BOE nº 49 de 26/02/1976).

"Convenio internacional sobre responsabilidad civil nacida de daños debido a contaminación por hidrocarburos (CLC 1969)":

Este Convenio también fue adoptado como consecuencia del siniestro del "Torrey Canyon". Su instrumentación persigue que se garantice una indemnización adecuada a las personas damnificadas por contaminación por hidrocarburos, estableciendo la responsabilidad objetiva y concurrente de los propietarios de los buques que

originaron el suceso, permitiendo limitar esa responsabilidad a un monto calculado en base al arqueo. A tal fin obliga a tener un seguro por daños a terceros originados en los derrames, que cubran hasta dicho límite de responsabilidad. Este Convenio entró en vigor en 1975 y el monto indemnizatorio establecido fue ampliado considerablemente por un Protocolo adoptado en 1992 donde incluyen las Zonas Exclusivas Económicas (ZEE), pasando a denominarse "Convenio de Responsabilidad Civil de 1992"(Ratificado en BOE nº 58 de 08/03/1976, denunciado en BOE nº 176 de 24/07/1997). Este no pudo ver ampliados sus cifras hasta las enmiendas del año 2000, que se publicaron en el BOE nº 237 de 03/10/2002, corrigiendo sus errores en BOE nº 271 de 12/11/2002.

"Convenio internacional sobre la constitución de un fondo internacional de indemnización de daños debidos a contaminación por hidrocarburos (FUND/71)":

Este Convenio tiene como principal objetivo proporcionar una indemnización adicional a las víctimas de los daños originados en la contaminación por hidrocarburos.

Si bien el "Convenio de Responsabilidad Civil", 1969, hace recaer la obligación indemnizatoria en el propietario del buque, también limita el monto que se debe pagar al damnificado a efectos de evitar las quiebras de las empresas navieras, estableciendo un sistema de indemnización complementaria que actúa cuando las demandas por daños originados en derrames superan el valor cubierto por el seguro del propietario. El Fondo se constituye mediante contribuciones efectuadas por los operadores de hidrocarburos, que deben pagar un gravamen por la cantidad de hidrocarburos persistentes recibidos en puerto luego de su transporte por mar, lo que permite pagar una indemnización adicional una vez alcanzados los toques de resarcimiento establecidos por el Convenio de 1969. El régimen funciona independientemente de la nacionalidad del buque o de la propiedad de la carga, y aporta al Fondo todo operario que reciba más de 150.000 toneladas de hidrocarburos persistente al año. El "Convenio del Fondo" entró en vigor en 1978 y en 1992 se adoptó un Protocolo donde incluyen las Zonas Exclusivas Económicas (ZEE),

pasando a denominarse "Convenio del Fondo 1992" incrementado sus cifras considerablemente.

Por último en el año 2003 es adoptado el "Protocolo de Fondo complementario internacional de indemnización de daños debido a contaminación por hidrocarburos" ratificado en el BOE nº 28 de 02/02/2005.

"Convenio para Prevención de Contaminación Marina por Vertidos desde Buques y Aeronaves (Convenio de Oslo) 1972". Ratificado en BOE nº 99 de 25/04/1974:

En el año 1983 se añade un Protocolo sobre Incineración. (Instrumento de Adhesión BOE nº 232 de 27/09/1989, corrección de errores en BOE nº 271 de 11/11/1989). En 1985 en Marienham se modifican aquellos elementos con vertidos prohibidos al mar o que necesiten de permiso. En el año 1989, en Dublín, se reducen y se cesan los vertidos de desechos industriales, estableciendo un nuevo Protocolo que incluyó las aguas interiores.

"Convenio sobre la prevención de la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias (LC 1972)":

Actualmente se denomina "Convenio de Londres (1972)". Si bien fue adoptado en una conferencia convocada por el Reino Unido y no por la OMI, ésta asumió las funciones de Secretaría vinculadas al Convenio desde que éste entró en vigor en 1975.

El propósito de este Convenio es prevenir o limitar toda evacuación deliberada en el mar de diversos tipos de desechos producidos en tierra, que son cargados en buques para tal fin.

Ratificado en BOE nº 269 de 10/11/1975, enmiendas publicadas en los BOE nº 268 de 07/11/1980, nº 108 de 06/05/1981 y por último el BOE nº 187 de 06/08/1990. Este convenio es sustituido en el año 1996 por una adopción de un Protocolo, representando así un cambio en cómo regular el mar como depósito de desechos.

Introduce el “Planteamiento Preventivo” ratificado en BOE nº 77 de 31/03/2006.

"Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS 74)":

En relación con la protección ambiental, el Capítulo VII de este Convenio es el que rige, en el orden internacional, el transporte de mercancías peligrosas por vía marítima en sus distintas modalidades, es decir en bultos, unidades de transporte, sólidas a granel, sustancias nocivas líquidas a granel y gases peligrosos.

"Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques (1973), en su forma modificada por el correspondiente Protocolo de 1978 (MARPOL 73/78)":

Este Convenio conocido como "MARPOL 73/78", es el que ha sucedido y reemplazado al "OILPOL 54". El gran desarrollo del transporte marítimo de hidrocarburos y el considerable aumento en las dimensiones de los buques tanque que se produjo en la década del 60, así como el incremento del transporte de productos químicos por vía marítima y la creciente preocupación por el medio ambiente en general, hicieron ver a muchos países que, pese a las varias enmiendas adoptadas, el Convenio de 1954 de neto corte prohibitivo, había quedado desactualizado.

Los motivos mencionados y el recuerdo del naufragio del "Torrey Canyon" ocurrido dos años antes, hizo que la Asamblea de la OMI de 1969 decidiera convocar una conferencia internacional que se celebró en Londres en 1973, con el objeto de adoptar un convenio totalmente nuevo. El Convenio que adoptó dicha Conferencia es el más ambicioso de los tratados internacionales jamás concebidos en materia de contaminación del mar. A diferencia del "OILPOL 54", no se ocupa sólo de los hidrocarburos sino que incluye normas sobre otras sustancias contaminantes transportadas o producidas por los buques. Comprende seis anexos que tratan los siguientes temas:

- Anexo I: Hidrocarburos (Entró en vigor el 2/10/83)
- Anexo II: Sustancias nocivas líquidas transportadas a granel (Entró en vigor el

6/4/87)

- Anexo III: Sustancias perjudiciales transportadas en bultos (Entró en vigor el 1/7/92).
- Anexo IV: Aguas sucias de los buques (En vigor desde el 27-09-03)
- Anexo V: Basuras de los buques (En vigor desde el 01-07-96)
- Anexo VI: En 1997 se convocó a una conferencia diplomática a efectos de incorporar al Convenio, el nuevo Anexo VI sobre "Prevención de la Contaminación por las emisiones gaseosas de los buques", que contempla a las sustancias agotadoras de la capa de ozono atmosférica, la generación de óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre, (que producen lluvia ácida), la contaminación por vapores de compuestos orgánicos y la generación de gases de invernadero. Este Protocolo se encuentra en vigor internacionalmente desde el 19-05-05.

Los Anexos I y II son obligatorios, es decir, que los Estados que adhieren al Convenio deben cumplir con las normas contenidas en los mismos. Los Anexos III, IV, V y VI son facultativos, es decir, que al ratificar el Convenio un Estado puede optar por aceptarlos o no.

Si bien se esperaba que el "Convenio MARPOL 73" entrara en vigor rápidamente, debido a algunos problemas de orden técnica, fundamentalmente relacionados con las reglas del Anexo II, su proceso hacia la ratificación fue muy lento y en definitiva nunca se concretó.

En los años 1976 y 1977 se produjeron una serie de accidentes de buques petroleros en la costa este de los Estados Unidos.

A raíz de ello, este país pidió a la OMI que convocara una conferencia para estudiar medidas adicionales. En 1978 se celebró en Londres la Conferencia internacional sobre seguridad de buques tanques y prevención de la contaminación, adoptándose cambios al "MARPOL 73" y al "SOLAS 74" (Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar), los que fueron recogidos en dos Protocolos.

En dicha Conferencia se decidió que el MARPOL entrara en vigor junto con su

Protocolo, difiriéndose por tres años la implantación del Anexo II a partir de que ello se produjera. El Convenio MARPOL 1973 y su Protocolo 1978 pasaron a formar un sólo instrumento conocido como "MARPOL 73/78", el que entró en vigor el 2/10/83. A partir de su entrada en vigor, el "MARPOL 73/78" ha sufrido sucesivas enmiendas, siendo la más importante la realizada en 2005, que lleva el texto del Anexo I de 26 a 39 Reglas y en el caso del Anexo II de 15 a 18. Entrando en vigencia el 01/01/07.

Desde su entrada en vigor el "MARPOL 73/78" ha contribuido eficazmente a disminuir la contaminación de los mares, habiendo producido especialmente un efecto considerable en la reducción de la cantidad de hidrocarburos que se descargan operacional o accidentalmente en los mismos. Ratificado en los BOE nº 249 y 250 de 17 y 18/10/1984, completado en el BOE nº 44 de 20/02/1985 y por Instrumento de Aceptación de los Anejos III, IV y V en el BOE nº 56 de 06/03/1991.

*"Convenio internacional sobre cooperación, preparación y lucha contra la contaminación por hidrocarburos (OPRC 1990)"[5]:*

Este instrumento conocido como "Convenio OPRC", fue adoptado en noviembre de 1990 con el fin de proporcionar un marco global para responder a los desastres más importantes ocasionados por la contaminación. El mismo otorga una fundamental tarea de coordinación a la OMI y tuvo su debut con los graves sucesos de contaminación por hidrocarburos producidos durante la guerra del Golfo, al año siguiente.

Este Convenio alienta a las partes a establecer planes de emergencias para la lucha contra los derrames de hidrocarburos, así como el entrenamiento del personal y el acopio del equipamiento necesario. Del mismo modo insta a establecer convenios de cooperación entre las partes a nivel regional mediante las cuales puedan compartir su equipamiento y recursos humanos en caso necesario, tal como el intercambio de información. Ratificado en BOE nº 133 de 05/06/1995.

"Convenio para la protección de medio ambiente marino del Atlántico Nordeste (OSPAR 92)":

Este nuevo convenio renueva a los de Oslo y París, con la inclusión de actividades en tierra con vertidos al Océano Atlántico y emisiones atmosféricas que puedan alcanzar el área marítima. Ratificado en BOE nº 150 de 24/06/1998. En este mismo año se elabora el Anexo V, instrumento de adhesión, BOE nº 45 de 21/02/2001.

"Convenio Internacional sobre responsabilidad e indemnización de daños en relación con el transporte marítimo de sustancias nocivas y potencialmente peligrosas (SNP) – 1996":

De características similares al "Convenio CLC" con la salvedad que es de aplicación a las sustancias nocivas.

"Convenio Internacional sobre responsabilidad civil por daños debidos a contaminación por hidrocarburos para combustible de buques (BUNKERS 2001)": Este convenio viene a ser una perfección de los "Convenios de Responsabilidad Civil de 1992", "Convenio de Fondo de 1992" y del "Convenio SNP". Ratificado en el BOE nº 43 de 19/02/2008.

## **I.2 Normativa Europea**

Con la entrada en la Comunidad Europea de países como Dinamarca, Reino Unido e Irlanda en la década de 1970, la seguridad marítima y el salvamento marítimo prospera de forma inusual por el patrimonio náutico que poseían estos países en aquellos tiempos y que estratégicamente coincide con la ocurrencia en aguas de la comunidad de accidentes marítimos.

En esta época empiezan a aparecer ciertas estipulaciones aunque mínimas para aquellos buques cisternas con entrada o salida a puertos marítimos de la Comunidad Europea. Hablamos de la "Directiva 76/464/CEE del Consejo", de 4 de Mayo de 1976 relativa a la Contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas vertidas en el medio acuático (DOCE nº L 129, de 18.05.1976), que fue posteriormente modificada por la "Directiva 79/116/CEE".

Unas de las primeras acciones que toma la Comunidad Europea en cuanto a normativa es la de introducir reglas para la organización de acciones conjuntas en el entorno de su jurisdicción, con el fin de fomentar las labores de coordinación de las distintas disposiciones. Se intenta que los estados ratifiquen los Convenios Internacionales referentes a el Salvamento y la Seguridad Marítima, sobre todo, aquellos constituidos por la Organización Marítima Internacional (OMI) y de la misma manera la "Recomendación del Consejo de 25 de julio de 1983 concerniente a la adhesión al Convenio Internacional de 1979 sobre búsqueda y salvamento marítimos" al igual que la "Decisión de 23 de marzo de 1998 que respalda el Convenio de las Naciones Unidas acerca del Derecho de Mar de 1982 y de la parte XI del acuerdo de 1994".

Con la Comunicación de la Comisión de 1993, una política común de seguridad marítima, se plantea a nivel comunitario, la instauración de una pretenciosa política dirigida a una mejora sustancial en la seguridad de los barcos, tripulaciones, pasaje y reducción activa de la contaminación marina.

Es después de este momento cuando la Comunidad Europea decreta reglamentos y códigos sobre la seguridad marítima, dando lugar a la *"Directiva 93/75/CEE del Consejo de 13 de septiembre de 1993 sobre las condiciones mínimas exigidas a los buques con destino a los puertos marítimos de la Comunidad o que salgan de los mismos y transporten mercancías peligrosas o contaminantes (DOCE n° L 247, de 05.10.1993) [6]"* que más tarde fue modificada por las "Directivas 96/39/CE, 97/26/CE, 98/55/CE, 98/74/CE y derogada por 2002/84/CE").

El 19 de junio de 1995 tuvo lugar la "Directiva 95/21/CE sobre Cumplimiento de Normas Internacionales en cuanto a Seguridad, Prevención de la Contaminación y Condiciones de vida y Control del Estado del puerto" modificada más tarde por las "Directivas 98/25/CE, 1999/97/CE" y "Directiva 2001/106/CE". De igual modo, constituye políticas de seguridad en cuanto a barcos de pesca, pasaje, Ro-Ro y a graneleros se refiere ("Directivas 97/70/CE, 98/18/CE, 1999/35/CE y 2001/96/CE").

Otra figura que cobró importancia en cuanto a normativa fue la Localización de

buques vía satélite ("Reglamento (CE) nº 1489/97". Este reglamento fue modificado por los "Reglamentos 435/98, 831/99 y 2445/99". A su vez fue derogado por el "Reglamento (CE) nº 2244/2003").

A partir de este momento y a causa del accidente del petrolero "Erika" (1999), el cual derramó 10.000 toneladas de petróleo en las costas francesas, unido a otro trágico accidente del buque "Prestige" (2002) que derramó 66.000 toneladas cerca de las costas españolas, es cuando Europa toma conciencia de la falta de seguridad crea el "Reglamento (CE) nº 417/2002 del Parlamento y del Consejo de 18 de febrero de 2002" relativo a la introducción acelerada de normas en materia de doble casco o de diseño equivalente para petroleros de casco único (DOCE nº L 64 de 07.03.2002 modificado por los "Reglamentos 1726/2003, 2172/2004 y 457/2007"). Este reglamento tiene como uno de sus propósitos que en 2015 no haya más buque monocascos independientemente de su diseño dando lugar a sus desguases y a la prohibición de la entrada en los puertos o terminales no costeros bajo la jurisdicción de un Estado miembro o la salida de los mismos o el anclaje en una zona bajo la jurisdicción de un Estado miembro de todo petrolero que transporte petróleos pesados, sea cual sea el pabellón que enarbole, a no ser que tenga doble casco.

A diferencia de los petroleros de único casco, en los que el petróleo que contienen los tanques de carga sólo está separado del agua de mar por una chapa de fondo y de costado, en los de doble casco, se rodea a los tanques de carga de una segunda chapa interna, a una distancia suficiente de la chapa externa, de forma que existe una doble protección en caso de que la primera chapa resultara dañada. Con ello, el riesgo de contaminación queda notablemente reducido. El doble casco también presenta ventajas adicionales en caso de surgir problemas en uno de los tanques de almacenamiento, ya que cabe la posibilidad de bombear el petróleo hacia los espacios que quedan entre ambos cascos.

El presente Reglamento crea una *"Agencia Europea de Seguridad Marítima (EMSA) que proporciona el respaldo técnico y científico necesario a los países de la Unión Europea (UE) y a la Comisión a efectos de la aplicación correcta de la legislación europea en el ámbito de la seguridad marítima, del control de su aplicación y de la*

*evaluación de su eficacia"[7].*



Imágen I.2 \*Sede de la EMSA en Lisboa.

Fuente: <http://www.ingalicia.org/2014/06/practicar-remuneradas-en-la-agencia-europea-de-la-seguridad-maritima/>

También la Agencia opera, mantiene y desarrolla la capacidad de información marítima en la UE. Ejemplos significativos son el sistema de seguimiento de buques "SafeSeaNet", para permitir a la UE a nivel de seguimiento de los buques y sus cargamentos; y el centro de datos LRIT de Cooperativas de la UE, para garantizar la identificación y seguimiento de buques de bandera comunitaria en todo el mundo.

En paralelo, la capacidad de preparación de la contaminación marina, la detección y la respuesta ha sido establecida, incluyendo una red europea de buques de apoyo para respuesta a derrames de petróleo, así como la vigilancia del derrame de petróleo de satélites europeo y el servicio de detección de buques "CleanSeaNet", ambos con el objetivo de contribuir a un sistema eficaz para la protección de las costas y las aguas de la UE de la contaminación por los buques.

Por último, la Agencia ofrece asesoramiento técnico y científico a la Comisión en el ámbito de la seguridad marítima y la prevención de la contaminación por los buques en el proceso continuo de evaluación de la eficacia de las medidas en vigor, y en la actualización y desarrollo de la nueva legislación. También proporciona apoyo y facilita la cooperación entre los Estados miembros y difunde las mejores prácticas.

Destacar también la puesta en marcha de un Sistema de Seguimiento del Tráfico ("Directiva 2002/59/CE") y las modificaciones de las Directivas relativas a la seguridad marítima y a la prevención de la contaminación por buques ("Directiva 2002/84/CE").

Se constituye el "Comité de seguridad marítima y prevención de la contaminación por buque" y se modifican aquellos "Reglamentos relativos a la seguridad marítima y a la prevención de la contaminación por buques (COSS)" ("Reglamento (CE) nº 2099/2002". Dicho reglamento es modificado por los "Reglamentos 415/2004 y 93/2007").

Por último señalar el establecimiento de una Directiva sobre la Prevención y Reparación de daños medioambientales ("Directiva 2004/35/CE", que se modifica mediante la "Directiva 2006/21") y el establecimiento de una Directiva relativa a la contaminación procedente de buques y la introducción de sanciones para las infracciones ("Directiva 2005/35/CE"). Los Estados que pertenecen a la Unión Europea podrán imponer multas en caso de comportamiento negligente por parte de toda empresa o persona implicada en el transporte de hidrocarburos por mar.

La UE ha aprobado también la creación de un fondo comunitario que permita, en caso de que se produzca un derrame de petróleo en el mar, compensar a las víctimas hasta una cifra total de mil millones de euros.

### **I.3 Legislación Española**

El centro de nuestra referencia normativa se encuentra en la "Ley de Puertos del Estado 27/1992 de 24 de Noviembre". Debe recordarse que la "Constitución Española", en su Art. 149.1.20º, atribuye al Estado la competencia exclusiva entre otras materias en lo referente a la Marina Mercante y los Puertos de Interés General así como a la legislación básica de Medio Ambiente.

En virtud de este título competencial se dictó la "Ley estatal 27/1992 de 24 de noviembre de Puertos del Estado y de la Marina Mercante", la cual en su artículo 90 establece como objetivo de la Sociedad entre otros, la prevención y lucha contra la

contaminación del medio ambiente marino, modificada por "Ley 62/97 de 26 de Diciembre", que en la letra d, del art. 6.1 considera que dentro del concepto de "Marina Mercante" se encuentran, entre otras materias, "El Salvamento Marítimo".

La "Ley 27/1992" viene a suponer para la Marina Mercante y el Transporte Marítimo español una modernización de la legislación existente hasta la fecha en la materia posibilitando el tránsito desde un modelo intervencionista y autoritario a otro liberal en cuanto a la ordenación de los tráficos y social en cuanto a las garantías de los intereses generales.

Al objeto de dar cumplimiento al mandato contenido en el referido "Artículo 87.1" es aprobado por el Gobierno el "Plan Nacional de Servicios Especiales de Salvamento de la Vida Humana en la Mar y de Lucha contra la Contaminación Marina". Se trata de un documento básico de planificación que tiene como marco de referencia el desarrollo del conjunto de las infraestructuras de control del tráfico marítimo y de coordinación de las operaciones de salvamento.

La "Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima" (SASEMAR) viene a asumir la prestación efectiva de los servicios específicos de búsqueda, rescate y salvamento marítimo y la lucha contra la Contaminación, a la cual se adscriben de forma independiente recursos propios para realizar su misión.



Imágen I.3 \* Operativos de Salvamento Marítimo realizando un simulacro en Famara (Lanzarote).

Fuente: [http://colegiovaldeserra.eu/wordpress/GabrielGaitan/?page\\_id=173](http://colegiovaldeserra.eu/wordpress/GabrielGaitan/?page_id=173)

Con respecto al resto de la normativa aplicable en materia de seguridad marítima y

lucha contra la contaminación la cual abarca ámbitos tanto públicos como privados y se refiere a materias administrativas, penales, mercantiles, entre otros se encuentran las siguientes leyes:

*"Ley 60/1962 de 24 de Diciembre, por la que se regulan los auxilios, salvamentos, remolques, hallazgos y extracciones marítimas" [8].*

"Ley 21/1974" de 27 junio, sobre investigación y explotación de hidrocarburos (BOE nº 155, de 29.06.1974).

"Ley 27/1992" de 24 de Noviembre de Puertos del Estado y de la Marina Mercante en su artículo 90 establece como objetivo de la Sociedad entre otros, la prevención y lucha contra la contaminación del medio ambiente marino, modificada por Ley 62/1997, de 26 de Diciembre .

"Ley Orgánica 10/1995" de 23 de Noviembre del "Código Penal".

"Ley 14/1998" de 1 de Junio por la que se establece el régimen de control para la protección de los recursos pesqueros.

"Ley 6/2001" de 8 de mayo de modificación del Real Decreto Legislativo 1302/1986 de 28 de Junio de evaluación de impacto ambiental.

"Ley 16/2002" de 1 de Julio de prevención y control integrados de la contaminación.

"Ley 15/2002", de 1 de julio, por la que se declara el Parque Nacional marítimo-terrestre de las Islas Atlánticas de Galicia (BOE nº 157, de 02.07.2002).

"Ley 8/2002", de 18 de diciembre, de crédito extraordinario para financiar las medidas necesarias para paliar los efectos del vertido de fuel ocasionado por el accidente del buque "Prestige" (BOE nº 14, de 16.01.2003).

Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiente.

Ley 41/2010 de Protección del Medio Marino

**Reales Decretos:**

"Real Decreto 145/1989 sobre admisión, manipulación y almacenamiento de mercancías peligrosas en los puertos".

"Real Decreto 438/94 sobre instalaciones de recepción de residuos oleosos procedentes de buques".

"Real Decreto 1952/95 por el que se aprueba la Comisión para la coordinación del transporte de mercancía peligrosa".

"Real Decreto 1246/1995 de 14 de Julio por el que se regula la constitución y creación de las Capitanías Marítimas".

"Real Decreto 1253/97 que incorpora las Directivas 93/75 y siguientes sobre condiciones de notificación de buques con mercancías peligrosas".

"Real Decreto 1621/1997" de 24 de Octubre por el que se aprueba el "Reglamento para el control del cumplimiento de la Normativa Internacional sobre Seguridad Marítima".

"Real Decreto 701/1999 de 30 de Abril sobre condiciones mínimas exigidas a los buques que transportan mercancías peligrosas o contaminantes con origen o destino en puertos nacionales".

"Real Decreto 607/1999" de 16 de Abril por el que se aprueba el "Reglamento del seguro de responsabilidad civil de suscripción obligatoria para embarcaciones de

recreo o deportivas".

"Real Decreto 1828/2000" de 3 de Noviembre por el que se modifica el "Reglamento para el control del cumplimiento de la normativa internacional sobre seguridad marítima, prevención de la contaminación y condiciones de vida y trabajo en los buques extranjeros que utilicen puertos e instalaciones situados en aguas jurisdiccionales españolas".

"Real Decreto 1828/2000" de 3 de noviembre, por el que se modifica el "Reglamento para el control del cumplimiento de la normativa internacional sobre seguridad marítima, prevención de la contaminación y condiciones de vida y trabajo en los buques extranjeros que utilicen puertos o instalaciones situados en aguas jurisdiccionales españolas", aprobado por el "Real Decreto 768/1999", de 7 de mayo (BOE nº 265, de 04.11.2000).

"Real Decreto 1837/2000 de 10 de Noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de inspección y certificación de buques civiles".

"Real Decreto 1907/2000 de 24 de Noviembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre reconocimientos obligatorios para garantizar la seguridad de la navegación de determinados buques de pasaje".

Real Decreto 958/2002, de 13 de septiembre, sobre instalaciones de avituallamiento de combustibles en los puertos de interés general (BOE nº 227, de 21.09.2002).

Real Decreto 1220/2002, de 22 de Noviembre, por el que se crea la Comisión interministerial para el seguimiento de los daños ocasionados por el buque Prestige (BOE nº 281, de 23.11.2002).

Real Decreto Ley 7/2002, de 22 de noviembre, sobre medidas reparadoras en

relación con el accidente del buque "Prestige" (BOE nº 281, de 23.11.2002).

Real Decreto Ley 8/2002, de 13 de diciembre, por el que se amplían las medidas reparadoras en relación con el accidente del buque "Prestige" a las Comunidades Autónomas del Principado de Asturias, Cantabria y País Vasco, y se modifica el Real Decreto-ley 7/2002, de 22 de noviembre (BOE nº 299, de 14.12.2002).

Real Decreto Ley 9/2002, de 13 de diciembre, por el que se adoptan medidas para buques tanque que transporten mercancías peligrosas o contaminantes (BOE nº 299, de 14.12.2002).

Real Decreto 1381/2002, de 20 de diciembre, sobre instalaciones portuarias de recepción de desechos generados por los buques y residuos de carga (BOE nº 305, de 21.12.2002)

Real Decreto 1/2003, de 3 de enero, por el que se crea el Comisionado para las actuaciones derivadas de la catástrofe del buque "Prestige" (BOE nº 4, de 04.01.2003)

Real Decreto 90/2003, de 24 de enero, sobre reglas y estándares comunes para las organizaciones de inspección y control de buques y para las actividades correspondientes de la Administración marítima (BOE nº 30, de 04.02.2003)

Real Decreto 91/2003, de 24 de enero, por el que se aprueba el "Reglamento por el que se regulan las inspecciones de buques extranjeros en puertos españoles" (BOE nº 30, de 04.02.2003)

Real Decreto 115/2003, de 31 de enero, por el que se establecen los fines, funciones,

composición y funcionamiento de la Comisión interministerial de política marítima internacional (BOE nº 44, de 20.02.2003)

Real Decreto 1249/2003, de 3 de octubre, sobre formalidades de información exigibles a los buques mercantes que lleguen a los puertos españoles y salgan de éstos (BOE nº 238, de 04.10.2003)

Real Decreto 1341/2003, de 31 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 1/2003, por el que se crea el Comisionado del Gobierno para las actuaciones derivadas de la catástrofe del buque "Prestige" (BOE nº 262, de 01.11.2003)

Real Decreto 210/2004, de 6 de febrero, por el que se establece un sistema de seguimiento y de información sobre el tráfico marítimo (BOE nº 39, de 14.02.2004)

Real Decreto 253/2004, de 13 de febrero, por el que se establecen medidas de prevención y lucha de la contaminación en las operaciones de carga, descarga y manipulación de hidrocarburos en el ámbito marítimo y portuario (BOE nº 39, de 14.02.2004)

Real Decreto 1892/2004, de 10 de septiembre, por el que se dictan normas para la ejecución del Convenio Internacional sobre la responsabilidad civil derivada de daños debidos a la contaminación de las aguas del mar por hidrocarburos (BOE nº 226, de 18.09.2004)

Real Decreto 2182/2004, de 12 de noviembre, por el que se crea el "Centro para la Prevención y Lucha contra la Contaminación Marítima y del Litoral" (BOE nº 276, de 16.11.2004)

Real Decreto 394/2007, de 31 de marzo, sobre medidas aplicables a los buques en tránsito que realicen descargas contaminantes en aguas marítimas españolas

Real Decreto 1727/2007, de 21 de diciembre, por el que se establecen medidas de protección de los cetáceos (BOE nº 11, de 12.01.2008)

Real Decreto 556/2011, de 20 de abril, para el desarrollo del "Inventario Español del Patrimonio Natural y la Biodiversidad".

### **Ordenes Ministeriales:**

Orden de 30 de Diciembre de 1977 por la que se regula la descarga de hidrocarburos al mar desde buques.

Orden de 17 de Abril de 1991 por la que se regula el fondeo de buques tanque en aguas jurisdiccionales o en la zona económica.

Orden comunicada de 19 de Julio de 1991 sobre colaboración en el salvamento de vidas humanas en la mar y lucha contra la contaminación marina, entre el Ministerio de Obras Públicas y Transportes y el Ministerio de Economía y Hacienda.

Orden comunicada de 16 de septiembre de 1992, sobre colaboración en situaciones de grave riesgo o catástrofe en materia de seguridad y salvamento marítimos y lucha contra la contaminación marina, entre el Ministerio de Obras Públicas y Transportes y el Ministerio del Interior.

Orden 21/1993 de 10 de Marzo por la que se organiza el "Servicio de Búsqueda y Salvamento Aéreo" (SAR), modificada por Orden 212/1996 de 11 de Diciembre.

Orden de 2 de Marzo de 1999 por la que se aprueban las tarifas por los servicios prestados por la "Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima".

Orden Ministerial de 18 de Enero de 2000 por la que se aprueba el Reglamento sobre despacho de buques.

Orden comunicada de 23 de Febrero de 2001 que aprueba el "Plan Nacional de Contingencias por contaminación marina accidental".

Orden TAS/3043/2002, de 3 de Diciembre, por la que se dictan normas para la aplicación de lo dispuesto en el art. 5 del RD-Ley 7/2002, de 22 de noviembre, sobre medidas reparadoras en relación con el accidente del buque Prestige, en lo que se refiere a bonificaciones en el pago de cuotas a la seguridad social (BOE nº 290, de 04.12.2002).

Orden PRE/3044/2002, de 3 de Diciembre, por la que se determinan los términos municipales y núcleos de población en donde resultan de aplicación las medidas previstas en el Real Decreto-ley 7/2002, de 22 de noviembre, sobre medidas reparadoras en relación con el accidente del buque "Prestige" (BOE nº 290, de 04.12.2002).

Orden PRE/3108/2002, de 9 de Diciembre, por la que se amplían los términos municipales y núcleos de población en donde resultan de aplicación las medidas previstas en el Real Decreto-ley 7/2002, de 22 de noviembre, sobre medidas reparadoras en relación con el accidente del buque "Prestige" (BOE nº 296, de 11.12.2002).

Orden FOM/1144/2003, de 28 de abril, por la que se regulan los equipos de seguridad, salvamento, contra incendios, navegación y prevención de vertidos por aguas sucias, que deben llevar a bordo las embarcaciones de recreo (BOE nº 113, de 12.05.2003).

Orden FOM/1392/2004, de 13 de mayo, relativa a la notificación y entrega de desechos generados por los buques (BOE nº 123, de 21.05.2004).

Orden FOM/555/2005 de 2 de marzo, por la que se establecen cursos de formación en materia de prevención y lucha contra la contaminación en las operaciones de carga, descarga y manipulación de hidrocarburos en el ámbito marítimo y portuario (BOE nº 60, de 11.03.2005).

Orden ARM/2417/2011, de 30 de agosto, por la que se declaran zonas especiales de conservación los lugares de importancia comunitaria marinos de la región biogeográfica Macaronésica de la Red Natura 2000 y se aprueban sus correspondientes medidas de conservación.

## **I.4 Normativa de la Comunidad Autónoma de Canarias**

Según se recoge en la página web del Gobierno Autónomo de Canarias (<http://www.gobcan.es/>) la normativa a seguir será la siguiente:

*"Estatuto de Autonomía de Canarias, aprobado por Ley Orgánica 10/1982, de 10 de agosto, reformada por Ley Orgánica 4/1996, de 30 de diciembre (BOE nº 315, de 31 de diciembre de 1996) (BOC nº 6 de 13 Enero 1997)" [9].*

-Decreto 174/1994, de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Control de Vertidos para la Protección del Dominio Público Hidráulico (BOC. nº 104, de 24 de agosto de 1994).

-Decreto de 62/1997 por el que se regula la implantación del Servicio de Atención de urgencias y Emergencias a través del teléfono único europeo de urgencias 112 (BOC 60 de 12-05-97).

-Decreto 195/2000 de 2 de octubre de la Consejería de la Presidencia de Canarias, por el que se crea y regula el Grupo de Intervención de Emergencias (BOC 135/2000 de 11 oct. 2000).

-Decreto Legislativo 1/2000, de 8 de mayo, por el que se aprueba el Texto Refundido

de las Leyes de Ordenación del Territorio de Canarias y de Espacios Naturales de Canarias, modificado por la Ley 2/2000, de 17.7, Ley 4/2001, de 6.7, Ley 6/2001, de 23.7, Ley 2/2003, de 30.1, Ley 6/2003, de 6.3, Ley 19/2003, de 14.4.

-Resolución de 24 de julio de 2000 de la Consejería de la Presidencia (Comunidad Autónoma de Canarias) por la que se establece el procedimiento de prestación del servicio y de coordinación operativa de medios y recursos de este Centro Directivo en la atención de emergencias. (BOC 105/2000 de 14 de agosto de 2000).

-Ley de Puertos de Canarias, 14/2003 de 8 abril, publicado en el BOC 2003/085, 6-mayo 2003.

-Decreto 52/2005, de 12 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo y ejecución de la Ley de Puertos de Canarias, publicado en el BOC 2005/085, el 3-mayo 2005.

-Decreto 127/2001, de 5 de junio, por el que se regulan las Directrices de Ordenación. (BOC nº71 de 8 de Junio de 2001).

-Resolución de 19 de noviembre de 2002, por la que se acuerda la publicación del convenio de colaboración entre el Ministerio de Fomento y el Gobierno de Canarias en materia de Salvamento Marítimo.

-Ley 19/2003, de 14 de abril, por la que se aprueban las Directrices de Ordenación General y las Directrices de Ordenación del Turismo de Canarias.(BOC nº 73, de 15 de Abril de 2003; corrección de errores BOC nº 91, de 14 de Mayo de 2003).

-Decreto 96/2003, de 21 de mayo, por el que se regula la creación e implantación de la "Unidad Canaria de Apoyo ante Desastres" (UCADE).

-Decreto 1/2005, de 18 de enero que actualiza el Plan Territorial de Emergencia de Protección civil de la Comunidad Autónoma de Canarias.

**Capítulo II**  
**Generalidades**  
**de los**  
**hidrocarburos**

## II.1 Concepto de hidrocarburos

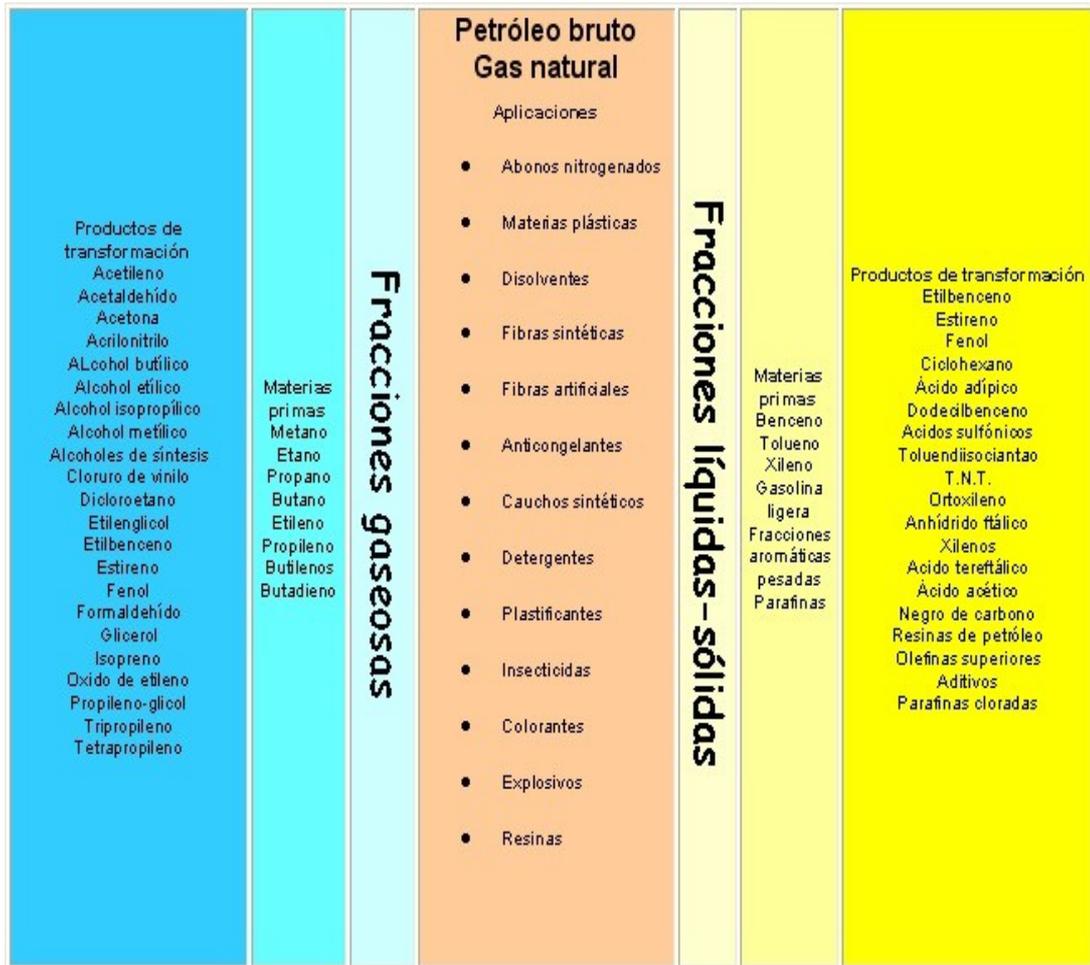
Se conoce como hidrocarburo al *"compuesto tipo orgánicos que surge al combinar átomos hidrógeno con otros de carbono"*[10]. Los hidrocarburos extraídos directamente de formaciones geológicas en estado líquido se conocen comúnmente con el nombre de petróleo y los que se encuentran en estado gaseoso se les conoce como gas natural.

Hoy día, *"las principales fuentes de hidrocarburos son el petróleo y el gas natural, los cuales proceden de la descomposición de las plantas marinas que vivieron y murieron en el interior de los mares hace millones de años"*[11].

El petróleo es una mezcla compleja de hidrocarburos que es necesario refinar. Contiene cientos de sustancias, incluyendo aproximadamente 150 hidrocarburos, desde metano hasta hidrocarburos de 30 ó 40 carbonos.

El gas natural se consideraba antes producto de desecho de los yacimientos de petróleo; hoy día se aprovecha ya que contiene aproximadamente un 70% de metano, un 10% de etano, un 15% de propano y un 5% de pequeñas cantidades de otros hidrocarburos y contaminantes.

Estos porcentajes varían un poco dependiendo de la fuente de origen. El gas natural es esencialmente inodoro e incoloro con un p.e de  $-182.5^{\circ}\text{C}$ . Se emplea como combustible y en la producción de fertilizantes. Al gas natural empleado como combustible (en la cocina y la calefacción) se le añaden trazas de derivados de azufre (etanotiol) que tienen un olor característico como medida de seguridad para detectar rápidamente un escape.



Imágen II.1 \*Aplicaciones petróleo y gas natural.

Fuente web ocwus.us.es

## II.2 Comportamiento de los hidrocarburos en el mar

Los hidrocarburos que se encuentran en el mar sea por el motivo que fuera, suelen ser denominados hidrocarburos persistentes y no persistentes.

Siempre que se hable de los no persistentes, estaremos haciendo referencia a aquellos productos que por sus características tienden a desaparecer con cierta rapidez de la superficie del mar. Ejemplo de algunos de ellos son la gasolina, keroseno, nafta y diesel.

Los persistentes no se disipan con la facilidad y normalmente han de ser retirados del mar mecánica o químicamente. Dependiendo de las propiedades físicas del producto y de la extensión del derrame, los crudos y los productos refinados pesados tienen un

baremo de perseverancia en el mar.

*"Las característica físico-químicas de los hidrocarburos juegan un papel importante no solo desde el punto de vista de su valor económico y energético"[12], sino a la hora de prever cual será su comportamiento cuando se produzca un derrame en el mar y el tiempo en que tardará el medio marino en disipar sus efectos".*

Atendiendo a las propiedades físicas causantes de la persistencia del producto sobre el mar destacamos la gravedad específica, las características de destilación, la viscosidad y el punto de fluidez.

La gravedad específica: densidad del hidrocarburo con respecto al agua pura. Normalmente los hidrocarburos son más ligeros que el agua y gravedad específica se sitúa por debajo de 1. La densidad de los hidrocarburos se mide en grados API, ("American Petroleum Institute"), y se consigue mediante la siguiente fórmula:

$$\text{API} = (141.5 / \text{gravedad específica}) - 131.5$$

El resultado no sólo nos indicará si el producto flotará o no, sino que al mismo tiempo nos dará unas indicaciones generales del mismo. Si los hidrocarburos poseen una baja densidad específica, contienen un elevado número de componentes volátiles y suelen ser bastante fluidos.

Características de destilación: estas describen la volatilidad del hidrocarburo. Al elevar la temperatura de los hidrocarburos, algunos de sus componentes se destilan al alcanzar su punto de ebullición. Estas características son expresadas como la relación del hidrocarburo de origen que se destilan en un baremo existente de temperaturas.

Viscosidad: podríamos designar la viscosidad de un hidrocarburo como la resistencia del mismo a fluir. Esta propiedad al fluido viene medida por la velocidad de salida de un hidrocarburo a través de unos tubos capilares. Dependiendo del grado de viscosidad, los hidrocarburos fluirán a mayor o menor velocidad. y disminuirán con la temperatura, por lo que la temperatura del mar así como la capacidad del producto

a ser calentado por el sol son sumamente importantes.

Punto de fluidez: este punto nos indica la temperatura por debajo de la cual la el hidrocarburo no fluye. Por debajo de dicha temperatura el hidrocarburo se comporta como si de un de sólido se tratara.

Cuanto menor sea la temperatura de ebullición, la evaporación se producirá con mayor rapidez.

*"Cuando los hidrocarburos son derramados en el medio marino, sufren un conjunto de procesos físico-químicos de envejecimiento"[13].* El producto contaminante puede evolucionar en función de su composición en hidrocarburos de diversas propiedades separándose en diversas fases: los componentes más volátiles se evaporan, otros permanecen en flotación en la superficie marina y algunos más densos pueden dispersarse en profundidad y llegar al fondo marino. Esta separación en fases tiene claras consecuencias de cara a la afección al medio acuático y a su degradación.

Tipo de hidrocarburos	Características	Comportamiento reológico	Afección al medio
Refinados ligeros	Hasta 80% volátiles	Volátil No se emulsiona	Tóxico (aromáticos) Inflamable
Refinados medios	Hasta 50% volátiles	Parcialmente volátil Emulsión inestable Dispersión en profundidad	Poco volátil Extensión rápida de las manchas
Refinados pesados	Denso y viscoso Residuos casi - sólidos	Emulsiones hasta 80% Viscosidad elevada Degradación muy lenta	Fraccionamiento de las manchas, mezcla con sedimentos Limpieza muy difícil

Imágen II.3 \*Comportamiento de los hidrocarburos en el mar.

Fuente: <http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/PECMARDICIEMBRE2006.pdf>

El alcance de un vertido de hidrocarburos dependerá por tanto de la composición del producto y de las condiciones meteorológicas encargadas de su movilización. Un

producto ligero como las gasolinas puede ser inflamable y explosivo, y la combustión accidental de este producto puede generar una contaminación atmosférica muy difícil de controlar. En el caso de que esto se produjera en las proximidades de la costa, el viento podría favorecer la penetración de esta nube contaminante en el territorio (como ocurrió en el caso del "Aegean Sea, Puerto de A Coruña, 1992").

La forma en que una mancha de hidrocarburos superficial se disipa depende por tanto del grado de persistencia del hidrocarburo, que deriva de propiedades tales como su densidad, viscosidad y punto de ebullición.

A continuación se incluye una descripción general de los principales procesos involucrados en el envejecimiento o meteorización de las manchas de hidrocarburos:

Expansión:

Proceso más significativo en la etapa inicial del vertido. Producido por la gravedad, es el proceso por el que el hidrocarburo se extiende sobre la superficie del mar. La densidad del hidrocarburo y las condiciones medioambientales son variables que producen que el vertido se esparza de una manera u otra. En las etapas iniciales del vertido se forma una gran mancha que, en función de las condiciones explicadas anteriormente, de las condiciones meteorológicas, temperatura o presencia de corrientes superficiales se divide en varias manchas de forma que los hidrocarburos menos viscosos pueden cubrir rápidamente extensas áreas marinas. Generalmente, cuanto más severas son las condiciones meteorológicas, más rápida resulta la expansión y rotura de la mancha inicial.



Imágen II.4 \* Expansión de hidrocarburos tras el derrame de un petroléro.

Fuente: <http://cuadernopatriciasandin.blogspot.com.es/2015/04/contaminacion-marina-por-hidrocarburos.html>

#### Evaporación:

La evaporación es el proceso por el que el hidrocarburo pasa de estado líquido a estado gaseoso. Depende principalmente de la temperatura, la presión y de la volatilidad del producto derramado. En general, todos los componentes del hidrocarburo con un punto de ebullición inferior a 200°C tienden a evaporarse en las primeras 24 horas tras el derrame.

La tasa de evaporación puede incrementarse a medida que las manchas se expanden en el mar, al incrementarse la superficie de la lámina. Otros factores que favorecen la evaporación de los compuestos volátiles son la agitación marina, elevadas velocidades de viento y altas temperaturas.

Este fenómeno puede llegar a facilitar enormemente las tareas de limpieza.

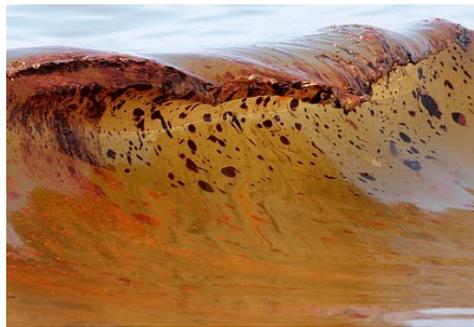
#### Dispersión:

La dispersión es un proceso por el cual el hidrocarburo se divide en pequeñas gotas. Estas partículas se dispersan en las capas superiores de la columna de agua, quedando expuestas a la acción de otros procesos de degradación, ya que han incrementado considerablemente la superficie en contacto con el agua. El vertido de

hidrocarburo será el mismo pero su absorción por parte del medio marino será más fácil. Los hidrocarburos menos viscosos son los que más se dispersan, debido a la reducción de la tensión superficial entre el hidrocarburo y el agua del mar.

El grado de dispersión depende directamente de la naturaleza del hidrocarburo y del estado del mar, siendo mucho mayor si el hidrocarburo es ligero y de baja viscosidad y si el mar está muy agitado. Como valor orientativo, para productos de más de 5000 Cst la dispersión será nula. En el caso que haya dispersión se producirá una disolución que reducirá la concentración de hidrocarburo. Las gotas de hidrocarburo debido a la gravedad y a la adhesión de pequeñas partículas como plancton pueden acabar depositadas en el lecho marino.

La adición de dispersantes químicos puede acelerar este proceso, siempre y cuando la naturaleza del hidrocarburo permita la dispersión natural.



Imágen II.5 \* Dispersión de hidrocarburos.

Fuente: <https://allyouneedisbiology.wordpress.com/tag/contaminacion-marina/>

#### Emulsión:

La emulsión se produce cuando la masa de hidrocarburos incorpora pequeñas gotas de agua, favorecido por la turbulencia en la superficie marina. La emulsión así formada se convierte en un contaminante mucho más viscoso y persistente que el hidrocarburo original y se conoce comúnmente como “mousse de chocolate”, debido a su aspecto. La formación de estas emulsiones multiplica el volumen del contaminante por hasta 4 veces, además de ralentizar u obstaculizar otros procesos

que favorecen la disipación del contaminante.

Hidrocarburos con un contenido en asfaltenos superior al 0,5% tienden a formar emulsiones estables capaces de persistir después de varios meses tras el derrame. Otros hidrocarburos con menores porcentajes en asfaltenos son menos susceptibles de formar emulsiones, y se dispersan más fácilmente.

Las emulsiones que alcanzan la costa y no son nuevamente movilizadas por el mar pueden separarse nuevamente en hidrocarburo y agua si son calentadas por la radiación solar.



Imágen II.6 \* Recolección de fueloil pesado emulsionado que muestra un color marrón típico

Fuente: <http://www.itopf.com/es/knowledge-resources/documents-guides/document/2-destino-de-los-derrames-de-hidrocarburos-en/>

#### Disolución:

Los componentes solubles en agua pueden disolverse en el mar. Algunos de estos componentes son los compuestos aromáticos ligeros como el benceno y el tolueno. Sin embargo, estos compuestos son también los primeros que se eliminan por evaporación, que es un proceso del orden de 10-100 veces más rápido que la disolución. Además, los hidrocarburos contienen únicamente pequeñas cantidades de estos compuestos, lo que hace de la disolución uno de los procesos menos importantes en la degradación de los hidrocarburos.

Sedimentación:

Algunos productos refinados pesados tienen densidades superiores a la unidad, por lo que se hundirán si son derramados en aguas continentales o salobres. Sin embargo, en agua marina, con densidad ligeramente superior, pocos son los crudos lo suficientemente densos o han envejecido lo bastante como para que sus residuos sedimenten. En general la sedimentación o hundimiento de hidrocarburos en medio marino puede producirse por varios mecanismos:

Debido a la adhesión de partículas de sedimento o materia orgánica al hidrocarburo, condiciones que suelen darse más frecuentemente en aguas someras, con mayor carga de sólidos en suspensión.

Los hidrocarburos que alcanzan la costa sufren una mezcla con los sedimentos, de forma que si son nuevamente arrastrados hacia el mar, su incremento de densidad conjunta hará que se hundan.

Si el hidrocarburo derramado sufre una combustión, los residuos sólidos resultantes tras la misma pueden alcanzar una densidad lo suficientemente elevada como para hundirse.



Imágen II.7\* Recolección de fuel oil pesado hundido

Fuente: <http://www.itopf.com/es/knowledge-resources/documents-guides/document/2-destino-de-los-derrames-de-hidrocarburos-en/>

### Oxidación:

Este fenómeno se produce en las primeras etapas del vertido, normalmente, después de la evaporación. Este proceso se ve favorecido por la radiación solar, aunque resulta un mecanismo de degradación extremadamente lento (oxidación inferior al 0,1% en volumen por día, en condiciones óptimas).

Los hidrocarburos reaccionan químicamente con el oxígeno, generando productos solubles o formando productos muy persistentes denominados comúnmente "piche".

La formación del piche, que frecuentemente se encuentra en las playas, está generada por la oxidación de gruesas láminas de hidrocarburos o emulsiones de elevada viscosidad. En este proceso se genera una cubierta exterior protectora de compuestos pesados, que favorece una mayor persistencia del producto oxidado debido a que a baja tasa de evaporación el producto restante es difícil que sufra más cambios .



Imágen II.8\* "Piche" en la costa de Orzola (Lanzarote).

Fuente: Elaboración propia

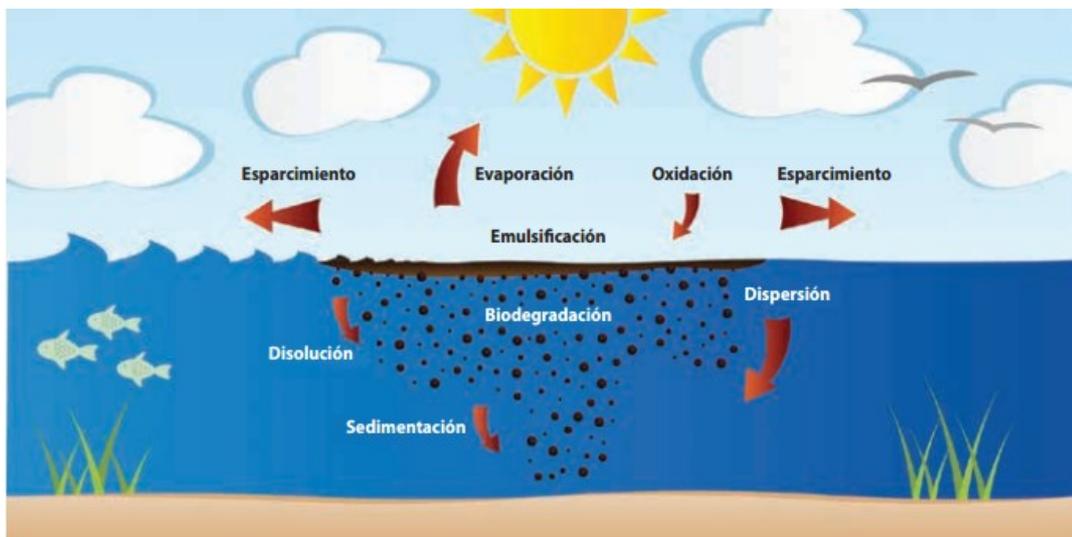
### Biodegradación:

El medio marino alberga algunos microorganismos capaces de degradar parcial o totalmente los hidrocarburos a compuestos solubles en agua, dióxido de carbono y/o agua. Existen gran variedad de estos microorganismos, especializados en la degradación de grupos particulares de hidrocarburos en el petróleo crudo, si bien

existen algunos compuestos muy resistentes a su acción que pueden no ser degradados.

Los principales factores que determinan la eficiencia de la biodegradación son aquellos que afectan al metabolismo general de los organismos acuáticos: la concentración de nutrientes en el medio marino (nitrógeno y fósforo principalmente), la temperatura y el nivel de oxígeno presente.

Dado que la biodegradación requiere oxígeno, este proceso únicamente se produce en la interfase entre el hidrocarburo y el agua. Por tanto, la disgregación del hidrocarburo en agua incrementará la superficie expuesta a la acción biológica, favoreciendo el proceso.



Imágen II.9\* Diagrama de los principales fenómenos de meteorización de hidrocarburos en medio marino.

Fuente: <http://www.itopf.com/es/knowledge-resources/documents-guides/document/2-destino-de-los-derrames-de-hidrocarburos-en/>

## II.3 Movimientos de los hidrocarburos en el mar

Con respecto al movimiento de las manchas de hidrocarburos en la mar *"cualquier mancha se va a mover bajo la influencia del viento, el oleaje, las mareas y las corrientes"*[12].

Aunque es muy difícil prever de forma medianamente precisa cual será el movimiento de un derrame en alta mar, ya que son muchos los factores que van a influir, la experiencia ha demostrado algunas características comunes a todas ellas, y son las siguientes:

-Por lo general la parte de la mancha que lleva la dirección del viento tendrá más espesor que la que lleva la dirección del contrario.

-Para vientos superiores a 16 nudos la mancha se suele desintegrar en una serie de manchas de menor tamaño y forma alargada.

-La velocidad a la que se desplaza la mancha por acción del viento, depende de su intensidad y del espesor de los hidrocarburos, pero habitualmente y en aguas abiertas se moverá a un 3,4% de la velocidad del viento medida a 10 metros por encima de la superficie del mar.

El régimen de mareas y corrientes es muy difícil de apreciar, ya que varían en dirección e intensidad a lo largo del tiempo.

Con estos parámetros se pueden hacer unos cálculos trigonométricos sencillos, que se deben repetir en periodos no superiores a una hora.

De forma que:

$$\text{Velocidad hidrocarburos} = \text{Velocidad corriente} + (\text{Velocidad viento} \times \text{Factor de corrección})$$

Conocida la velocidad del viento en kilómetros por hora y su dirección, descomponemos su movimiento según los ejes X e Y, contando su dirección en el sentido de las agujas del reloj desde el norte. Lo mismo hacemos con la corriente.

Posteriormente calcularíamos cada una de las componentes de los vectores ( $V_{vx}, V_{vy}, V_{Cx}, V_{Cy}$ ).

Finalmente calculamos las componentes resultantes de ambas ( $V_x$  y  $V_y$ ) y obtenemos la resultante:

$$V_r = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$$

En la actualidad estos cálculos los realizan programas informáticos que mediante complejos modelos matemáticos auxilian a la predicción del movimiento de los derrames de hidrocarburos, basándose generalmente en las siguientes variables:

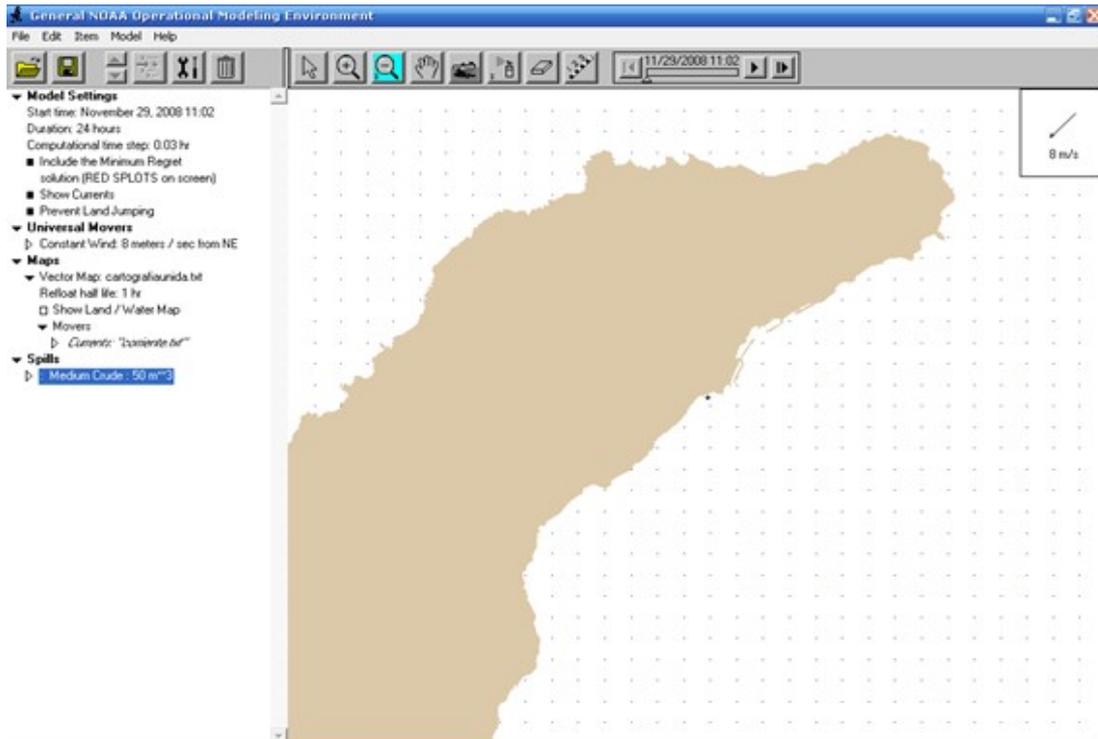
- Modelo hidrodinámico de las corrientes en el mar y modificaciones estimables.
  - Velocidad y dirección del viento en el lugar del accidente y posibles cambios previsibles.
  - Temperatura del agua del mar y atmosférica
  - Cantidad derramada de vertido.
  - Tiempo de duración del derrame.
  - Situación geográfica exacta del derrame.
  - Propiedades físicas y químicas del producto derramado.
- También existen otros modelos que intentan determinar como es afectado el derrame con el paso del tiempo debido a los procesos de propagación, evaporación, disolución, dispersión y emulsificación, que van a ser los que más importancia tienen en un primer momento a la hora de modificar las propiedades de los hidrocarburos vertidos.

La "Agencia Nacional Oceánica y Atmosférica" (NOAA) de los Estados Unidos de Norteamérica, utiliza los programas "GNOME" y "ADIOS2", para estos fines.

El primero de ellos, *"es un modelo de cálculo de trayectorias de vertidos, que simula el movimiento de los hidrocarburos sometido a la acción de vientos, corrientes, mareas y dispersión superficial"*[14]. El modelo predice como las condiciones de viento, corrientes y otros procesos transportan el vertido así como los cambios químicos y físicos que el material vertido puede sufrir durante su trayectoria. Para

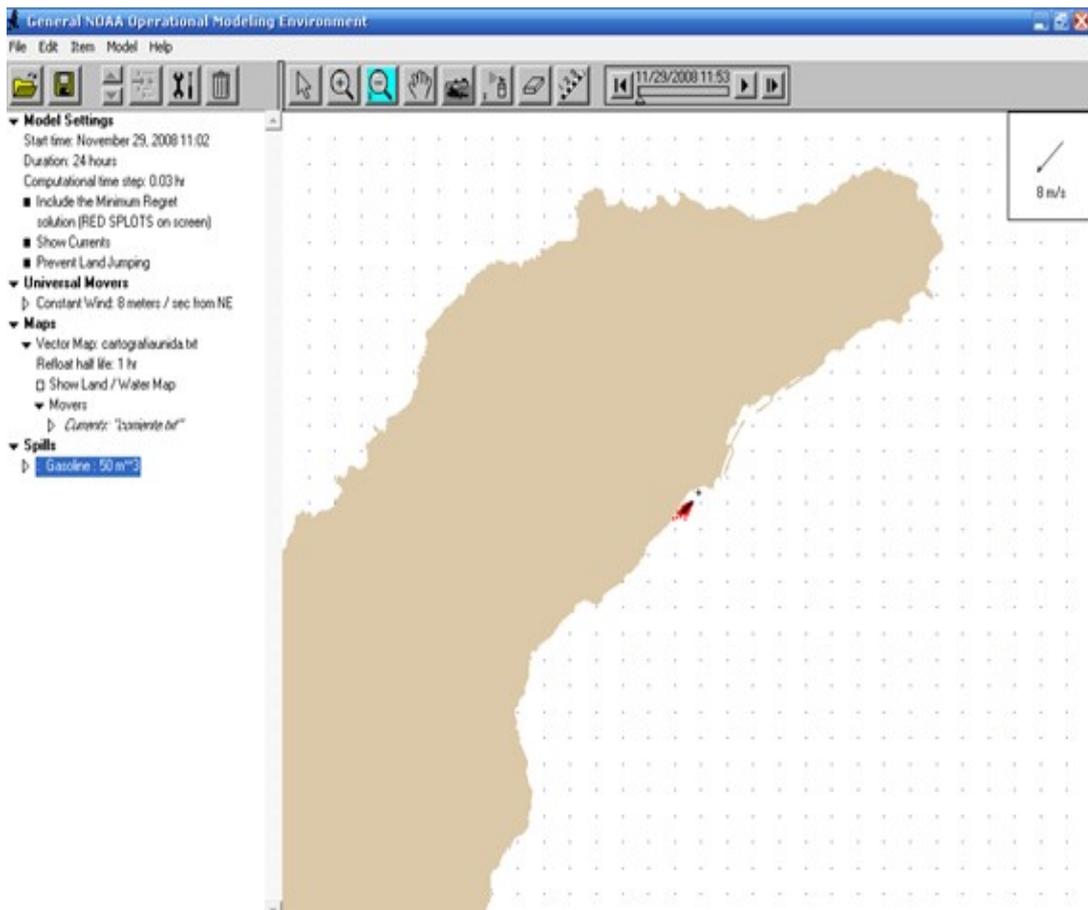
realizar predicciones de la trayectoria hay que definir las características del vertido e introducir las condiciones atmosféricas y oceánicas del medio.

A continuación se expone una serie de imágenes correspondientes a las "simulaciones (gasolina) hechas en el Puerto de Honduras (Tenerife), utilizando el programa GNOME"[15].



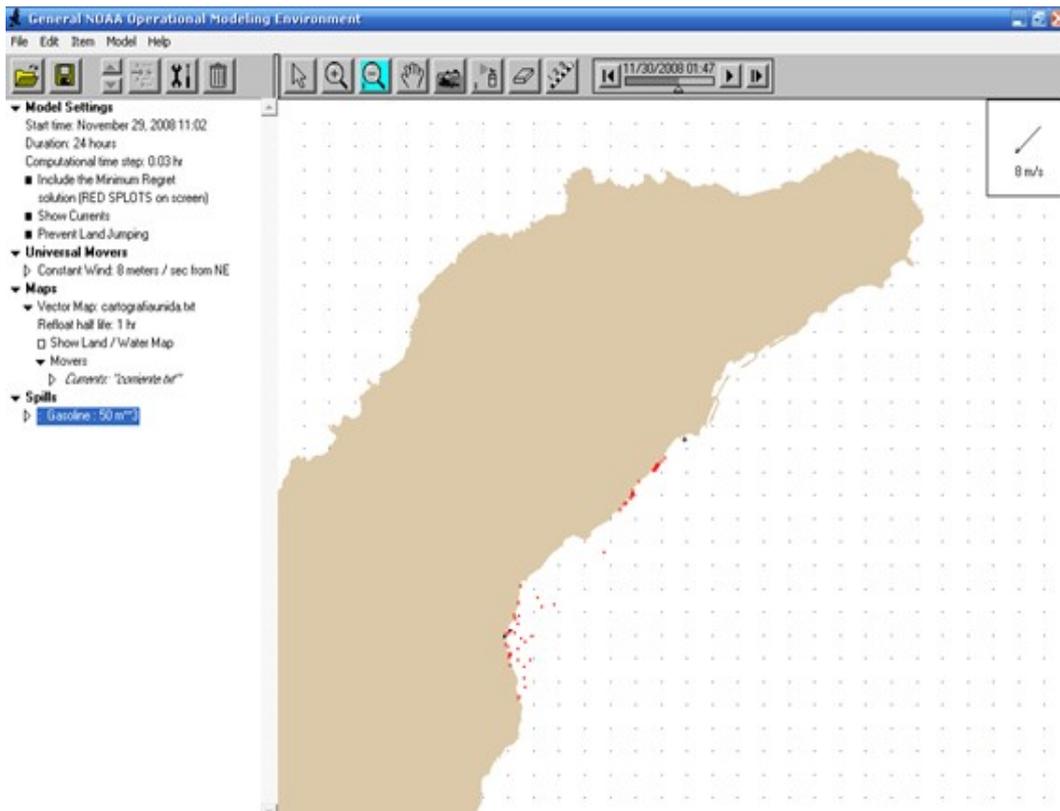
Imágen II.10 \*Simulación (gasolina) hecha en el Puerto de Honduras (Tenerife), utilizando el programa GNOME.

Fuente: SEGURIDAD MARÍTIMA Y PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN EN EL TRANSPORTE DE MERCANCÍAS PELIGROSAS EN EL ÁMBITO DE LA ZONA MARÍTIMA ESPECIALMENTE SENSIBLE DE CANARIAS. IV Premio Academia Canaria de Seguridad. Equipo I+D CONSEMAR. Universidad de La Laguna.



Imágen II.12 \*Simulación (gasolina) hecha en el Puerto de Honduras (Tenerife), utilizando el programa GNOME. Vemos como va evolucionando la mancha.

Fuente: SEGURIDAD MARÍTIMA Y PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN EN EL TRANSPORTE DE MERCANCÍAS PELIGROSAS EN EL ÁMBITO DE LA ZONA MARÍTIMA ESPECIALMENTE SENSIBLE DE CANARIAS. IV Premio Academia Canaria de Seguridad. Equipo I+D CONSEMAR. Universidad de La Laguna [0].



Imágen II.13 \*Simulación (gasolina) hecha en el Puerto de Honduras (Tenerife), utilizando el programaunas GNOME. Vemos como la mancha con un viento constante de 8m/s del NE se ha expandido llegando a alcanzar la costa a unas 10 millas de su origen tras haber transcurrido unas 14 horas y como ha ido disminuyendo su tamaño tras los procesos de envejecimiento que ha ido sufriendo en el mar por el camino.

Fuente: SEGURIDAD MARÍTIMA Y PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN EN EL TRANSPORTE DE MERCANCÍAS PELIGROSAS EN EL ÁMBITO DE LA ZONA MARÍTIMA ESPECIALMENTE SENSIBLE DE CANARIAS. IV Premio Academia Canaria de Seguridad. Equipo I+D CONSEMAR. Universidad de La Laguna.

El segundo básicamente introduciendo el tipo de crudo, viento y corriente en la zona y temperatura del agua marina, calcula las tasas de evaporación y dispersión al cabo de un determinado periodo de tiempo, aunque tiene otras funciones más complejas.

# **Capítulo III**

## **Daños al ecosistema**

### **III.1 Efectos de los hidrocarburos sobre el medio ambiente**

*"Un derrame o descarga de hidrocarburo afecta básicamente a tres elementos del ambiente"[15], los cuales son:*

#### **Elementos abióticos (suelo, formaciones del relieve, geomorfología, etc):**

-Sobre el suelo:

El petróleo contamina el suelo por su presencia y su permanencia en él. Esto depende del tipo de suelo lo cual es un producto de su composición y textura (tamaños de las partículas que lo forman) ya que según las características del suelo el petróleo se adherirá o penetrará con mayor o menor fuerza y por lo tanto permanecerá mayor o menos tiempo en ese ambiente.

En general se puede afirmar que:

En suelos arenosos (suelos de grano grueso); el petróleo penetra con mayor rapidez, en mayor cantidad y a mayor profundidad (llega hasta la napa freática).

En suelos arcillosos o rocosos (suelos de grano fino); el petróleo no penetra con facilidad, penetra en poca cantidad y a poca profundidad y por ende se retira mediante recojo y/o lavados de manera rápida, por ejemplo, las playas arcillosas de la selva.

En suelos con alto contenido de materia orgánica el petróleo se adhiere fuertemente a las partículas y restos vegetales de tal manera que permanece por más tiempo en el ambiente por ejemplo, en suelos de manglares y pantanos.



Imágen III.1 \* Playa contaminada después de derrame de petróleo proveniente de un barco.

Fuente: <http://www.bvsde.paho.org/cursode/e/modulo3-5.php>

-Sobre formaciones del relieve:

El petróleo por gravedad, se acumulará en lugares de hondonada (charcos), por ejemplo, en el fondo de una quebrada, y tenderá a no permanecer en elevaciones como las lomas o cerros. Asimismo el petróleo afectará más a un lago que a un desierto. En zonas costeras el crudo permanecerá por más tiempo en bahías que en playas abiertas.



Imágen III.2 \* Vertido de petróleo en áreas del litoral del sureste de Gran Canaria.

Fuente: <http://noticiasambientalesminternacionales.blogspot.com.es/2014/07/vertido-de-crudo-en-las-islas-canarias.html>

### **Elementos bióticos (flora y fauna):**

-Sobre la flora:

El petróleo se adhiere a las hojas y tallos de las plantas impidiendo el vital intercambio gaseoso (respiración y fotosíntesis) y la captación de energía solar. En el suelo, el petróleo satura los espacios aéreos desplazando al oxígeno necesario para la vida de las raíces. Además, algunos compuestos del crudo, como los hidrocarburos aromáticos son tóxicos directamente para las plantas al encontrarse en exceso, situación que se produce en un derrame. En los cuerpos de agua el crudo impide la fotosíntesis de las algas del fitoplancton al formar una barrera opaca que impide el ingreso de los rayos solares en el agua, hecho que produce la muerte de estos organismos.



Imágen III.3 \* Vegetación de la "Amazonía ecuatoriana" contaminada por vertido de petróleo provocado por la petrolera "Chevron".

Fuente: <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/219096-la-petrolera-chevron-no-se-disculpara-por-contaminar-la-amazonia-ecuatoriana/>

-Sobre la fauna:

Quizás lo más impresionante de los derrames de petróleo es la trágica visión que ofrecen las aves marinas embadurnadas con crudo, las aves y los mamíferos en general, animales que poseen plumas y pelo respectivamente se ven afectados de dos maneras al ser cubiertos por petróleo.

El petróleo al pegarse a las plumas o pelos, impide que éstos cumplan sus funciones naturales, de forma tal que el pelaje y el plumaje pierden su capacidad de aislantes térmicos y de aislantes del agua hecho que para animales acuáticos es mortal, pues pueden morir ahogados o por hipotermia (condición anormal que se produce cuando la temperatura corporal baja a valores menores que los mínimos vitales por pérdida de calor).



Imágen III.4\* Pingüinos manchados de petróleo.

Fuente: <http://www.boredpanda.es/contaminacion-problemasmedioambientales/>

### **Efecto tóxico:**

La toxicidad de los hidrocarburos a la vida marina se presenta por dos vías:

a) Ingestión o inhalación directa lo cual ocasiona efectos tóxicos agudos o crónicos:

Los peces y otros organismos subacuáticos son las más susceptibles a los componentes tóxicos de los hidrocarburos.

El petróleo y sus productos derivados están compuestos de una mezcla de hidrocarburos individuales, destacándose los compuestos parafinados, nafténicos y aromáticos. La composición porcentual de los componentes principales varía de acuerdo al origen de los hidrocarburos. Por ejemplo, un crudo típico de peso moderado (Prudhoe Bay en Alaska, peso API de 27.8), presenta una composición (en

base al volumen) de: 27% parafinas, 37% naftenos, 25% compuestos aromáticos, y 11% otros compuestos. La toxicidad de la mezcla de hidrocarburos típicamente aumenta en función del contenido de compuestos aromáticos y los naftenos.

Debido a su naturaleza lipofílica muchos de los componentes de los hidrocarburos pueden ser bioacumulados por los organismos marinos (es decir que se almacenan en los tejidos del organismo). Cuando la exposición ocurre a bajas concentraciones los hidrocarburos acumulados pueden ser metabolizados y/o depurados a través de los mecanismos fisiológicos de los organismos. El proceso bioacumulativo puede resultar en peces y moluscos de valor comercial con alto nivel de contaminación no apto para el consumo humano aunque el ambiente mismo no presente alto grado de contaminación. En el caso de concentraciones ambientales altas de hidrocarburos los efectos sobre los organismos son de tipo agudo o subagudo.

Los naftenos son una subclase de los compuestos aromáticos generalmente encontrados en alta concentración en los hidrocarburos. Según Anderson et al (1974) los componentes de hidrocarburos de mayor toxicidad incluyen los naftenos. Los naftenos son compuestos aromáticos policíclicos (PAH) que se caracterizan por ser ligeramente solubles en agua y por lo tanto tóxicos a la vida marina en concentraciones de partes por mil millones (g/L).

b) Recubrimiento físico directo de los organismos:

Los organismos litorales resultan más vulnerables a los efectos físicos del derrame (recubrimiento) que a la toxicidad aguda.

Los organismos más sensibles al recubrimiento físico con hidrocarburos son las aves y los mamíferos marinos (lobos marinos, ballenas y delfines). La sensibilidad es especialmente alta cuando un derrame ocurre en zonas de reproducción o criaderos de aves o mamíferos marinos; playas y costas usadas para la alimentación; y zonas de congregación. Estas actividades son estacionales. Por lo cual es de importancia distinguir y determinar la temporada de presencia y/o anidamiento de especies migratorias y residentes.

El recubrimiento ocurre cuando las aves se zambullen durante las actividades de

alimentación, o cuando mamíferos marinos emergen a la superficie del agua para respirar. Durante la temporada reproductiva es posible que aves con plumas contaminadas con hidrocarburos afecten a las crías o a los huevos cuando regresen recubiertos al nido desde zonas afectadas por el derrame. Sin embargo, el efecto inmediato principal del recubrimiento para las aves adultas es la pérdida de la capacidad termorreguladora, lo que en climas fríos puede rápidamente causar la muerte.

En los mamíferos marinos los hidrocarburos pueden causar irritación a las vías respiratorias, los ojos u otras membranas. El efecto no es necesariamente inmediato, pero el efecto subletal acumulativo es de aumentar la susceptibilidad a infecciones y a la disminución en la capacidad para conseguir alimento.

Los elementos bióticos de los ecosistemas marinos pueden dividirse en términos generales, en siete clases de organismos, fitoplancton, zooplancton, fitobenton, zoobenton, peces, animales de sangre caliente y microorganismos.

Estos organismos se clasifican de acuerdo a la función que desempeñan en la cadena alimentaria es decir, de acuerdo a sus respectivos nichos ecológicos, así por ejemplo, los peces pueden ser bénticos (si viven cerca del fondo) o pelágicos (si cumplen sus funciones en la columna de agua cercanas a la superficie).

Para describir mejor los efectos biológicos, se examinan a continuación los diferentes grupos de organismos que son las víctimas potenciales de hidrocarburos derramados en el ambiente marino.

Fitoplancton, fitobenton, plantas y algas:

El fitoplancton, es el conjunto de algas microscópicas, y otros organismos que abundan en el mar, es el soporte nutritivo inicial de toda la vida marina. El fitobenton es el conjunto de algas que viven pegadas al fondo marino o a las rocas (existen a cualquier profundidad mientras se permita el ingreso de luz; 2000 metros aproximadamente).

En el contexto de contaminación por derrames o descargas de hidrocarburos es importante distinguir entre plantas y algas de la zona de marea y otras zonas. En la

zona de marea los estragos en el momento del accidente son generalmente muy grandes debido al embadurnamiento de las plantas sensibles (fijadas en el suelo) así mismo las plantas que crecen en las rocas mueren todas.

En los lugares donde las plantas enraizadas en el suelo, la parte vegetativa puede morir, pero en este caso una vez que el petróleo ha sido removido, el sistema radicular puede sostener un nuevo crecimiento de modo que la planta eventualmente puede rebrotar y la vegetación se restaura, esto ocurre por ejemplo en los lugares lodosos como los manglares.

Para el caso de algas flotantes como el fitoplancton no se han reportado efectos muy claros al respecto, esto se debe probablemente a la permanencia corta del fitoplancton en un lugar determinado debido a las corrientes y mares, además de su corto período de vida que puede asegurar una rápida restauración donde ha habido mortalidad. Esto, en el caso probable que haya ocurrido mortalidad en vista de la alta sensibilidad del fitoplancton observada en experimentos de laboratorio. Así la muerte del fitoplancton se produce con concentraciones de hidrocarburos entre 0,10 - 10mg/L durante período cortos de stress, mientras que se inhibe la división celular de estos microorganismos a muy bajas concentraciones.



Imágen III.5 \*Película de petróleo adherida a las raíces de las plantas de un manglar .

Fuente: [http://www.el-nacional.com/investigacion/guarapiche/Temen-petroleo-deseque-manglares-contaminados\\_0\\_169783109.html](http://www.el-nacional.com/investigacion/guarapiche/Temen-petroleo-deseque-manglares-contaminados_0_169783109.html)

Zooplankton:

Grupo de organismos formado por animales microscópicos y por larvas de criaturas marinas. Las consideraciones tóxicas definidas para el fitoplancton son similares a las que se tienen para el zooplankton, pues en el mar no se han encontrado efectos muy dañinos del petróleo sobre estos organismos, pero en pruebas de laboratorio si se ha observado una gran sensibilidad en algunas especies. Para un tiempo de exposición de 96 horas, la concentración letal de hidrocarburos para el fitoplancton puede ser hasta de 10mg/L.

Peces y Zoobenton:

El zoobenton es el conjunto de animales marinos por lo general invertebrados, que viven en los fondos marinos y en las rocas mayoritariamente crustáceos (cangrejos), moluscos (caracoles) y equinodermos (estrella y erizos de mar).

Los efectos en los peces y el zoobenton pueden tener la forma de mortalidad aguda, mortalidad por stress, mortalidad crónica o disminución de la reproducción. En pequeños canales, la anoxia (falta de oxígeno) ocurre debido a que el intercambio de oxígeno entre los peces y el aire se ve impedido por la capa de petróleo. Puede ocurrir una mortalidad aguda debido al bloqueo de las branquias con gotas de petróleo lo cual provoca asfixia, por la ingestión del petróleo ambos efectos se producen cuando hay alta concentración de petróleo lo que ocurre muy raramente.

¿Cuáles son exactamente los impactos de las prospecciones de petróleo sobre los cetáceos?

Estas especies tienen una extrema sensibilidad acústica que les permite comunicarse y regular sus ciclos vitales. Cualquier alteración puede afectar a algo tan básico como su sentido de la orientación, lo que puede provocar su varamiento e incluso llevar a la muerte en algunos casos.



Imágen III.6 \* Ballena gris afectada por el derrame de petróleo proveniente del buque "Exxon Valdez" en el Golfo de México.

Fuente: <http://www.vistaalmar.es/medio-ambiente/contaminacion/1106-el-derrame-de-petroleo-podria-acabar-con-los-cachalotes-del-golfo-de-mexico.html>

#### Aves y Mamíferos:

Las aves son aparentemente las víctimas inmediatas de un derrame de petróleo en el mar.

Las aves (pelícanos, guanays) y los mamíferos marinos (lobos de mar, nutrias, etc) son animales que poseen plumas y pelo respectivamente, estas se ven afectadas en dos aspectos cuando el petróleo fuera de control llega a estar en contacto con ellos y les cubre el pelaje y/o por lo que el plumaje, *"la delicada estructura de la capa de protección que crean las plumas y el aislamiento que proporcionan se ven afectados y el agua de mar entra en contacto directo con la piel, provocándose una pérdida de calor corporal y la posibilidad de que el ave muera de hipotermia"*[16]. Es así que los animales manchados de petróleo pueden morir ahogados al verse imposibilitado de nadar, flotar o volar o intoxicados.



Imágen III.7 \* Ave recubierta de petróleo.

Fuente: <http://3diverschamann.blogspot.com.es/2010/05/golfo-de-mexico-jhon-y-carmen.html>

**Elementos socioeconómicos** (actividades humana, pesca, agricultura, lugares de esparcimiento de clubes, de recreación, de turismo, etc).

En la actividad económica, el impacto se refleja en:

- Actividades industriales, portuarias y vías marítimas.
- Actividades de recreación y turismo vinculadas al mar.
- Actividades de pesca y acuocultivos.

Un derrame de hidrocarburos puede conllevar al establecimiento de períodos de veda sobre la pesca y cosechas de productos marinos en un área determinada (relacionada con la ubicación y extensión de la mancha y su permanencia).

El petróleo crudo derramado puede impregnar desechos no degradables (basura) flotantes, pudiendo conllevar a la formación de los llamados cayos o islas de basuras, flotantes en el océano, con la correspondiente afectación a las zonas por donde transita dicha formación. *"Un impacto colateral producto de un derrame lo constituye la afectación al comercio de productos del mar"*[15], dado por la pérdida de confianza en el mercado internacional, pues generalmente el público no quiere adquirir productos provenientes de la región del derrame.

Los factores determinantes de la extensión de los efectos producidos de un derrame

son el tipo de petróleo o derivado (ligero o pesado) y la estación del año. El petróleo pesado es más persistente sobre la superficie del agua que el ligero que se evapora rápidamente. Por eso es importante conocer las propiedades físicas y químicas del petróleo que se está transportando para tomar las decisiones adecuadas conducentes a resolver el problema inmediatamente con una técnica u otra.

En definitiva, hay que tener en cuenta que los **efectos ecológicos** de los vertidos de hidrocarburos son muy variables, aún en vertidos similares. Estas variaciones dependen de diversos factores, tales como la composición química del producto vertido, el tipo de sedimento afectado, la época del año y su relación con los ciclos reproductivos y/o migratorios de las especies afectadas, entre otros. Además hay que tener en cuenta que los ecosistemas (incluyendo al hombre como integrante del mismo) son sistemas complejos con numerosos elementos interactuando, creando dinámicas no lineales difíciles de predecir.

### **III.2 Velocidad de recuperación del ecosistema**

El tipo de costa afectado por el derrame determinará la gravedad de los daños ecológicos, en el tiempo y esfuerzo necesario para la recuperación y limpieza, y en su valor ecológico y económico.

Para saber el tiempo de recuperación se ha creado un "Índice de Sensibilidad Ecológica" (ESI, según las siglas inglesas "Environmental Sensitivity Index") el cual es una manera de clasificar los diferentes tipos de costa según la sensibilidad a daños y su capacidad para la recuperación (Michel y Dahlin 1993). Este tipo de análisis se desarrolló por la NOAA ("National Oceanographic and Atmospheric Administration") de EE.UU. para clasificar las costas.

El índice abarca categorías desde 1 (mínima sensibilidad) hasta 10 (máxima sensibilidad) y desde las letras A hasta la E las cuales hacen referencia a la prioridad que tiene cada zona a la hora de protegerlas siendo más primordial la A y menos la E.

En la siguiente tabla se muestra los tipos de costas clasificados de acuerdo a su sensibilidad según NOAA:

Código ESI	Descripción
1-A	Expuesta, rocosa
1-B	Expuesta, estructuras sólidas construidas por el hombre
1-C	Expuesta con acantilados rocosos con base de canto rodado
2-A	Expuesta con plataformas cortadas por olas en roca, barros o arcillas
2-B	Expuesta, escarpada con fuerte pendiente en arcilla
3-A	Playa con arenas finas a medianas
3-B	Escarpada con fuerte pendiente de arena
3-C	Acantilados de tundra (Ártico)
4	Playa con arenas gruesa
5	Playa con mezcla de arena y grava
6-A	Playa de grava
6-B	Riprap. Playa de grava y canto rodado
6-C	Riprap (solo en Alaska)
7	Bancos de marea expuestos
8-A	Protegida, escarpadas en roca, barros o arcillas (impermeables)
8-B	Protegida, estructuras antrópicas. Costas rocosas (permeables)
8-C	Riprap o roca partida protegida
8-D	Riprap Abrigada, escombros rocosos
8-E	Turba litoral (Ártico)
9-A	Bancos de marea protegidos
9-B	Bancos vegetados
9-C	Bancos de marea hipersalinizados
10-A	Marismas de agua salobre
10-B	Marismas de agua dulce
10-C	Pantanos
10-D	Matorral de arbustos en humedales. Manglares
10-E	Bajos Inundados - tundra

Tabla 1: Clasificación de los tipos de costa de acuerdo con su sensibilidad ambiental.

Fuente: <http://www.socib.eu/seccion=siasDivision&facility=EnvironmentalSensitivityCoastsMethod&language=e>

Este índice de sensibilidad se basa en los siguientes factores para determinar la sensibilidad de las costas y con ello su tiempo de recuperación:

-Exposición relativa a la energía del oleaje y las mareas:

Los biólogos han reconocido desde hace tiempo que la composición de las comunidades biológicas intermareales está estrechamente correlacionada con el grado relativo de la exposición, es por ello que *"de acuerdo con la exposición relativa frente a la energía del oleaje se diferencian dos tipos principales de costas (NOAA, 2002)"*[17]:

a) costas expuestas al oleaje o de elevada energía que corresponden a aquellas líneas de costa afectadas por el impacto directo del oleaje y por tanto, los hidrocarburos tendrán tendencia a eliminarse de forma natural.

b) costas localizadas en ambientes de baja energía en las que el oleaje no supone un factor modelador permanente de la línea de costa, en estas costas los hidrocarburos tendrán tendencia a eliminarse lentamente de forma natural y por tanto su auto-recuperación será lenta.

Los estudios realizados mostraron que el nivel de impacto de los derrames de petróleo está estrechamente relacionado con el grado relativo de la exposición de los hábitats afectados.

Cuando las olas son típicamente grandes (por ejemplo, con frecuentes alturas de más de 1 m), el impacto de los derrames de petróleo sobre los hábitats expuestos se reduce debido a que:

Las corrientes hacia el mar, generadas por las olas reflejadas en superficies duras como las rocas y paramentos verticales, alejan el petróleo de la tierra.

Las corrientes generadas por las olas mezclan los sedimentos costeros - típicamente gruesos en estos ambientes - eliminando rápidamente el petróleo adherido.

Los organismos que viven en estos lugares están acostumbrados a perturbaciones de corto plazo.

El flujo de energía de las mareas ayuda a determinar los impactos potenciales de un derrame sobre el ambiente costero. Las corrientes de marea crecen a medida que crece la amplitud de la marea. Estas corrientes tienen el potencial para movilizar los sedimentos hacia un lado y hacia otro y así enterrar al petróleo.

Las energías de las olas y las mareas se combinan produciendo una continuidad de energía a lo largo de la costa, pudiendo llegar a dividir zonas en aquellas de alta, media y baja energía. Dentro de la cartografía de una región, el grado de la energía presente en un segmento de la costa se evalúa en relación a los niveles de energía generales de la región:

Costas con alta energía (ESI = 1A-2B). De acuerdo a la nomenclatura ESI de la NOAA, corresponde a costas expuestas rocosas o escarpadas con fuerte pendiente en arcilla. Están expuestas a grandes olas o fuertes corrientes de marea, durante todas las estaciones del año.

Alta energía significa una remoción natural rápida del petróleo, en unos días o semanas

Costas de energía media (3A-7). De acuerdo a la nomenclatura ESI de la NOAA, corresponde a costas de playas con arenas finas a medianas con bancos de marea expuestas. A menudo tienen tormentas estacionales y también alturas de olas características de las distintas estaciones.

Media energía significa que se eliminará cuando el próximo evento de alta energía se produzca, que podrían ser días o meses después del derrame.

Costas de energía baja (8A-10E) De acuerdo a la nomenclatura ESI de la NOAA, corresponde a costas protegidas, escarpadas en roca o arcillas impermeables y bajos inundados-tundra). Están al abrigo de la energía de las olas y las mareas, excepto durante acontecimientos inusuales o infrecuentes.

Baja energía significa una remoción natural lenta, por lo general en términos de años.

-Pendiente de playa:

Es una medida de la pendiente de la zona intermareal entre las mareas altas y bajas.

Puede ser caracterizada como empinada (mayor de 30°), moderada (entre 30° y 5°), o plana (menos de 5°).

La importancia de la pendiente en playas expuestas tiene que ver con el tipo de reflexión y tipo de rompientes de olas.

Zonas intermareales empinadas son sujetas frecuentemente a un violento lavado y bruscas rompientes e incluso con presencia de reflexión, que mejora la limpieza natural de la costa.

Zonas intermareales planas, por otra parte, promueven la disipación de la energía del oleaje a lo largo de mayores recorridos lo que le permite al petróleo permanecer más tiempo en la zona intermareal. Asimismo, zonas intermareales amplias suelen tener más extensas comunidades biológicas (por ejemplo, camas de mejillones y almejas y comunidades de plantas).

-Tipo de sustrato ( tamaño, movilidad, penetración y/o entierro y posibilidad de tránsito):

Dependiendo del tipo de sustrato el petróleo permanecerá más o no en él. Esto se debe a que hay sustratos en los que el petróleo penetra más como es el caso de los sedimentos más gruesos.

Hay que diferenciar entre penetración y entierro del petróleo en los sedimentos, nos referiremos a penetración cuando el petróleo retenido en la superficie, se hunde en los sedimentos permeables y a entierro cuando sedimentos limpios se depositan en la parte superior de las capas de petróleo siendo más rápido el entierro de petróleo en playas de arena gruesa, dado que tiene la mayor movilidad bajo condiciones normales de olas y mareas. Independientemente de lo que ocurra en ambos casos aumenta la persistencia de petróleo y hace la limpieza más difícil e intrusiva.

El tipo de sustrato afecta también al tránsito, o la capacidad de las personas y maquinaria para maniobrar durante una labor de limpieza. En general, costas con facilidad de tránsito (playas de arena de grano fino) se clasifican bajo en la clasificación ESI en contraposición con aquellas costas en las cuales las personas y equipos tendrán dificultad de movimiento o, más importante aún, en el que las

acciones de limpieza causarán daños adicionales (playas de grano grueso, playas de grava y humedales ).

-Productividad biológica y sensibilidad:

La productividad biológica de un hábitat costero es una componente integral de la clasificación ESI. Hábitats con vegetación, tales como pantanos y manglares, tienen la más alta clasificación debido a la posibilidad de efectos a largo plazo derivados de la exposición al petróleo y los posibles daños asociados con las actividades de limpieza. La recuperación ecológica puede tomar décadas en la mayoría de estos hábitats productivos.

Otros tipos de costa, como pueden ser los acantilados verticales expuestos en las que a priori no se desarrollan hábitats de una trascendencia ni física, ni química, ni ambiental como la tienen las albuferas y marismas, tienen una capacidad de recuperación mayor y precisan de menos tiempo de auto-recuperación.

Las categorías principales del índice aplicables a la zona de reconocimiento son las siguientes:

ESI = 1: Acantilados expuestos a las olas.

ESI = 2: Plataformas o pendientes rocosas expuestas a las olas.

Estos son los *"tipos de costas expuestas a grandes olas, que tienden a mantener el petróleo en altamar por efecto de la reflexión de las propias olas sobre la costa"*[18]. El sustrato es impermeable, de modo que el petróleo permanece en la superficie donde los procesos naturales lo eliminan rápidamente (un par de semanas). La superficie puede ser lisa o irregular con grietas. La pendiente varía desde acantilados verticales hasta plataformas horizontales.

La vida animal y vegetales de carácter resistente y sésil, ya que tiene que sobrevivir las olas. En zonas de pendiente ligera puede existir gran riqueza de animales y plantas marinas.

La sensibilidad depende de la exposición a procesos naturales de recuperación. La falta de penetración significa que las olas rápidamente remueven el petróleo. La vida

animal y vegetal puede sufrir a corto plazo, pero una recolonización ocurre en poco tiempo.

Las olas también pueden causar que el hidrocarburo permanezca en el mar a causa de rebote contra las rocas. El hidrocarburo en poco tiempo solo se aprecia como una faja que cubre la roca en la zona de marea máxima y de salpicaduras, encima de la zona principal de vida. Generalmente no se recomendaría ningún tipo de respuesta, excepto la remoción de escombros, ya que se espera una pronta recuperación natural.



Imágen III.8 \* Costa de "Los Hervideros" (Lanzarote).

Fuente: Elaboración propia.

ESI = 3 Playas arenosas de arena fina (<1 mm)

ESP = 4 Playas arenosas de arena gruesa (>1mm)

La arena comprende sedimentos de 0.07 hasta 2 mm de diámetro. Las playas de arena fina tienden a ser anchas y de baja pendiente (< 5 grados), mientras que playas de arena gruesa generalmente son menos anchas y con mayores pendientes (5 - 15 grados). Las playas pueden ser erosionales, deposicionales o estables, característica que puede variar con la energía de las olas y corrientes. Durante las tormentas se puede presentar una erosión rápida de la playa.

Playas arenosas tienen sensibilidad baja a intermedia a los hidrocarburos. Las playas expuestas generalmente no poseen comunidades ecológicas importantes por tanto los efectos ecológicos son menores ya que la productividad biológica es baja. Muchas

playas tienen importante uso recreativo como playas de baño, lo que aumenta su sensibilidad. Playas que son utilizadas por grandes cantidades de aves, o que son usadas por tortugas o mamíferos marinos tienen sensibilidad más alta.

En derrames pequeños el hidrocarburo se concentra en la línea de marea alta. La penetración máxima es de 15 cm en arena fina y de 25 cm en arena gruesa (pero el paso de vehículos puede aumentar esta profundidad). Playas de arena fina tienen movilidad baja, pero arenas gruesas tienen movilidad alta por lo cual el hidrocarburo rápidamente puede sepultarse bajo capas de arena limpia. La penetración y la sepultura en arenas gruesas otorgan una sensibilidad más alta, ya que son más difíciles de limpiar, y el hidrocarburo sepultado es persistente.

La respuesta depende del uso de la playa. Playas de alto uso recreativo necesitan limpieza extensa para remover el hidrocarburo. En otras playas el depuramiento natural junto con la remoción de escombros puede ser suficiente. La remoción de la arena contaminada generalmente es necesaria en playas de recreo. La remoción no es eficiente si el petróleo ya está sepultado, a causa de la gran cantidad de arena que hay que remover, por lo cual una pronta respuesta es importante.



Imágen III.9 \* Playa de arena fina ( La Graciosa).

Fuente: Elaboración propia.

ESI = 5 Playas de mezcla de grava y arena

ESI = 6 Playas de grava

El substrato es de grava (partículas de < 2mm hasta 25 cm) o una mezcla de arena y grava. Las partículas más finas se encuentran en la zona de marea alta, y las partículas más gruesas en las zonas de marea baja e intermedia. La exposición a las olas varía lo que se puede apreciar dada la cantidad de algas y organismos presentes y especialmente las pequeñas caletas pueden presentar poca energía de oleaje. Las pendientes generalmente son mayores de 20 grados. Estas playas tienen una productividad biológica baja.

El hidrocarburo penetra profundamente en playas de grava, y la recuperación natural es lenta o muy lenta porque el petróleo penetra a niveles donde las olas no alcanzan. El derrame puede persistir durante años. Recuperación natural solo funciona en zonas de erosión natural. Para otras zonas es necesario implementar limpieza a base de flujo de agua bajo presión baja o alta.

La remoción de gran cantidad de grava contaminada no es recomendable ya que la grava no se repone rápidamente. La estrategia mejor es de evitar que el hidrocarburo toque tierra en estas playas.



Imágen III.10 \* Playa de arena y grava ("Playa Quemada"-Lanzarote).

Fuente: Elaboración propia.

ESI = 7 Muelles y estructuras expuestas de las olas.

ESI = 8 Malecones y espigones de roca.

Las estructuras construidas tienen un amplio rango de sensibilidad, dependiente de su exposición a procesos naturales de recuperación. El uso biológico de estas estructuras es limitado, y muchas veces las construcciones se encuentran en zonas ya degradadas por la contaminación.

Los postes de los muelles y las paredes impermeables plenamente expuestas a la fuerza de las olas tienen mínima sensibilidad, ya que se depuran rápidamente. Malecones y espigones de tocas sueltas tienen mayor sensibilidad, ya que el petróleo penetra y puede causar contaminación persistente.



Imágen III.11 \* Rompeolas de la Isla de La Graciosa.

Fuente: Elaboración propia.

ESI= 9 Bancos vegetados

El sustrato blando y limitado acceso hace que las planicies de marea protegidas sean casi imposibles de limpiar. Por lo general, el esfuerzo de limpieza de petróleo en los sedimentos profundos, prolonga su recuperación. Una vez que el petróleo llega a

estos hábitats, la eliminación natural es muy lenta. Estos sedimentos pueden encontrarse en zonas importantes para la alimentación de aves y en zonas de cría de peces, lo que hace a estas costas muy sensibles a los efectos de derrame de petróleo. En zonas sin importante amplitud de marea, como la de los Grandes Lagos, bajos protegidos son creados con las variaciones del nivel del mar menos frecuentes. Estos bajos son únicos en el sentido que pueden permanecer con poco agua durante semanas y meses, proporcionando un mecanismo para la contaminación de los sedimentos en las zonas que puedan ser inundadas posteriormente. Bajos fluviales son a menudo fangosos y con vegetación, lo que los hace muy difícil de limpiar. Las tasas naturales de extracción son lentas y dependen de las inundaciones.



*Imágen III.11 \* Bancos vegetados.*

Fuente: [http://www.santacruz.gov.ar/ambiente/audiencia\\_publica/prospeccion\\_flancos\\_eyes/estudio/Cap%20VI%20-%20Sensibilidad%20Ambiental%20y%20Social.pdf](http://www.santacruz.gov.ar/ambiente/audiencia_publica/prospeccion_flancos_eyes/estudio/Cap%20VI%20-%20Sensibilidad%20Ambiental%20y%20Social.pdf)

ESI = 10 Pantanos y marismas

Los pantanos son las zonas de mas alta sensibilidad, que merecen máximo nivel de protección. Se caracterizan por su alto uso ecológico y su alta productividad biológica. El petróleo puede causar daños letales y sub-letales a los organismos residentes, así como a poblaciones de organismos que usan los pantanos esporádicamente para reproducción o migración. El derrame es muy difícil de combatir cuando ya ha llegado al pantano y por tanto la respuesta debe enfocar en evitar la llegada del hidrocarburo mediante barreras de contención, el uso de

dispersantes, etc.



Imágen III.12 \* Pantano.

Fuente: [http://www.santacruz.gov.ar/ambiente/audiencia\\_publica/prospeccion\\_flancos\\_eyes/estudio/Cap%20VI%20-%20Sensibilidad%20Ambiental%20y%20Social.pdf](http://www.santacruz.gov.ar/ambiente/audiencia_publica/prospeccion_flancos_eyes/estudio/Cap%20VI%20-%20Sensibilidad%20Ambiental%20y%20Social.pdf).

En definitiva, hay ecosistemas que se pueden recuperar de una manera más rápida porque son más dinámicos, es decir, son zonas más batidos por el mar por lo que la recuperación puede producirse en menos de 1 año. Pero si hablamos de ecosistemas con menos acción de olas, es decir, más protegidos como humedales y saladares su recuperación puede llegar a tardar hasta 10 años o más sobre todo si el vertido penetra el sustrato marino, en la arena o el fango, ya que tardará más en descomponerse y en recuperarse.

### III.3 Focos contaminantes

Según la "National Academy of Sciences" en nuestra sociedad *"alrededor del 0,1 al 0,2% de la producción mundial de petróleo acaba vertido al mar"*[19]. El porcentaje puede parecer no muy grande pero son casi 3 millones de toneladas las que acaban contaminando las aguas cada año, provocando daños en el ecosistema marino.

La mayor parte del petróleo se usa en lugares muy alejados de sus puntos de extracción por lo que debe ser transportado por petroleros u oleoductos a lo largo de

muchos kilómetros, lo que provoca espectaculares accidentes de vez en cuando. Estas fuentes de contaminación son las más conocidas y tienen importantes repercusiones ambientales, pero la mayor parte del petróleo vertido procede de tierra, de desperdicios domésticos, automóviles y gasolineras, refinerías, industrias, etc.

Según los estudios realizados por la "National Academy of Sciences" de los EEUU los principales causantes de vertidos de hidrocarburos al mar serían:

Desde tierra	64,00%
Por operaciones de los buques	19,00%
Por causas naturales	10,00%
Por accidentes tanqueros	5,00%
Por explotaciones petróleo en mar	2,00%

Tabla 2: Porcentaje de los principales causantes de vertidos de hidrocarburos al mar según la "National Academy of Sciences" de los EEUU.

Fuente: [http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_03/AN\\_03\\_rev3.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_03/AN_03_rev3.pdf)

*Los "focos de peligro pueden ser básicamente de dos tipos en función de su origen y comportamiento"[2]:*

Focos terrestres:

Localizados en un punto determinado y conocido de la costa.

Focos marinos:

Principalmente representados por buques que navegan próximos a la costa y por zonas de prospección y explotación petrolífera.



Imágen III.13 \* Esquema de los diferentes tipos de focos de contaminación marina accidental.

Fuente: [http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_03/AN\\_03\\_rev3.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_03/AN_03_rev3.pdf)

La contaminación marina originada por focos terrestres se deriva principalmente de 4 tipos de fuentes: industrias, puertos, emisarios submarinos y campos de boyas que puedan sufrir un accidente que origine un vertido de sustancias al mar.

-Industrias susceptibles de generar vertidos contaminantes al mar:

Si bien existen numerosas instalaciones industriales en que se manipulan sustancias potencialmente contaminantes de diversa índole, las únicas instalaciones de este tipo susceptibles de generar accidentalmente una contaminación marina importante y a la vez mitigable mediante los medios existentes y considerados en el presente plan son aquellas relacionadas con el transporte, almacenamiento y tratamiento de productos hidrocarburos y las instalaciones dedicadas al tratamiento de residuos peligrosos.

Únicamente existen siete instalaciones de este tipo, ubicadas en las islas de Tenerife, Gran Canaria, La Palma, La Gomera, El Hierro, Lanzarote y Fuerteventura, relacionadas con el refinado y almacenamiento de hidrocarburos.

La principal instalación es la refinería gestionada por la Compañía Española de Petróleo, S.A. (CEPSA) en Santa Cruz de Tenerife. Esta refinería es la encargada de

abastecer una parte importante de la demanda del archipiélago, y además cuenta con instalaciones para el tratamiento de residuos peligrosos (residuos MARPOL y oleosos en general).



Imágen III.14 \* Refinería CEPSA ( Tenerife).

Fuente:<http://www.eldiariodetenerife.com/2012/04/10/cepsa-se-queda-con-texaco/>

Las otras seis instalaciones corresponden a los almacenamientos de hidrocarburos de "DISA Red de Servicios Petrolíferos, S.A.," situados en Salinetas (Telde, Gran Canaria), Los Guinchos (Breña Alta, La Palma), Barranco de la Concepción (San Sebastián de la Gomera, La Gomera), Llanos Blancos ð Puerto de La Estaca (El Hierro), Arrecife (Lanzarote) y La Hondura (Pto. del Rosario, Fuerteventura).

Otras instalaciones de almacenamiento y tratamiento de residuos peligrosos son las de "EMGRISA", situadas en el muelle pesquero del Puerto de La Luz, que gestionan residuos MARPOL, y las centrales térmicas competencia de "UNELCO". Estas centrales emplean combustibles fósiles en su proceso de generación de energía, y producen asimismo residuos oleosos que son recogidos y trasladados a dos de ellas, que centralizan el tratamiento de los mismos. Estas dos centrales se sitúan en el Barranco de Tirajana (Gran Canaria) y Granadilla de Abona (Tenerife).



Imágen III.15 \*Planta Desaladora de la Isla de Lanzarote.

Fuente: Elaboración propia..

#### -Puertos:

Las operaciones portuarias de entrada, salida, atraque, embarque y desembarque de mercancías, etc., constituyen uno de los principales focos de contaminación marina potencial en Canarias. Estas operaciones pueden transcurrir en los puertos autónomos asociados a las Autoridades Portuarias y en los puertos gestionados por el Gobierno de Canarias.

Las dos Autoridades Portuarias con titularidad en puertos canarios, Las Palmas y Santa Cruz de Tenerife, gestionan un total de 11 puertos de interés general, y el Área de Puertos de la Dirección General de Obras Públicas, Consejería de Obras Públicas, Vivienda y Aguas del Gobierno de Canarias tiene la competencia de gestión de 18 puertos más de este tipo, además de 10 puertos deportivos y 15 instalaciones portuarias (principalmente diques de abrigo para el fondeo de embarcaciones).

Nueve de los puertos de interés general en Canarias tienen asociada una mayor peligrosidad de contaminar el mar, puesto que presentan un tráfico comercial de mercancías potencialmente contaminantes, generalmente hidrocarburos, bien asociado a movimientos de cabotaje insular o bien a tráficos internacionales en origen, destino o escala. Dichos puertos son los siguientes, con el volumen de productos contaminantes que despachan anualmente, que en total supera los 14 millones de toneladas .

El resto de los puertos considerados, en su mayoría puertos pesqueros y deportivos, asumen un peligro menor, que viene representado en una mala manipulación de las aguas de sentina y de los puntos de abastecimiento de combustible, o bien por un

accidente de una embarcación que realiza operaciones en el puerto. El transporte marítimo anual de abonos y productos químicos es mucho menor en magnitud que el de hidrocarburos. Los puertos Canarios manipulan más de medio millón de toneladas de productos químicos anualmente.



Imágen III.16 \* Puerto de Las Palmas (Gran Canaria).

Fuente: <http://www.laprovincia.es/las-palmas/2013/09/22/alarma-puerto-palmas/559353.html>

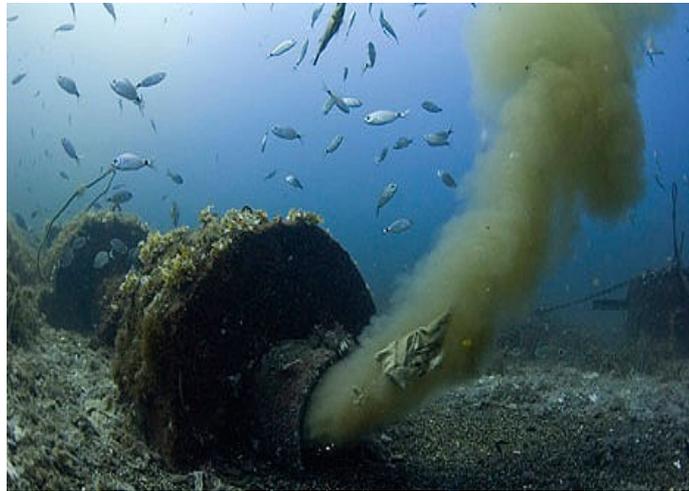
-Emisarios submarinos:

En las Islas Canarias, la Dirección General de Calidad Ambiental, de la Viceconsejería de Medio Ambiente ha emitido un total de 63 Autorizaciones de Vertidos al Mar, que corresponden a conducciones de desagüe, emisarios submarinos, vertidos directos y aliviaderos. 14 de ellos son netamente industriales, 25 de origen urbano y 14 procedentes de tratamientos de desalación de agua de mar. Los restantes vertidos tienen efluentes combinados de estas tres naturalezas.

De estos efluentes, 3 se encuentran en la isla de La Palma, 1 en El Hierro, 25 en Tenerife, 20 en Gran Canaria, 8 en Fuerteventura y 4 en Lanzarote. Dada la escasez de autorizaciones de vertidos constatadas en el Archipiélago Canario, es muy probable que existan en las islas gran cantidad de vertidos incontrolados al mar procedentes de zonas urbanizadas, posiblemente mediante vertido directo al mar.

La mayoría de los vertidos al mar en Canarias son urbanos y no contienen sustancias peligrosas de las listas I y II de la "Directiva del Consejo 76/464/CEE", de 4 de mayo

de 1976, por lo cual no constituyen un riesgo de contaminación marina a nivel de activación de un plan de emergencias, ya que no liberan al medio sustancias tóxicas, sino mayoritariamente carga orgánica.



Imágen III.17 \* Emisario submarino.

Fuente: <http://www.elmundo.es/elmundo/2009/08/27/cultura/1251362746.html>

-Campos de boyas:

Los campos de boyas son los principales puntos de trasvase de hidrocarburos suministrados por vía marítima a las islas. En Canarias, el principal destino de suministro de hidrocarburos mediante boyas se encuentra en el Puerto de La Hondura, situado en Santa Cruz de Tenerife, que constituye el terminal marítimo de la refinería de CEPSA, con una capacidad de descarga de 8.000 m<sup>3</sup>/hora. También se tiene constancia de la presencia de boyas de transferencia de hidrocarburos en la Playa de La Tejita (Tenerife) ,el Puerto de Salinetas (Gran Canaria) y en la Playa de Guacimeta (Lanzarote).



Imágen III.18 \* El petrolero griego "Sounion", en el campo de boyas de la refinería de CEPSA en Tenerife.

Fuente: <https://delacontecerportuario.wordpress.com/tag/refineria-de-cepsa-en-tenerife/>

Con respecto a los focos marinos se dividen en dos grupos principales, en función de su grado de localización espacial. Por una parte están los corredores marítimos por los cuales discurre el tráfico marítimo de productos potencialmente contaminantes y por otro, las áreas marinas objeto de concesión para la exploración, prospección y explotación petrolífera, cuya localización y extensión es muy concreta.

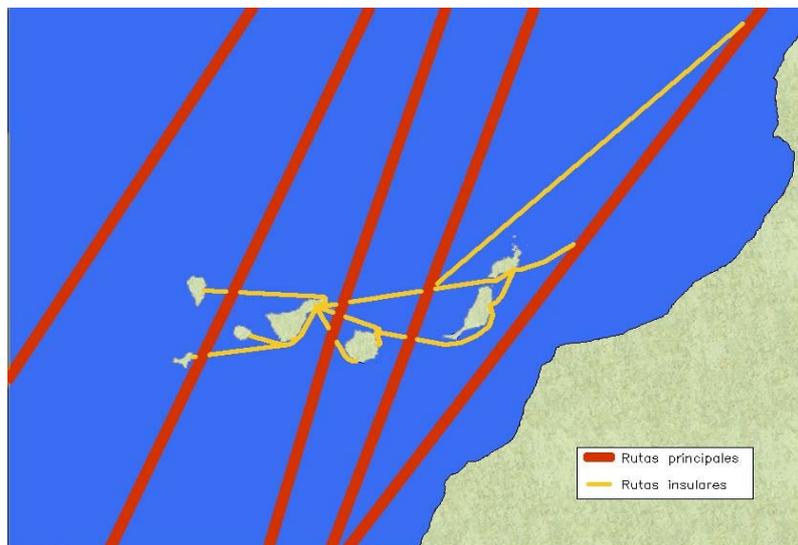
-Buques en rutas :

El archipiélago canario se encuentra situado en una zona surcada por varios corredores marítimos internacionales frecuentados por buques de gran tonelaje que transportan hidrocarburos y una gran variedad de sustancias potencialmente contaminantes.

Los focos móviles de contaminación están representados principalmente por los buques petroleros, quimiqueros y en general por cualquier buque mercante que transporte mercancías potencialmente contaminantes en caso de producirse un derrame accidental de las mismas.

Durante mucho tiempo el lavado de tanques de los petroleros ha sido una de las prácticas más dañinas y que más contaminación por petróleo ha producido. Estos grandes buques hacían el lavado en los viajes de regreso, llenando los tanques con agua del mar que después vertían de nuevo al océano, dejando grandes manchas de

petróleo por todas las rutas marítimas que usaban. En los últimos años una legislación más exigente y un sistema de vigilancia y denuncias más eficiente, han conseguido reducir de forma significativa estas prácticas, aunque, por unos motivos o por otros, los petroleros todavía siguen siendo un importante foco de contaminación.



Imágen III.19 \*Principales corredores marítimos que surcan el archipiélago canario.

Fuente: [http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_03/AN\\_03\\_rev3.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_03/AN_03_rev3.pdf)

#### -Plataformas petrolíferas:

A partir de la información disponible no se ha verificado la existencia de ninguna plataforma petrolífera operativa dentro o en relativa proximidad a la zona de estudio delimitada para el presente análisis del riesgo.

#### -Áreas de prospección petrolífera:

Estas áreas constituyen un riesgo asociado a las propias actividades de prospección petrolífera, puesto que a lo largo de las operaciones de prospección de yacimientos, puesta en explotación de una plataforma de extracción y posterior abandono o desmantelamiento de la misma, pueden producirse escapes de hidrocarburo de importante magnitud.

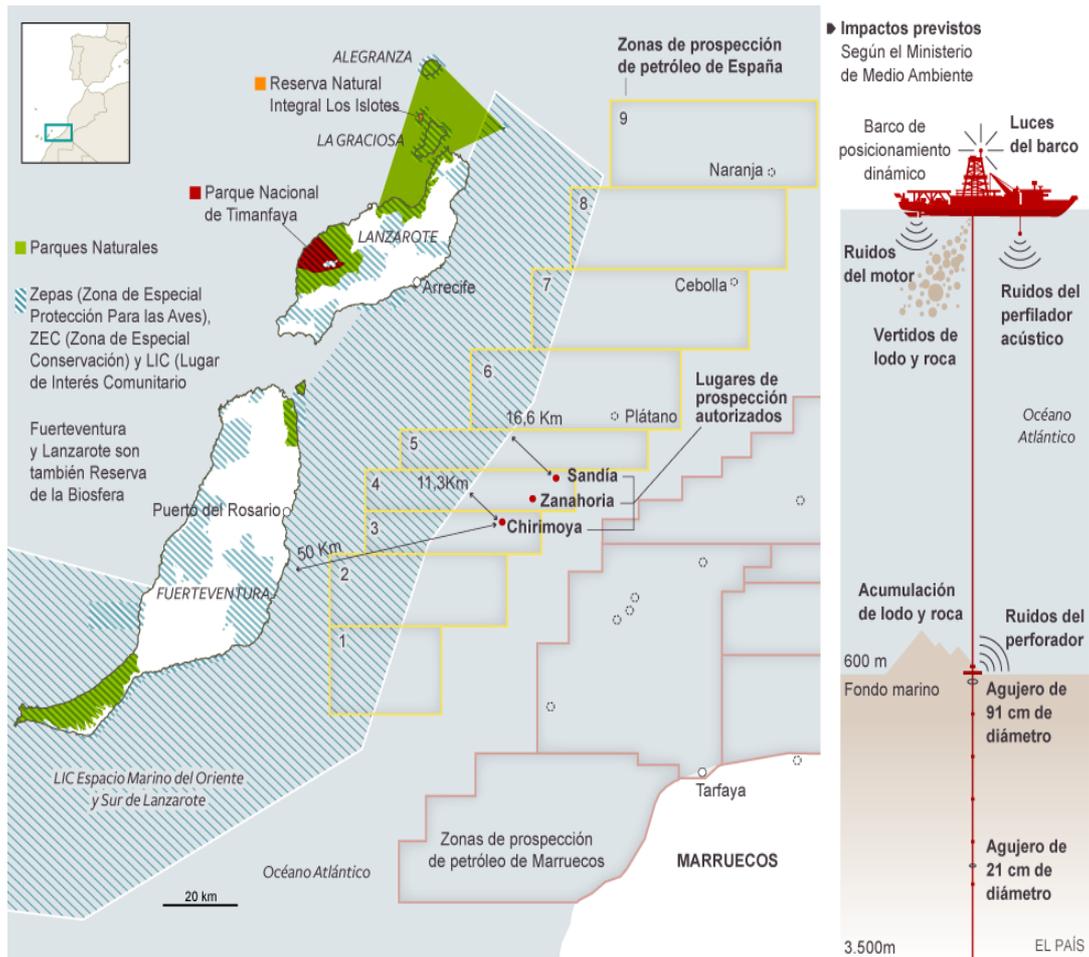
Existen 9 áreas comprendidas dentro de la zona de estudio en las que se ha realizado

una propuesta para la concesión de permisos de exploración y prospección petrolífera a la empresa "REPSOL" Investigaciones Petrolíferas, S.A., en una zona de 6.160 km<sup>2</sup> en la plataforma continental donde se sitúa Lanzarote y Fuerteventura, a una distancia aproximada de 27 Km al este de estas islas.

Según el diario " El País" Repsol contrató el buque "Rowan Renaissance" (tras la autorización del Gobierno de España) , el cual el 14 de noviembre de 2014 llegó a la zona del llamado sondeo "Sandía", al este de las islas, a unos 60 kilómetros de las costas de Lanzarote y Fuerteventura. Este Comenzó a perforar el pozo cuatro días después. El 11 de enero de 2015 se alcanzó el nivel más profundo: 3.093 metros (unos 900 de lámina de agua y otros 2.200 de subsuelo). Mientras se realizaba la perforación, se fueron recogiendo muestras. Tras los análisis, la multinacional decidido no realizará más actividades de investigación en la zona. Es decir, no utilizará las otras dos autorizaciones ministeriales que tiene ("Chirimoya y Zanahoria") para realizar más sondeos debido a que a pesar de haber localizado gas, como metano y hexano, el volumen ni la calidad encontrados serían suficientes para valorar una posible extracción, es decir, que no les saldría rentable.

Una semana después se selló el pozo de "Sandía" y algo el buque "Rowan Renaissance" puso rumbo a Angola para otra campaña de sondeos.

Aunque la compañía descarto la posibilidad de sondear las demás áreas de sondeo el Gobierno de España no le ha anulado las utorizaciones , cosa que el Gobierno de Canarias y los ecologistas estan luchando para que se las anulen.



Imágen III.20 \*Zonas de prospección de autorizadas en Canarias

Fuente: [http://elpais.com/elpais/2014/05/29/media/1401389539\\_927413.html](http://elpais.com/elpais/2014/05/29/media/1401389539_927413.html)

# **Capítulo IV**

## **Planes de contingencias**

## IV.1 Generalidades

Un plan de contingencias es un conjunto de procedimientos establecidos para minimizar las consecuencias de un suceso anormal como puede ser un vertido contaminante. *"Sirve como guía de los pasos que se deben dar durante la respuesta e identifica al personal que participa, sus responsabilidades y funciones"*[12].

Los planes de contingencias tienen que tener en cuenta el comportamiento de los hidrocarburos en el mar y su rápida alteración en el medio, durante la fase previa a la toma de decisiones es necesario disponer, en el menor tiempo posible, de toda la información existente. Para ello es vital reunir toda la información relevante, especialmente aquella concerniente a datos meteorológicos y oceanográficos locales, áreas de especial sensibilidad, inventario de medios disponibles en el área, una agenda de personas y organizaciones involucradas en la respuesta, y definir el organigrama de toma de decisiones en caso de accidente.

Estos planes deben indicar así mismo la estrategia general a seguir en una operación de respuesta y proporcionar todos los procedimientos operacionales, teniendo en cuenta los posibles riesgos y las técnicas de respuesta a dichos riesgos.

También deben tener un plan de prioridades en función del interés de unas zonas u otras, ya que dada la situación de afectación no parece urgente una operación de limpieza en las costas ya afectadas y abandonar otras en riesgo o simplemente las diferentes formas de limpieza que pudieran alargar el desastre si no son las adecuadas al lugar. Esa lista de prioridades debe ser actualizada constantemente ante posibles cambios.

El propósito de los planes es:

- Estructurar las tareas y distribuir los esfuerzos reduciendo la improvisación al mínimo.
- Potenciar los medios de lucha contra la contaminación marina accidental.
- Establecer un marco de colaboración para luchar contra la contaminación marina accidental, respetando los convenios y acuerdos suscritos.
- Facilitar y agilizar la movilización de los recursos disponibles haciendo un uso

racional de ellos.

-Establecer la coordinación adecuada de las operaciones necesarias, con independencia de la titularidad de los medios utilizados.

-Establecer los procedimientos de comunicación entre los organismos implicados.

-Promover la formación oportuna al personal especializado y facilitar la realización de los ejercicios y simulacros mediante planes específicos.

La tendencia general es proponer las metas a alcanzar en términos de nivel de respuesta en los planes. Si estos niveles a conseguir son definidos con precisión, es posible especificar los procedimientos operacionales, la identificación de los medios necesarios o disponibles y el personal que necesita ser entrenado.

Generalmente, los planes de contingencia deben seguir un formato similar y congruente, independientemente de que se trate de un plan local, regional, nacional o internacional, aunque sus contenidos tendrán variaciones en función del área que cubre o el grado de riesgo que prevengan. Por otra parte sus contenidos deben ser fáciles de entender, ser compatibles y asegurar una suave transición desde un nivel al siguiente.

Un plan de contingencia parte de respuestas a pequeños incidentes y de resolución local. Para cuando la incidencia es mayor y alcanza niveles de derrame que se escapan a la acción de los recursos locales, se hacen planes más amplios siempre teniendo en cuenta de menor a mayor. Así, de un plan local pasaremos a uno regional, de este a uno nacional y de este a uno internacional por ello destacamos los diferentes planes de contingencias existentes:

-Plan Interior de Contingencias:

*"Es aquél cuyo ámbito de aplicación se refiere a una determinada instalación mar adentro, puerto o terminal marítimo de carga y/o descarga de productos potencialmente contaminantes"[20].*

En España de acuerdo con lo dispuesto en la Orden de Fomento de 23 de febrero de

2001 y en el Real Decreto 253/2004, en el ámbito portuario, las propias autoridades portuarias y empresas (astilleros de construcción y reparación naval, plataformas petrolíferas, desguaces de buques, instalación de recepción de residuos de hidrocarburos y cualquier otra instalación marítima que manipule hidrocarburos) tienen que elaborar sus propios planes interiores de contingencias y disponer de material de lucha contra la contaminación.

-Plan Territorial de Contingencias:

Es el que se refiere a las medidas de lucha contra la contaminación en el litoral ( en la costa) de una Comunidad Autónoma. En Canarias es el "PECMAR" (Plan Específico de Contaminación Marina Accidental de Canarias).

-Plan Nacional de Contingencias:

Tiene su ámbito de aplicación en el mar Territorial y Zona Económica Exclusiva bajo jurisdicción de la Autoridad Marítima Nacional.

España forma parte de diversos convenios internacionales en materia de seguridad marítima y accidentes de contaminación marina, siendo uno de los más relevantes el "Convenio Internacional sobre Cooperación, Preparación y Lucha contra la Contaminación por Hidrocarburos" (convenio OPRC), auspiciado por la OMI (Organización Marítima Internacional). La aplicación de las bases de este convenio permitió la elaboración del "Plan Nacional de Contingencias", que fue aprobado por Orden Ministerial de Fomento de 23 de febrero de 2001. En este plan se dispone la organización de los recursos humanos y materiales para dar respuesta a un suceso de contaminación marina además de las recomendaciones a las Comunidades Autónomas y otras entidades para la realización de sus respectivos planes de contingencias.

El plan nacional será activado por la Capitanía Marítima de la zona donde haya acontecido el suceso o la Autoridad Marítima Nacional, a través de los "Centros de Coordinación Regional de Salvamento Marítimo y Lucha contra la Contaminación" (CRCS-LCC) de la Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima, de acuerdo con los procedimientos operativos establecidos.

-Plan Internacional de Contingencias:

Se aplica cuando la contaminación puede afectar a dos o más países próximos.

Este plan debe establecer un marco para cooperar dos o más gobiernos con la siguiente intención:

-Intercambio de información mediante el "POLREP" (Sistema de Notificación de Contaminación) el cual tiene como objetivo intercambiar información cuando haya ocurrido o exista la amenaza de que se produzca una derrame de hidrocarburos.

Este está dividido en tres partes:

1) POLWARN: avisa del alcance o amenaza de contaminación.

2) POLINF: da una notificación suplementaria detallada, así como notificaciones de situación.

3) POLFAC: trata de peticiones de servicios o recursos contra la contaminación, así como de asunto de carácter operacional.

-Uso de medios marítimos y aéreos.

-Papel del Estado que sufre el percance.

-Clarificación del mando de las operaciones.

-Señalar las zonas costeras y marítimas prioritarias.

-Acuerdos para el uso de áreas territoriales por buque y aeronaves.

Prácticas para evaluar la efectividad del plan.

Es la OMI quien tiene un equipo asesor para los Estados y evalúa la necesidad de intervención y medidas.

También hay que mencionar el "Plan de Emergencias a bordo" para los casos de contaminación por hidrocarburos que deberá llevar a bordo todo petrolero de arqueo bruto igual o superior a 150 toneladas, así como todo aquel barco que sin tener la especificación de petrolero tenga un arqueo bruto igual o superior a 400 toneladas.

Este plan se ajusta a las Directrices del Comité del Medio Marino las cuales tienen que cumplir lo prescritos en la regla 26 del Anexo I y en la regla 16 del Anexo II del

"Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973, modificado por el Protocolo de 1978" (MARPOL 73/78).

El plan deberá ser redactado en el idioma de trabajo del capitán del navío y los oficiales. Si cambian el capitán o los oficiales y ello supone un cambio del idioma de trabajo o de los idiomas que comprenden, será necesario hacer una versión del plan en el nuevo o los nuevos idiomas.

Este plan deberá incluir como mínimo:

-El procedimiento que deben seguir el capitán u otras personas al mando del buque para notificar un suceso que entrañe contaminación por hidrocarburos o por sustancias nocivas líquidas, de conformidad con lo prescrito en el artículo 8 y en el -Protocolo I del Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973, modificado por el Protocolo de 1978 (MARPOL 73/78), basado en las Directrices elaboradas por la Organización.

-La lista de las autoridades o las personas a quienes debe darse aviso en caso de suceso que entrañe contaminación por hidrocarburos o por sustancias nocivas líquidas.

-Una descripción detallada de las medidas que deben adoptar inmediatamente las personas a bordo para reducir o contener la descarga de hidrocarburos o de sustancias nocivas líquidas resultante del suceso.

-Los procedimientos y el punto de contacto a bordo para coordinar con las autoridades nacionales y locales las medidas de lucha contra la contaminación por hidrocarburos o sustancias nocivas líquidas que se tomen a bordo.

COD	INFORMACIÓN REQUERIDA	OBSERVACIONES	COD	INFORMACIÓN REQUERIDA	OBSERVACIONES
AA	Nombre del buque, distintivo de llamada, bandera		SS	Condiciones meteorológicas reinantes:	
BB	Día y Hora UTC del suceso D D H H M M			Viento: Dirección   Velocidad   Grados / nudos	
CC	LATTITUD G G H H N S	Tanto CC como DD son formas válidas para dar la situación del buque	Mar: Dirección   Altura   Grados / metros		
	LONGITUD G G G M M E W				
DD	Demora verdadera y distancia de una marca de tierra G G G milas		TT	Identificación del Armador, Consignatario:	
EE	Rumbo G G G		UU	Tipo y dimensiones del buque:	
FF	Velocidad en nudos y décimas N N d			Estora   Manga   Calado   Tipo	
GG	Puerto de procedencia (nombre y país)			TRB   TRN   TPM	
II	Puerto de destino (nombre y país)		<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>		
LL	ETA D D H H M M		XX	Otras informaciones sobre el suceso:	
MM	Derrota proyectada G G G			- Necesidad asistencia externa:	
NN	Estaciones de radio escuchadas, frecuencias, números del buque de fax, satélite o teléfono celular			- Nº de tripulantes y detalles de algún herido:	
PP	Fecha y hora UTC de la próxima comunicación D D H H M M			- Detalles del Club P&I y representante local:	
QQ	Clase y cantidad de carga/bunker a bordo	En TM o en M <sup>3</sup>		- Otros:	
RR	Resumen de los defectos/deficiencias/daños				
	Resumen descriptivo de la contaminación:	Contaminación producida, derramada al mar, extensión de la contaminación y situación geográfica de la mancha			
	Cantidad estimada perdida				
	Número UN/IMDG				
¿Sigue derramando todavía?	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>				

Imágen IV.1 \* Formato sobre notificación de un derrame desde un buque.

Fuente: <https://ingenieromarino.wordpress.com/2014/02/26/18-s-o-p-e-p-shipboard-oil-pollution-emergency-plan/>

## IV.2 Criterios para la activación de un Plan de Contingencias.

-Derrame al mar de productos contaminantes desde un puerto, una instalación costera o interior sin que esté implicado un buque:

En este caso se activará en primer lugar el Plan Interior de Contingencias y si la magnitud del derrame es tal que los medios adscritos al mismo son insuficientes, se habrá de activar el Plan Territorial de Contingencias actuando, en función del nivel

de gravedad definido en el propio Plan, la Administración correspondiente. El Plan Nacional y los medios adscritos a él se activarán únicamente a petición del Órgano competente de la Comunidad Autónoma, actuando en apoyo del Plan Territorial activado.

-Derrame al mar de productos contaminantes desde una instalación costera en el que esté implicado un buque:

Como en el caso anterior, *"en primer lugar se activarán los medios correspondientes al Plan Interior de Contingencias"*[21] y si la magnitud del derrame es tal que los medios adscritos al mismo son insuficientes, se habrá de activar el Plan Nacional. En el caso de que se vea amenazada la costa próxima se habrá de activar el Plan Territorial, actuándose según lo descrito en el mismo y en función del nivel de gravedad.

-Derrame al mar de productos contaminantes desde un buque accidentado en la costa:

Se activarán el Plan Nacional y el Plan Territorial. Los medios aportados por el Plan Nacional actuarán en apoyo de este último, ateniéndose a lo descrito en el mismo.

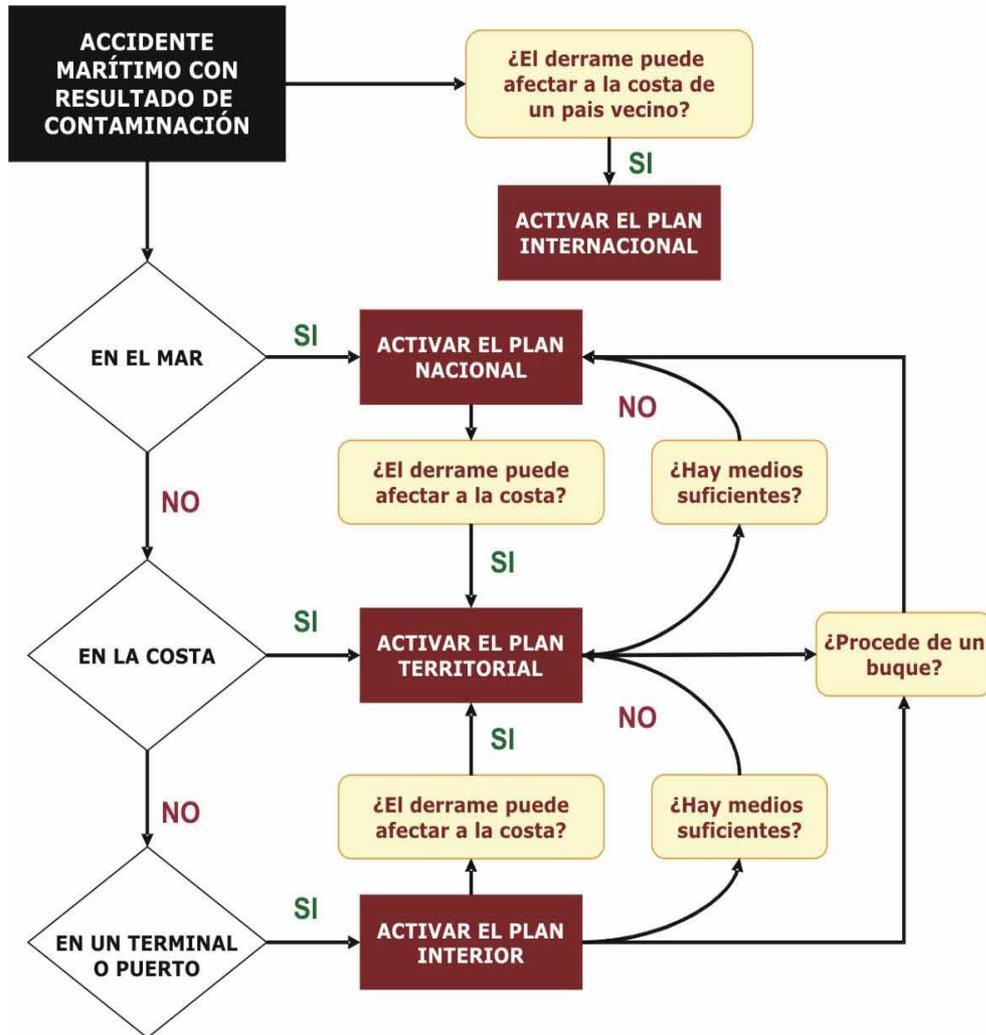
-Derrame en el mar de productos contaminantes desde un buque accidentado en aguas jurisdiccionales españolas:

En este caso se activará en primer lugar el Plan Nacional y si existiese riesgo de que la contaminación llegue a la costa se activarán los planes Territoriales de Contingencias correspondientes a la zona previsiblemente afectada.

-Derrame en el mar de productos contaminantes desde una Terminal de carga y/o descarga situada en aguas jurisdiccionales españolas:

En primer lugar se activará el Plan Interior y si la magnitud del derrame desborda la capacidad de respuesta de los medios disponibles en la instalación, se activará el Plan Nacional. Como en el caso anterior, si existe riesgo de que la contaminación llegue a la costa se activarán los planes Territoriales de Contingencias correspondientes a la

zona previsiblemente afectada.



Imágen IV.2 \* Criterios para la activación de los planes de contingencias.

Fuente: [http://www.cetmar.org/documentacion/lucha\\_contaminacion\\_espana.htm](http://www.cetmar.org/documentacion/lucha_contaminacion_espana.htm)

### IV.3 Estructura de un Plan de Contingencias

Los planes de contingencias están constituidos básicamente por el sector estratégico, que se encarga de explicar las estrategias generales a seguir cuando se produce la crisis y el sector operativo, que detalla las actuaciones a seguir una vez ocurrido el vertido.

En el **Sector Estratégico** se *"define la política, razones y las responsabilidades de la parte operativa del plan"*[12].

En esta parte encontraremos los siguientes puntos:

**-Introducción:**

Se señala al responsable del plan explicando sus obligaciones. También se fijará con exactitud el área geográfica a cubrir en el proyecto, así como los diversos planes que se podrán activar dentro de dicha área.

**-Evaluación de Riesgo:**

Estudios de los riesgos predominantes en la zona que cubre el plan, para lo cual se deberán tener en cuenta las repeticiones y las magnitudes de los vertidos que se puedan ocasionar teniendo como referencia los archivos históricos analizando la actividad petrolera existente en el área.

**-Prioridades de protección:**

En este sector se establecen las áreas ecológicamente sensibles, refugios de aves y mamíferos marinos, zonas de pesca y acuicultivos, zonas de recreo y/o todas aquellas zonas dignas de ser protegidas. Para tomar este tipo de información se utilizarán los "mapas de sensibilidad ambiental". Una vez las zonas vulnerables hayan sido identificadas, se decretarán las prioridades de defensa de dichas áreas. Se deberán tener en cuenta las variaciones estacionales del año, ya que podrán ser las causantes de cambios de prioridades de protección.

**-Estrategias de respuesta:**

Para establecer las estrategias de respuesta se estará condicionado ante la evaluación del riesgo al que vamos a hacer frente en un supuesto derrame y las preferencias de protección que se vayan a establecer. Se deberá tener en cuenta los bienes en peligros y la probabilidad de éxito mediante las medidas catalogadas en el plan. Será de suma importancia que los métodos de selección de las tácticas de respuesta estén

explicadas con claridad.

-Los distintos tipos de respuesta podrían ser:

No actuar:

Sólo vigilar y evaluar la evolución del derrame. Este tipo de respuesta permite que el derrame se elimine y se degrade de forma natural siendo en determinados casos la forma más ecológica y económica de actuar. Esta medida es tomada cuando se estima que el vertido no se dirige a la costa, no amenaza ningún bien, el vertido se dispersa naturalmente o si las condiciones meteorológicas no permiten la práctica de la recogida de los hidrocarburos.

No es el caso de los entornos portuarios, en los que sí es necesario actuar y en los que así se recomienda.

Contención y recuperación de los hidrocarburos en la mar:

Retención del derrame mediante barreras contenedoras y posterior recuperación del vertido en la superficie.

Dispersión química de los hidrocarburos en la mar:

Desvanecer los hidrocarburos por medio de productos químicos lanzados desde embarcaciones, helicópteros o aviones.

Incineración de hidrocarburos en la mar:

Quema del vertido en la mar.

Limpieza de la costa:

Si el crudo llega a la costa, la única elección posible será la limpieza de la misma.

Equipos:

Se identificarán los equipos idóneos para las diferentes zonas, variedad del crudo, así como las condiciones meteorológicas. Se detallarán los diferentes tipos de costa

existentes en la zona con el fin de sopesar el tipo de limpieza más adecuado pensando en la accesibilidad al lugar, sabiendo que hay que trasladar a dichas zonas equipos de gran porte.

**-Suministro y Mano de obra.**

Se trata esta vez de realizar una estimación concreta que será necesaria para cada tipo de riesgo señalado en el plan. También se hará constar los medios de movilización del personal, puntos de reunión, aumento de recursos humanos, etc.

**-Control y Comunicación:**

Definición clara de la línea de mando y responsabilidad y las técnicas de conexión con organismos que aunque en una primera instancia no estén involucrados en las operaciones de manejo del vertido, puedan entrar en acción en facetas siguientes al mismo.

También se registrará mediante documentos claros de los medios empleados tanto materiales como humanos utilizados en las distintas operaciones durante el derrame. Por último, se deberán establecer puestos centralizados de comunicación así como protocolos adecuados para dar debida información a los medios de comunicación de la catástrofe así como las actuaciones emprendidas.

**-Ejercicios de adiestramiento:**

En el plan deberá estar recogido en qué momento y de qué manera se realizarán ejercicios de adiestramiento del personal involucrado en el dispositivo de actuación. Se asegurará la realización de ejercicios prácticos regulares al objeto de que los integrantes de los "Grupos de Respuesta" estén familiarizados con el manejo de los equipos y de las técnicas de lucha contra la contaminación. También es necesario que los miembros directivos y coordinadores del Plan efectúen ejercicios teóricos y prácticos periódicos, con el fin de familiarizarse con las distintas situaciones que pueden plantearse.

**-Actualización del plan:**

Después de producirse un derrame real se pueden sacar muchas conclusiones acerca de los errores del plan así como aquellos puntos mejorables en cuanto a la actuación. Estas correcciones deberán ser realizadas en un tiempo prudencial, con el fin de tener los datos del suceso sean recientes y no pasen al olvido general.

En el **Sector Operativo** del Plan se dictan los procedimientos adecuados para combatir un derrame. A continuación se mencionarán algunas fases del mismo:

-Alerta o notificación preliminar:

La información en un primer momento puede llegar de diferentes fuentes, aunque suelen ser los cuerpos de emergencias y las fuerzas y cuerpos de seguridad del Estado los primeros en dar el aviso.

Será el organismo al frente del plan de contingencia el que tendrá la obligación de comunicar el suceso a aquellas partes involucradas en el derrame de hidrocarburos a través de un sistema de alerta previamente establecido para ello.

En el plan deberá estar debidamente reflejado el formato de alarma, conteniendo al menos la siguiente información:

-Fecha y hora de la observación.

-Ubicación del derrame.

-Fuente y causa.

-Cantidad estimada de petróleo derramado y probabilidad de ocurrencia de más derrames.

-Descripción del derrame, aportando datos como largo y ancha de la mancha y apariencia del líquido.

-Acción preferente para iniciar la respuesta.

-Identificación de la persona alertante así como medio de contacto con el mismo (teléfono).

Para transmitir el informe del siniestro se deberán realizar tras la consecución de los

tres primeros puntos del formulario con el fin de acelerar el proceso de respuesta. Las siguientes cuestiones se irán informando mediante se vayan obteniendo.

-Evaluación del peligro:

En cuanto se tenga la información necesaria en cuanto a la extensión, deriva y volumen de la mancha de hidrocarburo, se procederá a la evaluación del riesgo con el fin de tomar las medidas necesarias para minimizar los posibles efectos devastadores del derrame.

Se deberán evaluar los siguientes factores del derrame:

-Origen del derrame, con el fin de evaluar otros posibles vertidos. Ejemplo (choque de buques).

-Magnitud del derrame.

-Composición del hidrocarburo, con el fin de averiguar sus composiciones físicas y químicas.

-Condiciones meteorológicas en la zona y la previsión para las siguientes 72 horas. (viento, estado de la mar, temperatura de la mar, régimen de mareas y corrientes predominantes).

-Deriva del derrame.

-Zonas y bienes en peligro: zonas sensibles y de especial protección, flora y fauna, intereses pesqueros, playas, plantas desalinadoras.

Intereses tanto turísticos como comerciales: puertos e instalaciones náuticas deportivas.

-Actividades de respuesta:

En los planes de contingencias deberán estar establecidas diferentes alternativas para dar respuesta a los posibles tipos de accidentes, como pueden ser:

La NO activación del plan en el caso de que no hubiesen bienes claves amenazados por el derrame.

En el caso de que SI hubiera amenaza activar aquellas medidas de contención más

apropiadas al tipo de derrame con el fin de contenerlo rápidamente.

En caso de no poder proteger los bienes o si éstos ya han sido dañados por el vertido, optar por las mejores operaciones de limpieza. Tener cuantificado el personal necesario para realizar las operaciones de los puntos anteriores, decretando la disponibilidad y localización de los mismos.

-Operaciones de limpieza:

En los planes de contingencias se deberán establecer las diferentes técnicas para:

Realizar las movilizaciones de aquellos equipos necesarios a los lugares de los vertidos con sus dotaciones de personal correspondientes.

Despliegue de los equipos de trabajo en mar y en las costas afectadas en función a las decisiones tomadas en cuanto a la respuesta al tipo de vertido.

Instalación de barreras en lugares estratégicos con el fin de dar protección a bienes claves.

Decretar todas aquellas exigencias logísticas para todas las operaciones a realizar.

Controlar las operaciones de limpieza en la mar mediante medios aéreos y mantener una completa vigilancia del vertido en mar y costa.

En definitiva para el logro de los objetivos los planes de contingencia deben contener:

-Política y responsabilidad para la ejecución del Plan Estimación de riesgos de derrames.

-Planificación y organización de la respuesta:

-Establecimiento de un servicio de vigilancia aérea para verificar las predicciones y obtener información complementaria.

-Determinación de la posible trayectoria de la contaminación mediante la utilización de los programas informáticos de predicción disponibles.

-Establecer los sistemas de comunicaciones entre los Grupos de Respuesta y el Centro de Operaciones, así como de éste con la Dirección de las Operaciones.

-Determinación de áreas a proteger:

Si existen o no zonas sensibles o recursos importantes amenazados por la contaminación.

Si es más aconsejable combatir la contaminación en alta mar o esperar a que se aproxime a la costa.

-Cuáles son las características del producto derramado y su efecto sobre el ecosistema.

-Cuál es el resultado de las acciones emprendidas hasta el momento

-Niveles de respuesta de acuerdo al tipo de emergencia:

Sistemas más adecuados de protección.

-Coordinación con otros organismos y/o empresas:

Armada Española, del Ministerio de Defensa.

Servicio Aéreo de Rescate (SAR), Ejército del Aire, Ministerio de Defensa.

Servicio Aéreo, Marítimo y de Protección de la Naturaleza de la Dirección General de la Guardia Civil, Ministerio del Interior.

Servicio de Vigilancia Aduanera de la Agencia Tributaria, Ministerio de Hacienda.

Cruz Roja del Mar.

-Posibilidad de pedir ayuda regional o internacional.

-Capacitación del personal y realización de ejercicios con el fin de familiarizarse con las distintas situaciones que pueden plantearse:

Al comienzo de cada año se hará una programación de los ejercicios a desarrollar en los siguientes doce meses, dependiendo de las incidencias que surjan en la puesta en marcha de los planes, se ajustará la periodicidad de las pruebas, reforzando aquellos ejercicios en los que la experiencia previa demuestre que la probabilidad de cometer fallos aumenta.

Como mínimo se realizará un simulacro al año y se intentará que, como máximo cada tres años, se efectúe un simulacro en condiciones de dificultad añadida

(simulacro nocturno, con condiciones meteorológicas adversas, etc). Se procurará asimismo que los simulacros sean realizados durante estaciones climáticas distintas.

-Mantenimiento de un control y registro diario de todas las operaciones, resultado de las mismas y equipo utilizado.

-Procedimientos para la limpieza, mantenimiento y reparación de los equipos utilizados.

-Previsiones para el levantamiento de las operaciones, una vez finalizadas estas, y regreso del personal y material a sus lugares de origen.

-Revisión y actualización del Plan generalmente en la Dirección General De La Marina Mercante, al menos cada 6 meses haciendose un estudio de los informes de los ejercicios y sucesos reales, con objeto, si fuera necesario, de proponer las modificaciones necesarias al Plan.

#### **IV.4 Plan Específico por Contaminación Marina Accidental de Canarias (PECMAR)**

Debido a que este trabajo se basa en los "Derrames de hidrocarburos en Canarias" y a la importancia de un plan de contingencias contra un derrame de hidrocarburos al mar hay que hacer referencia al "Plan Específico por Contaminación Marina Accidental de Canarias" (PECMAR) como parte importante de este trabajo.

Este plan *"es un Plan Territorial de Contingencias según se establece en el Plan Nacional de Contingencias por Contaminación Marina Accidental"*[2], aprobado por Orden del Ministerio de Fomento de 23 de febrero de 2001, de acuerdo con el artículo 87.3 de la Ley 27/1992, de 24 denoviembre, de Puertos del Estado y de la Marina Mercante.

La aprobación del "PERCMAR" corresponde al Gobierno de Canarias, según los requisitos establecidos por la legislación vigente según el informe previo de los Departamentos correspondientes implicados. Este documento fue aprobado en julio de 2006.

El objetivo principal del "PECMAR" es definir y coordinar la actuación de los diferentes agentes involucrados, tanto de las administraciones públicas como de las instituciones públicas y privadas, para la obtención del máximo rendimiento en el caso de la lucha contra la contaminación marina derivada de un accidente.

La declaración de Canarias como "Zona Marina de Especial Sensibilidad" por el comité de "Protección del Medio Marino" (CPMM) y el subcomité "Seguridad de la Navegación" (NAV) de la Organización Marítima Internacional, refuerza aún más la necesidad de disponer de una herramienta de estas características.

En este Plan se concreta la estructura organizativa y los procedimientos de actuación, los de coordinación con el plan estatal, los sistemas de articulación entre las organizaciones de las administraciones locales, las modalidades de actuación según las topologías contempladas, los procedimientos de información a la población y la catalogación de los medios y recursos específicos que deberán hacer frente a la contaminación marina, así como la zonificación al territorio para plantear una estructura de respuesta más ajustada a las particularidades de cada lugar.

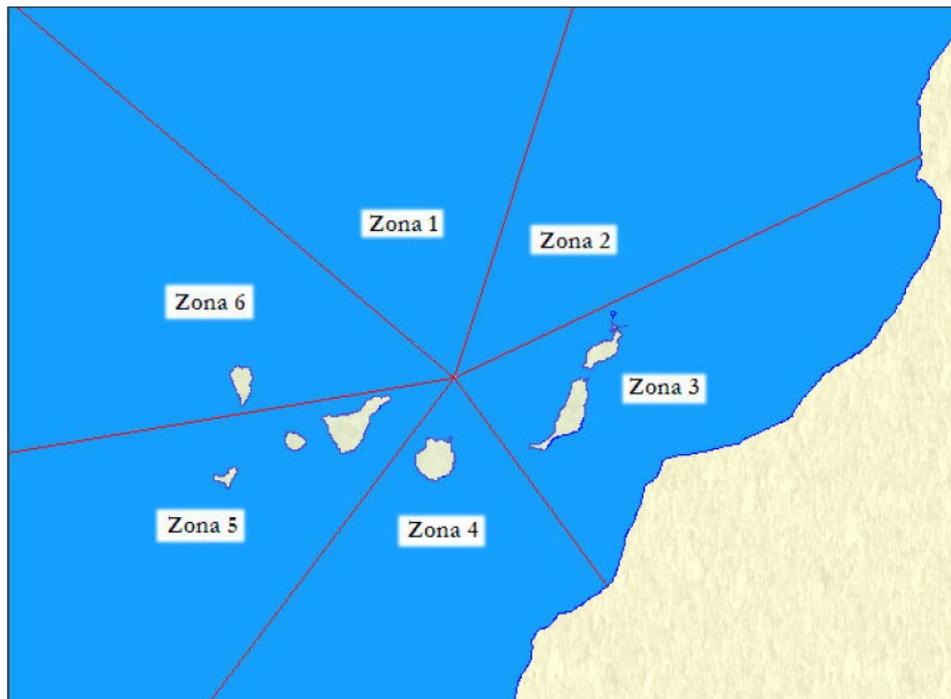
Los accidentes producidos en mar abierto generan derrames potenciales que evolucionan en función de los factores ambientales, principalmente el viento y las corrientes superficiales. El peligro asociado a estos focos contaminantes reside en que los derrames generados en los mismos se aproximen e impacten contra la costa, impulsados por estos factores, puesto que es en el litoral donde las consecuencias de un derrame de hidrocarburos son más graves y difíciles de controlar.

Por esta razón, la forma más adecuada de estimar la peligrosidad asociada a focos marinos es conocer cuáles son las zonas de la costa canaria con mayor probabilidad de ser afectadas por los vertidos producidos en mar abierto. *"Para simular este proceso se ha utilizado el modelo numérico "MANCHA" (Corral y Tomé, 2004)"[2].*

Para analizar el alcance de la contaminación procedente de focos marítimos se han realizado, mediante el modelo desarrollado, una serie de simulaciones para poder diferenciar la trayectoria y destino final de la contaminación en función de cuándo y dónde se sitúa su origen.

Para operar con mayor eficacia se ha dividido Canarias en seis zonas tomando como punto de referencia el Norte de Gran Canaria. En cada una de ellas se han realizado un paquete de simulaciones restringiendo la aleatoriedad de la posición inicial del vertido a cada una de las zonas.

Posteriormente se han analizado las trayectorias seguidas y los puntos de impacto final en la costa.



Imágen IV.3 \* Definición de zonas de estudio para el análisis de deriva de los contaminantes.

Fuente: <http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/PECMARDICIEMBRE2006.pdf>

Del análisis estadístico de los impactos en costa para cada una de las zonas de vertido se extraen las siguientes conclusiones:

El mayor número de impactos en la costa se observa cuando el vertido se produce en la ruta marítima contenida en la Zona 1, y afectan principalmente a la costa norte de Tenerife, afectando prácticamente a todas las islas occidentales y ligeramente a Gran Canaria.

La segunda zona en importancia, por la extensión del alcance de los vertidos que se producen en la misma, es la Zona 2. Esta zona contiene un gran porcentaje de tráfico marítimo procedente del Mediterráneo, y los vertidos asociados a la misma afectarían en gran medida a todas las islas orientales, además de a Tenerife y La Gomera. La concentración máxima de la contaminación se dará en el norte de las islas de Gran Canaria y Lanzarote.

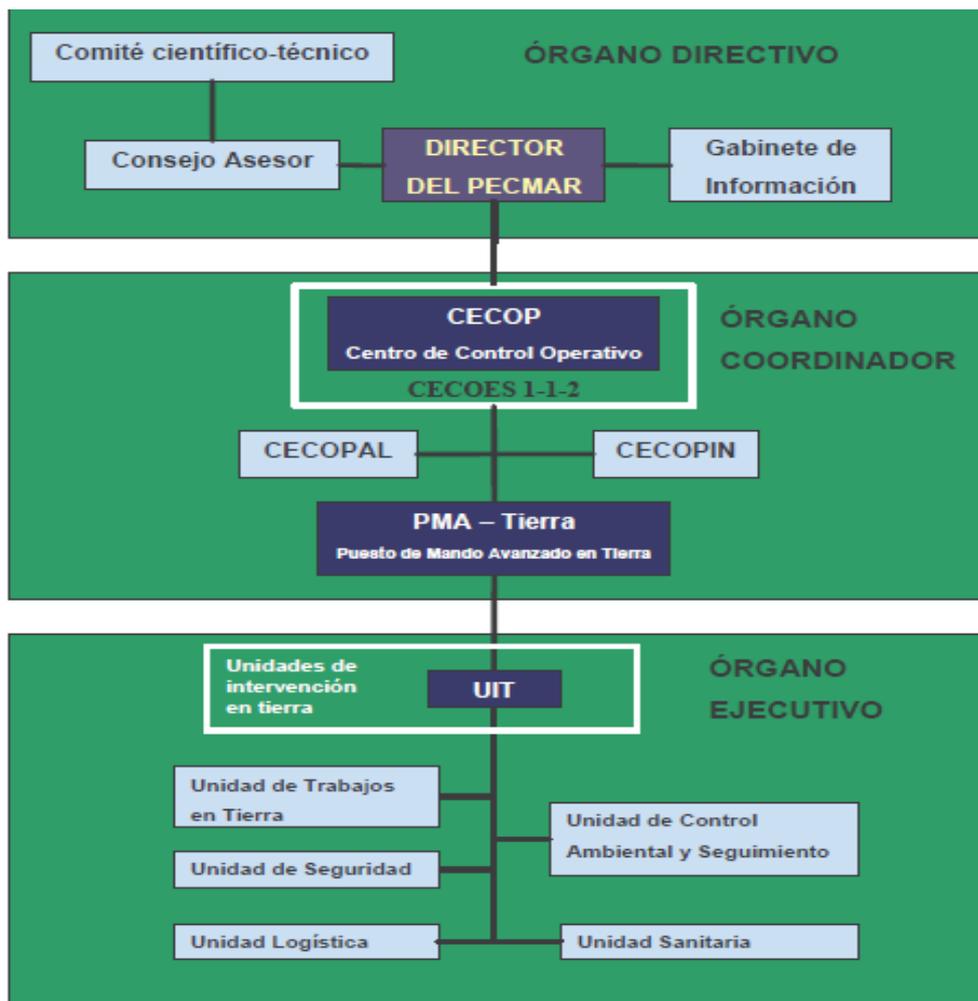
Los vertidos producidos dentro de las zonas 3, 4 y 5 tendrían una menor afección sobre las costas canarias que los producidos en las zonas situadas al norte del archipiélago, puesto que las corrientes generales en esta zona discurren en dirección Norte-Sur. En este caso la mayor parte de la contaminación se desplazaría hacia el sur sin afectar a las islas, sobre todo en el caso de la zona 4.

En cuanto a la afección a la costa de vertidos asociados a las zonas de prospección petrolífera identificadas, la isla más afectada si el derrame se produce en esta área sería Fuerteventura, que en las simulaciones ha recibido más del 50% de los impactos de manchas registrados. El riesgo de afección disminuye en gran medida si la localización inicial del derrame contaminante se sitúa en cualquiera de las otras dos zonas de prospección petrolífera analizadas.

La isla de Lanzarote podría verse afectada por vertidos producidos en cualquiera de las zonas de prospección petrolífera propuestas, puesto que las corrientes marinas dirigen cualquier contaminación situada en el nordeste de esta isla hacia sus costas.

#### **IV.4.1 Organización del PECMAR**

Con respecto a la organización del PECMAR , se estructura de acuerdo al siguiente esquema:



Imágen IV.4\* Estructura organizativa del PECMAR.

Fuente: <http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/PECMARDICIEMBRE2006.pdf>

Según el esquema anterior el PECMAR se divide en tres grupos :

Órgano Directivo: *"formado por el Director del PECMAR el cual es ayudado por un Consejo Asesor"*[2] (ayudado por un Comité científico-técnico) y un Gabinete de información.

Funciones de las diferentes partes del Órgano Directivo:

Director del PECMAR:

- Declarar la activación y desactivación del PECMAR.
- Valorar y decidir en todo momento con la ayuda del Comité Asesor, las actuaciones más adecuadas para afrontar la contingencia y la aplicación de las medidas de protección a la población, al personal adscrito al PECMAR y al medio ambiente.
- ´-Analizar y valorar las situaciones provocadas por la contingencia y toda la información disponible.
- ´-Asegurar el mantenimiento de la operatividad del PECMAR.
- Participar en la evaluación de los resultados de la simulación.

La responsabilidad de Dirección del PECMAR recae en el Consejero de Medio Ambiente y Ordenación Territorial. Si estuviese activado el PECMAR y el Plan Nacional la dirección del PECMAR se establecerá a través de la Consejería de Presidencia y Justicia del Gobierno de Canarias.

Consejo Asesor:

- Informar, proponer, definir y asesorar al director del PECMAR sobre las mejores soluciones a los problemas que se vayan planteando durante la evolución e la contingencia.
- Analizar y valorar la situación de la contingencia.

El Consejo Asesor esta formado por profesionales y técnicos con experiencia como por ejemplo :

- Un representante de protección civil del municipio o cabildo
- Un representante de la Viceconsejería de Pesca.
- Un representante de la Viceconsejería de Medio Ambiente.
- Un representante de la Delegación del Gobierno en Canarias.

Comité Científico-Técnico:

Asesorar técnicamente al Director del PECMAR.

Vigilar la contaminación y predecir la evolución de la misma.

Proponer al consejo asesor las mejores técnicas de lucha contra la contaminación a partir de la experiencia en casos similares.

El Comité Científico-Técnico esta formado por:

- Especialistas de las universidades .
- Representantes del Intituto Nacional de Meteorología.
- Representantes de compañías técnicas y de producción de productos de lucha contra la contaminación marina .
- Etc..

Gabinete de información:

- Informar sobre la contingencia a los organismos y a los medios de comunicación social.

El Gabinete de información es designado por el Director del PECMAR.

Órgano Coordinador: formado por el Centro de Control Operativo (CECOP) y el Puesto de Mando Avanzado (PMA) establecido en la costa.

Funciones de las diferentes partes del Órgano Coordinador:

Centro de Control Operativo (CECOP):

- Desarrolla y coordina todas las acciones tendentes a resolver las contingencia declarada.
- Pone en práctica y garantiza las directrices emanadas del Director del PECMAR , y su seguimiento.

El Centro de Control Operativo esta dirigido por el Coordinador de Operaciones. Este será el que corresponda según los Centros de coordinación activados y estará definido en los PAM ( Plan de Actuación Municipal) y PEIN (Plan de Emergencia Insular).

Puesto de Mando Avanzado (PMA):

- Establecer las comunicaciones con CECOPAL, CECOPIN o CECEOP según la contingencia.
- Coordinación de operaciones tierra/mar.
- Análisis y seguimiento de la contingencia.
- Organizar los trabajos de contención y descontaminación en tierra.

El PMA está formado por:

- Coordinador del PMA : Responsable de las UIT (Unidades de Intervención de Tierra) en la zona afectada y de la ubicación del PMA.
- El Coordinador del PMA sino está establecido en los Planes de Emergencias Insulares en su defecto será el responsable de Seguridad y Emergencias del Cabildo.
- Coordinador sanitario.
- Coordinador de seguridad.
- Coordinador logístico.
- Coordinador medioambiente.

El PMA se colocará en la zona costera más cercana al foco de la contingencia desde la que sea posible una buena coordinación de comunicaciones y transporte.

Órgano Ejecutivo: formado por las Unidades de Intervención en Tierra (UIT).

Funciones de las diferentes Unidades de Intervención en Tierra (UIT):

Unidad de Trabajos en Tierra:

- Combatir el siniestro desde tierra salvando la flora y fauna afectada.
- Recoger y almacenar temporalmente los residuos sólidos y líquidos del siniestro.
- Informar periódicamente al PMA de la evolución de la situación.

Esta unidad esta formada por :

- Bomberos

- DGSE ( GIE-Grupo de Intervención de Emergencias de Canarias)
- Voluntarios con la formación adecuada.
- Brigadas municipales.

Unidad de control ambiental y seguimiento:

- Evaluar la expansión y repercusión del accidente en el medio ambiente.
- Elaborar y ejecutar los planes de protección del ecosistema.
- Localizar y acondicionar áreas de almacenaje temporal de los residuos recuperados en las tareas de limpieza.
- Hacer recomendaciones y seguimiento de las labores de rehabilitación de la zona.
- Establecer un centro de recogida y rehabilitación de fauna afectada.

Esta unidad está formada por:

- Viceconsejería de Medio Ambiente de Canarias.
- Agencia del medio Urbano y Natural.
- Dirección General de Costas de Canarias.
- Instituto Meteorológico.
- Especialistas en rehabilitación de fauna afectada.
- Laboratorios y analistas del grado de contaminación.

Unidad de seguridad:

- Asegurar la seguridad de las demás unidades de intervención, de la población en la zona afectada por el siniestro y de los bienes de ambos.
- Organizar y ejecutar la evacuación de la población.
- Organizar el tráfico.
- En caso de que la contaminación tenga origen en tierra, investigar las causas y circunstancias que la han producido.
- Dar apoyo a la unidad de evaluación y seguimiento en el mar, en las tareas de vigilancia y velar por el cumplimiento de las restricciones de pesca establecidas en la zona contaminada.

Esta unidad esta formada por:

- Policía local.
- Policía portuaria de Puertos de Canarias.
- Agencias de seguridad por contrato.

Unidad de logística:

- Dar soporte a todos los grupos que actúan en tierra y proveer de los recursos materiales necesario para la gestión de la conntingencia.
- Garantizar las comunicaciones entre los centros operativos.
- Asegurar el suministro de alimentos y servicios básicos para las unidades de intervención acondicionando el equipamiento del personal.
- Facilitar los medios de transporte para llevar los residuos a los puntos de tratamiento o almacenaje.
- Suministrar los equipos de protección individual y herramientas, de las unidades que no los tengan.
- Proveer los medios necesarios para establecer la normalidad una vez acabada la emergecia.

Esta unidad esta formada por:

- Dirección General de Seguridad y Emergencias del Gobierno de Canarias.
- Servicios logísticos de las administraciones local, insular y autonómica.
- Cruz roja (servicio de abastecimiento) y/o voluntarios de otras organizaciones o entidades.

Unidad sanitaria:

- Atención médica a los afectados.
- Establecer un área sanitaria en zona adecuada.
- Recoger toda la información posible sobre el estado sanitario de la contingencia.

Esta unidad esta formada por:

- Servicio de Emergencias del SUC.

- Cruz roja.
- Servicios y elementos sanitarios municipales.
- Hospitales insulares.
- Hospitales de referencia y especialistas.
- Compañías de transporte aéreo sanitario.

#### **IV.4.2 Fases y situaciones de emergencia del PECMAR**

Como parte esencial del PECMAR hay que hacer referencia a las fases y situaciones de emergencias las cuales deben ser activadas lo antes posible, dependiendo del suceso, para que el PECMAR tenga una eficiencia aceptable.

Estas dependiendo de la naturaleza o gravedad del siniestro dan lugar a diferentes fases de emergencias (estado de gravedad) caracterizadas cada una por una situación de emergencia (nivel de alerta).

FASE	SITUACIÓN	SUCESO	ACTUACIONES
Vigilancia	Normalidad	No se ha producido ningún suceso que haga temer una contaminación marina	Se mantiene el dispositivo de vigilancia
Preemergencia	Prealerta	Sucesos específicos: varamientos de cetáceos o bidones con carga química	Activación de protocolos específicos
		Accidente marítimo en el mar sin que se produzca un derrame contaminante	Aviso de prealerta, alerta y alerta máxima: activación preventiva de protocolos de notificación y seguimiento
	Alerta máxima	Fuga contaminante en tierra que pueda alcanzar barrancos o sistemas de saneamiento que lo conduzcan al mar	
Emergencia	Emergencia I	Contaminación leve en mar abierto, a cierta distancia de la costa	Activación operativa del PECMAR
	Emergencia II	Contaminación moderada afectando a una zona localizada y puntual de la costa	
	Emergencia III	Contaminación grave afección generalizada a un tramo extenso de la costa	
	Alarma	Medios de actuación desbordados	Activación adicional del Plan de Emergencias de ámbito superior
Post-emergencia	Fin de la emergencia	Situación controlada	Desactivación de los Planes activados y retirada de efectivos

Imágen IV.5 \* Descripción de Fases y Situaciones de Emergencias del PECMAR por contaminación marina.

Fuente: <http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/PECMARDICIEMBRE2006.pdf>

Aunque el PECMAR generalmente se establece a nivel autonómico, también actuará dependiendo del ámbito y de la cantidad de contaminante según la siguiente imagen:

NIVEL	PLAN ACTIVO	CENTRO DE COORDINACIÓN	DIRECTOR
Municipal	PAM	CECOPAL	Alcalde
Insular	PAIN	CECOPIN	Presidente del Cabildo
Autonómico	PECMAR	CECOP	Consejero de Medio Ambiente y Ordenación Territorial
Nacional	PECMAR Plan Nacional	CECOP CECOMAR	Ministerio del Interior

Imágen IV.6 \* Niveles de actuación según el ámbito y la cantidad de contaminante vertido al mar.

Fuente: <http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/PECMARDICIEMBRE2006.pdf>

La notificación del accidente para luego activar el PECMAR tendrá un protocolo. "El aviso inicial debe pasar en primer lugar por la Autoridad Portuaria, en segundo lugar por SASEMAR, y en tercer lugar por el "Centro Coordinador de Emergencias y Seguridad del Gobierno de Canarias" (CECOES).

A continuación se presenta la cadena a seguir desde el aviso inicial hasta el fin de la emergencia:

NOTIFICACIÓN DEL ACCIDENTE ⇒ Avisos iniciales ⇒ Protocolos de Notificación ⇒ Aviso de Pre-alerta ⇒ Activación de Protocolos Específicos ⇒ ACTIVACIÓN DEL PECMAR e INTERVENCIÓN ⇒ Activación en Alerta ⇒ Activación en Emergencia ⇒ Detección, Seguimiento y Modelización de Manchas Contaminantes ⇒ EVOLUCIÓN ⇒ FIN DE LA EMERGENCIA (es declarada la situación de fin de emergencia en caso de eliminar todo el contaminante, o en caso de que la situación esté controlada).

Imágen IV.7 \* Pautas a seguir desde el aviso inicial hasta el fin de la emergencia.

Fuente: <http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/PECMARDICIEMBRE2006.pdf>

**El plan de autoprotección de puerto** viene a decir lo siguiente:

*"Los puertos por su condición son sensibles a cualquier contaminación de las aguas interiores y exteriores cercanas al puerto"[2].* Los puertos de Canarias y sus planes interiores de contingencias de derrames deben estar establecidos según el PECMAR, el Plan de Actuación Municipal para Contaminación Marina y el Plan de Actuación Insular para Contaminación Marina del municipio y de la isla afectada por un derrame de hidrocarburo.

Se completa el PECMAR con la relación de equipamientos y medios propios o adscritos así como del proceso de implantación, difusión, formación y comunicación a la población.

#### **IV.4.3 Zona Marítima de Especial Sensibilidad en Canarias**

*"Una Zona Marina Especialmente Sensible (ZMES) ha sido definida en los tratados internacionales como aquella que debe ser objeto de protección especial en atención a su importancia por motivos ecológicos, socioeconómicos o científicos reconocidos, y también en atención al riesgo de que su medio ambiente pueda sufrir daños como consecuencia de las actividades marítimas"[22].* De acuerdo con el derecho internacional, el organismo competente para designar un espacio marino como Zona Marina Especialmente Sensible y adoptar las correspondientes medidas de protección, es la Organización Marítima Internacional (OMI), agencia especializada de Naciones Unidas en asuntos marítimos. Así pues, cuando un Estado Miembro de la OMI, desee que se designe una Zona Marina Especialmente Sensible, deberá solicitarlo a dicha Organización a través de su Comité de Protección del Medio Marino.

Para merecer esta calificación, la zona de que se trate deberá satisfacer determinados criterios de tipo ecológico (singularidad o rareza, hábitats críticos, diversidad, productividad, zonas de desove o reproducción, vulnerabilidad, etc.), socioeconómicos y culturales (beneficios económicos por el aprovechamiento de los recursos marinos vivos, especial interés para las actividades recreativas y el turismo,

etc.), científicos y pedagógicos (gran interés científico de la zona, etc.). Asimismo, deberá considerarse que las actividades marítimas internacionales presentan riesgos para ella. Antes de calificar una zona marítima como ZMES hay que considerar las características del tráfico marítimo tipos de buques que la atraviesan, volumen o concentración del tráfico, sustancias perjudiciales transportadas, etc., así como determinados factores naturales hidrográficos, meteorológicos y oceanográficos.

La calificación de un área marítima como Zona Marina Especialmente Sensible llevará consigo la implantación de medidas de protección, entre las que pueden considerarse la adopción de sistemas de notificación para buques y de organización del tráfico marítimo, sistemas de practica obligatorio, o de separación o regulación del tráfico marítimo, la determinación de zonas a evitar y otras que, una vez aprobadas y adoptadas por la OMI e implantadas por el Estado responsable, devienen obligatorias para todos los tráficos afectados. Habida cuenta que la calificación de una zona como ZMES, así como las medidas de protección que se adopten, pueden afectar a intereses de terceros, el procedimiento debe garantizar que se consideren escrupulosamente todos los intereses, tanto los del Estado ribereño, como los de todos los colectivos interesados.

A continuación se muestran las *"zonas marinas especialmente sensibles que han sido designadas en el mundo"*[23]:

-La Gran Barrera de Coral, Australia (designada ZMES en 1990).



Imágen IV.8 \* Gran Barrera de Coral, Australia (designada ZMES en 1990).

Fuente: <https://ahoravision.com/nemo-se-queda-sin-casa-y-es-disney/>

-El Archipiélago Sabana-Camagüey en Cuba (1997).

-Isla Malpelo, Colombia (2002).



Imágen IV.9 \* Isla Malpelo, Colombia.

Fuente: <http://www.parquesnacionales.gov.co/PNN/portel/libreria/php/decide.php?patron=01.02290502>

-El mar alrededor de los Cayos de Florida, Estados Unidos (2002).

-EL Mar de Wadden, Dinamarca, Alemania, Países Bajos (2002).

-Reserva Nacional de Paracas, Perú (2003) .



Imágen IV.10 \* Reserva Nacional de Paracas, Perú.

Fuente: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=512653>

-Aguas occidentales de Europa (2004).

-Extensión de la ZMES existente de la Gran Barrera de Coral para incluir el estrecho de Torres (propuesto por Australia y Papua Nueva Guinea) (2005).

-Islas Canarias, España (2005).

-El Archipiélago de Galápagos, Ecuador (2005).



Imágen IV.11 \* Archipiélago de Galápagos, Ecuador.

Fuente: <http://picazo.eltiempo.es/2015/05/27/el-volcan-wolf-pone-en-alerta-el-paraiso-natural-de-las-galapagos/>

-La zona del Mar Báltico, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Alemania, Letonia, Lituania, Polonia y Suecia (2005).

El Monumento Nacional Papahānaumokuākea Marine, Estados Unidos (2007).



Imágen IV.12 \* Monumento Nacional Papahanaumokuakea Marine, Estados Unidos.

Fuente: <http://universomarino.com/2012/01/25/papahanaumokuakea-un-monumento-marino/>

-El estrecho de Bonifacio, Francia e Italia (2011).

-El Banco de Saba, en el área del Caribe Norte-oriental del Reino de los Países Bajos (2012).

*"En octubre de 2.003 el Ministerio de Fomento propuso ante el Comité de Protección del Medio Marino de la Organización Marítima Internacional la creación de la ZMES de las islas Canarias"[22].*

En el documento presentado ante el organismo internacional se describían de manera sucinta las características específicas del área marítima que se deseaba preservar, los riesgos que comporta el tráfico marítimo que discurre por sus aguas, y se expusieron los argumentos necesarios para acreditar el cumplimiento de los criterios generales que hacen merecedoras a las aguas en el ámbito de las islas Canarias de la calificación como zona marítima especialmente sensible.

Así se expusieron, entre otros, los siguientes argumentos en relación con los diversos criterios a tener en cuenta:

-Criterios ecológicos:

Las islas Canarias presentan ecosistemas singulares.

En 1983, la UNESCO declaró la isla de La Palma Reserva de la Biosfera.

En las aguas próximas a las islas Canarias se encuentran más de 20 especies de cetáceos, desde delfines a grandes ballenas, más de 500 especies de peces, y miles de especies de animales invertebrados.

Sus 7.544 km<sup>2</sup> de superficie y 1.540 km de costa albergan más de 300 espacios protegidos con distintos grados de protección: 4 parques nacionales, 7 parques rurales, 11 reservas marinas integrales, 15 reservas naturales especiales, 2 reservas marinas, 27 zonas de especial protección para las aves (ZEPA), 3 islas declaradas reserva de la biosfera, 174 lugares de interés comunitario (LIC), 11 parques naturales, 19 lugares de interés científico, 51 monumentos naturales, 27 paisajes protegidos, etc.

Los islotes situados al norte de Lanzarote constituyen una zona de nidificación y

refugio de gran importancia para las aves, reconocida por la Unión Europea, con una alta concentración de especies marinas y terrestres, tanto autóctonas como migratorias. La avifauna constituye uno de los principales recursos biológicos de los islotes, al albergar una amplia muestra de especies amenazadas, algunas de las cuales tienen aquí sus últimos refugios en Canarias.

**-Criterios socioeconómicos y culturales:**

El reconocimiento internacional de las aguas de las islas Canarias como Zona Marina Especialmente Sensible lleva aparejada la posibilidad de ordenar y controlar el intenso tráfico marítimo que soporta, evitando en muchos casos un posible derrame contaminante y en un supuesto de contaminación accidental, minimizando sus efectos.

Las medidas asociadas a la declaración de ZMES traerán un indudable beneficio económico a las islas, cuya mayor fuente de ingresos procede del turismo, sin olvidar la importancia de la pesca, actividades ambas relacionadas íntimamente con el medio marino, la limpieza y calidad de las aguas de baño y de los caladeros.

**-Criterios científicos y pedagógicos:**

En los últimos años el medio marino del archipiélago canario está siendo objeto de trabajos de investigación y de actividades de formación dentro de proyectos internacionales, nacionales y regionales, con numerosas campañas en buques científicos y comerciales, en el campo de la oceanografía, la ciencia biológica, el estudio de los recursos pesqueros y la biodiversidad.

Las facultades de la Universidad de La Laguna, la facultad de Ciencias del Mar de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, el Instituto Canario de Ciencias Marinas dependiente del Gobierno de Canarias y el Centro Oceanográfico de Canarias del Instituto Español de Oceanografía dependiente del Ministerio de Ciencia e Innovación, dotan a las islas de unas infraestructuras para la enseñanza e investigación marina importantes. A ello se unen numerosas instituciones o centros con actividades específicas, tales como el Museo de Ciencias Naturales de Tenerife, las Agencias Insulares del Mar de Tenerife y La Palma y Centro de Recuperación de

Animales de Gran Canaria.

Por otra parte se ha de destacar la importancia del tráfico marítimo que surca las aguas del archipiélago canario derivado de su situación geoestratégica, lo que hace de los puertos insulares una base de operaciones ideal para muchos tipos de buques que se apoyan en los mismos para sus actividades pesqueras, recibir combustible, relevar tripulaciones, recibir repuestos y provisiones, etc. A estas actividades operativas se ha de añadir el tráfico marítimo necesario para el abastecimiento de la población insular, el tráfico de exportación y el derivado del importante sector turístico.

Toda clase de buques atraviesan las aguas del archipiélago, incluido el intenso tráfico de buques petroleros de gran tamaño que cargan crudo en el Golfo Pérsico. Los petroleros en lastre navegan por la ruta Norte/Sur y los petroleros cargados utilizan la ruta Sur/Norte; en ambos casos, es preciso prevenir y evitar las descargas incontroladas de residuos de hidrocarburos al mar. El tráfico de este tipo se estima en 1.500 buques anuales.

Se ha de destacar también el hecho de la existencia de una refinería, con un terminal marítimo en la isla de Tenerife, que recibe un promedio de 4 millones de toneladas anuales de hidrocarburos y que constituye un punto de distribución de productos petrolíferos para el consumo insular, el nacional y la exportación durante los 365 días del año, las 24 horas del día.

Con respecto al trasvase de hidrocarburos suministrados por vía marítima a las islas se realiza mediante campos de boyas la cual es una estructura marina a la que se amarrar a un buque tanque con el fin de facilitar la descarga de petróleo a una refinería a través de una estructura de tuberías y mangueras.

En Canarias, el principal destino de suministro de hidrocarburos mediante monoboya se encuentra en el Puerto de La Hondura, situado en Santa Cruz de Tenerife, que constituye el terminal marítimo de la refinería de CEPSA.

Este campo de monoboyas, compuesto por 6 boyas, tiene una capacidad de descarga de 8.000 m<sup>3</sup>/hora. Anualmente se realizan a través de estas monoboyas aproximadamente 40 operaciones de descarga de hidrocarburos.

También se tiene constancia de la presencia de monoboyas de transferencia de hidrocarburos en la playa de La Tejita, para el abastecimiento del Aeropuerto de Tenerife Sur, y en el Puerto de Salinetas (Gran Canaria).

En la isla de Lanzarote existen también un conjunto de conducciones de combustible para suministro desde buques. El abastecimiento general a la isla se realiza vía marítima a través del muelle de Los Mármoles, desde donde es canalizado por oleoducto a las instalaciones de DISA en Punta Grande. Existe además una conducción submarina que discurre desde una monoboya situada a 1 milla aproximada de la playa de Guacimeta hasta el aeropuerto.



Imágen IV.13 \* Buque Faycán en el campo de boyas del aeropuerto de Guacimeta (Lanzarote).

Fuente: <https://lanzarotespotter.wordpress.com/2011/08/26/faycan/>

En definitiva después de lo expuesto anteriormente se observa que hay razones suficientes como para solicitar que las Islas Canarias sean declaradas Zona Marina Especialmente Sensible (ZMES).

Fue entonces en abril de 2004 cuando la propuesta del Estado español fue aprobada en principio por la OMI. Como consecuencia de este hecho, la Administración Marítima española tuvo que afrontar la labor de desarrollo de las medidas concretas de protección que, una vez aprobadas por la OMI, debían ser implantadas. Para ello se creó un grupo de expertos formado por representantes de las

Administraciones Central y Autonómica, así como de otros organismos y entidades y se designó un Coordinador ZMES de Canarias, quienes elaboraron el documento definitivo que fue sujeto a la consideración de la Organización Marítima Internacional.

Finalmente, el 22 de julio de 2.005, el Comité de Protección del Medio Marino, mediante la Resolución MEPC.134 (53), designó las islas Canarias como zona marina especialmente sensible.

Posteriormente, en mayo de 2.006, el Comité de Seguridad Marítima de la Organización Marítima Internacional en su octogésimo primer periodo de sesiones, adoptó definitivamente las medidas de protección de la zona, las cuales entraron en vigor y fueron implantadas por la Administración Marítima el día 1 de diciembre de 2006.

#### **IV.4.3.1 Medidas de protección implantadas**

*"Las medidas de protección concretas adoptadas, las cuales exigieron la potenciación de los recursos humanos así como la modernización de los equipos instalados en los Centros de Coordinación de Salvamento de Las Palmas y Santa Cruz de Tenerife"[22], han mejorado notablemente el control sobre el intenso tráfico marítimo que discurre entre las islas, ya sea para dirigirse hacia sus instalaciones portuarias, o que simplemente atraviesa sus aguas.*

Son las siguientes:

-Dispositivo de separación del tráfico marítimo oriental entre Gran Canaria y Fuerteventura, consiste en:

-Dos vías de circulación de 3 millas de anchura.

-Una zona de separación de tráfico intermedia de dos millas de anchura.

-Una zona de precaución que conforma de un rectángulo.

-Dos zonas de navegación costeras.

Dispositivo de separación de tráfico marítimo occidental entre Gran Canaria y

Tenerife, consiste en:

- Dos vías de circulación de 3 millas de anchura.
- Una zona de separación de tráfico intermedia de dos millas de anchura.
- Una zona de precaución que conforma de un rectángulo.
- Dos zonas de navegación costeras.

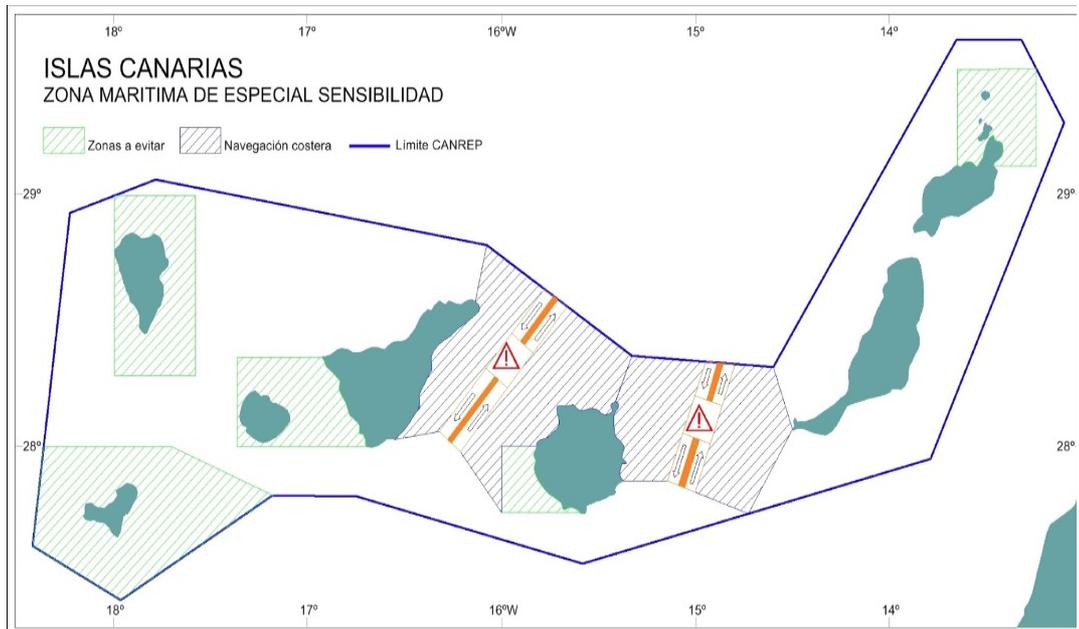
Zonas a evitar por los buques en tránsito por las islas Canarias. Para prevenir riesgos de contaminación y daños al medio ambiente todos los buques tanque y los buques de arqueo bruto superior a 500 que transporten cargas de hidrocarburos o cargas peligrosas a granel deben evitar estas zonas:

- A la altura de la isla de Lanzarote (reserva de la biosfera).
- A la altura de la isla de Tenerife (zona de cría de cetáceos).
- A la altura de la isla de Gran Canaria (zona de cría de cetáceos).
- A la altura de la isla de La Palma (reserva de la biosfera).
- A la altura de la isla del Hierro (reserva de la biosfera).

Sistema de notificación obligatoria para buques en las islas Canarias (CANREP):

Obligatorio para buques tanque de peso muerto igual o superior a 600, en tránsito por las islas Canarias o con origen o destino en puertos canarios o de tráfico interinsular, que transporten una carga de hidrocarburos pesados (crudos con una densidad a 15°C superior a 900 kg/m<sup>3</sup>; fueloil pesado con una densidad a 15°C superior a 900 kg/m<sup>3</sup> o una viscosidad cinemática a 50°C superior a 180 mm<sup>2</sup>/s; y asfalto, alquitrán y sus emulsiones). Estos buques, al entrar en la zona de notificación, delimitada exteriormente por una línea poligonal que une los extremos del límite exterior del mar territorial (12 millas náuticas) que rodea al archipiélago, o inmediatamente después de salir de un puerto, terminal o fondeadero situado dentro de la zona, o cuando se desvíen de la ruta prevista, o cuando abandonen la zona de notificación, deberán transmitir a los Centros de Coordinación de Salvamento de Las Palmas o Santa Cruz de Tenerife información con contenido y formato aprobados, relativa a su identificación, derrota, velocidad, destino, número de personas a bordo, posibles averías y otra información

adicional.



Imágen IV.14 \* Zona Marítima de Especial Sensibilidad de Canarias.

Fuente: <http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/PECMARDICIEMBRE2006.pdf>

## **Capítulo V**

### **Vigilancia aérea en el mar**

## V.1 Generalidades

La información relativa al desplazamiento y comportamiento de un vertido contaminante en el mar condiciona la elección de la estrategia de respuesta. En este sentido, la observación visual es la fuente de información más fiable sobre la evolución de un vertido, y la mejor manera de realizar esta observación es desde una aeronave o satélite.

La observación aérea es un *"elemento efectivo de respuesta que permite determinar la situación y extensión del vertido, verificando las predicciones sobre su desplazamiento"*[24]. Además, permite coordinar y controlar las operaciones marítimas, evaluar la eficacia de la estrategia de respuesta y vigilar las zonas y recursos amenazados identificando y aportando de forma más directa el tipo de información, datos y pruebas necesarias para la puesta en marcha del procedimiento sancionador en caso de que se detecte una presunta actividad ilícita de los buques infractores.

Los vertidos por limpieza de tanques (sentinazo) producen bolas de piche que se mantienen sobre las mareas y recorren largos trechos hasta alcanzar las costas. Aunque existen limitaciones y prohibiciones en este sentido, tal y como aparece en el Convenio MARPOL el cual obliga a vaciar los restos del aceite y del fuel usado que se almacenan en la sentina de los buques, su control es difícil. Desde que los grandes petroleros sobrepasan Finisterre o enfilan la salida de Gibraltar, cuando vienen del Mediterráneo, y en aguas más tranquilas, se producen estas transgresiones a los convenios y sus restos de crudo son arrastrados hasta las costas de Canarias, especialmente al Norte de las islas, al estar a sotavento las del sur.



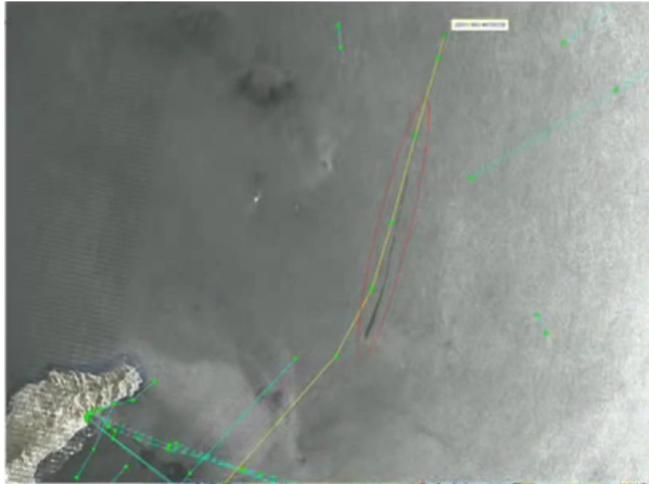
Imágen V.1 \* Técnico de salvamento marítimo observa los posibles vertidos de un buque.

Fuente: [http://sociedad.elpais.com/sociedad/2014/08/02/actualidad/1406992612\\_722159.html#](http://sociedad.elpais.com/sociedad/2014/08/02/actualidad/1406992612_722159.html#)

Afortunadamente los métodos de control están evolucionando lo que esta dando lugar a que el patrullaje aéreo este directamente interrelacionado con el de seguimiento por imágenes satelitarias puesto en marcha por EMSA (CleanSeaNet) como consecuencia de la Directiva Comunitaria 2005/35/EC. Esta herramienta suministra a los países miembros información detallada de las descargas de hidrocarburos detectadas.

*"Por medio de un programa de vigilancia de vertidos por satélites denominado ERGOS"[2], se han podido poner de manifiesto alrededor de medio centenar de estos derrames, de dónde aproximadamente una veintena se han localizado cerca de la zona de Canarias.*

El programa "ERGOS" es un sistema de vigilancia por satélite que cubre unos 300.000 km<sup>2</sup> en las inmediaciones del Archipiélago Canario. Después del año 2000 han sido detectadas más de 40 manchas de hidrocarburos.



Imágen V.2 \*Utilizando imágenes de satélite es posible detectar vertidos ilegales en el mar

Fuente: <http://www.microsiervos.com/archivo/ecologia/vigilancia-buques-desde-espacio>.

La vigilancia aérea o por satélite que determina la presencia de grandes manchas flotantes permite, aunque no siempre, localizar el origen de las mismas y en ocasiones poder poner en funcionamiento el procedimiento de penalizaciones por esas infracciones. Pero solo una de cada tres operaciones de limpieza se detecta y en sus efectos, sin poder hacer nada para determinar su autor.

Según Santiago Ordás, decano de la Facultad de Náutica de Barcelona para resolver este problema se recurre a la combinación entre los estudios de modelos de deriva y envejecimiento del vertido y sistemas de identificación como el ERGOS, "Sistema de Identificación Automática" (AIS) (que llevan todos los buques) a partir de los cuales se puede sacar información en tiempo real sobre la posición, velocidad y destino de los buques. A partir de esto se calcula de donde procede el vertido y se compara con los buques que estuvieron por la zona.

*"En algunos casos se recogen muestras que se analizan y se cotejan con el contenido del tanque del buque sospechoso"[25], es decir, se comparan las muestras del vertido con los hidrocarburos que se encuentran en los tanque de los posibles buques infractores.*

Con el fin de impedir que las muestras se deterioren durante el almacenamiento y traslado, es aconsejable portarlas en frascos de cristal que posteriormente se precintarán, colocando una etiqueta que indique claramente el lugar donde se mostró la muestra, el día, la hora. Habrá también que hacer constar qué persona realiza la muestra así como de los testigos presentes.

La comparación de muestras se hace gracias a que los buques cuando realizan la operación de bunkering ( abastecimiento y repostaje de combustible de los buques ), deben de dejar muestras del hidrocarburo introducido en sus tanques, dependiendo de la compañía que suministra como por ejemplo CEPSA, se toman *"tres muestras comerciales de cada grado de Combustible Marino suministrado durante la operación de suministro, en presencia del comprador o del Capitán del buque o de sus respectivos representantes"*[26]. Estas muestras irán debidamente precintadas e incorporarán etiquetas que muestren el nombre del buque, identifiquen el medio de suministro del Combustible Marino, nombre del producto, fecha y lugar de suministro e incorporarán el sello de la armadora del buque y serán firmadas por el vendedor y el Capitán del buque o su representante. El vendedor entregará una de las muestras comerciales al Capitán del buque suministrado o a su representante, quién acusará recibo de la misma en el momento de su recepción. Las otras dos muestras comerciales permanecerán en poder del vendedor .



Imágen V.3 \*Muestras de combustibles recogidas por la compañía suministradora

Fuente: <http://www.europasur.es/article/maritimas/1667565/los/notarios/bunkering.html>

Después se pide las muestras de los buques que esten por la zona a las capitánias o compañías donde fue el ultimo destino o abastecimiento del buque y se comparan.



Imágen V.4 \*Muestra recogida de un vertido de hidrocarburo.

Fuente : <http://www.noticiasdegipuzkoa.com/2015/04/23/sociedad/estado/recogen-25-kilos-de-combustible-en-la-costa-suroeste-de-gran-canaria->

Según Santiago Ordás, decano de la Facultad de Náutica de Barcelona "Es difícil llegar a atribuir la responsabilidad a un buque, pero los medios son cada vez más efectivos. Y el trabajo de prevención funciona ya que las llamadas descargas operacionales son cada vez menos frecuentes".

Esta reducción también puede ser según Luis Ibarra, presidente de la autoridad portuaria de Las Palmas, debido que la limpieza de sentina en puerto es un negocio para muchas empresas y que cada vez más se utilizan los puertos con este objetivo. Los barcos no tienen que pagar de más ya que la entrada al puerto ya incluye la limpieza si el barco la solicita. Esta medida, incluida en el convenio MARPOL, según Luis Ibarra "ha reducido considerablemente los sentinazos antes tan habituales".

Es la Autoridad Marítima (Dirección General de la Marina Mercante, dependiente del Ministerio de Fomento) la que se encarga de iniciar las pesquisas y, si se da el caso, abrir expediente de infracción y proponer sanciones.

Con la transposición de la Directiva 2009/123/CE del Parlamento Europeo y del Consejo del 21 de octubre de 2009 relativa a las contaminaciones procedentes de

buques, se ha reforzado el marco penal para la represión de estas actividades potenciando el ejercicio de la acción penal contra los causantes de las acciones contaminantes, que pueden ser considerados como autores responsables de un delito contra el medio ambiente.

Según diario "el País", en el último trimestre del año 2010, el Ministerio de Fomento impuso medidas cautelares a 4 buques que ascendieron a 550.000€ , al ser presuntos autores de contaminaciones marinas. Del mismo modo la Fiscalía inicio diligencias judiciales contra dos de ellos.



Imágen V.5 \*Buque cazado infraganti vertiendo algún tipo de hidrocarburo.

Fuente: [http://www.itopf.com/uploads/translated/TIP\\_SPAerialObservationofMarineOilSpils.pdf](http://www.itopf.com/uploads/translated/TIP_SPAerialObservationofMarineOilSpils.pdf)

## **V.2 Reconocimiento de la zona contaminada**

La localización del vertido, así como la interpretación del mismo según su apariencia para determinar la cantidad de hidrocarburo presente en el derrame no son fáciles. En muchas ocasiones, las condiciones meteorológicas y por tanto, el estado de la mar en la zona de búsqueda y localización del vertido, suelen ser bastante desfavorables, lo que dificulta notablemente estas tareas. También podrían conducir a error algunos fenómenos que se presentan sobre el mar que podrían fácilmente confundirse con manchas contaminantes de hidrocarburo, como cabría señalar las sombras de las nubes proyectadas sobre la superficie del mar, borreguillos en la superficie del agua,

grandes concentraciones de algas flotando sobre la superficie, etc. Por ello la vigilancia aérea se apoya en observadores expertos, que identifican y evalúan con precisión las sustancias contaminantes ayudados siempre que sea necesario por la utilización de sistemas que utilizan diversas bandas del espectro electro-magnético (no sólo la banda visible, sino también en frecuencias de infrarrojos y microondas) lo que da lugar a imágenes de alta resolución (teledetección).



Imágen V.6 \*Algas rojas que pueden ser confundidas con un vertido de petróleo.

Fuente: [http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_09/Doc\\_01%20Observacion%20aerea.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_01%20Observacion%20aerea.pdf).

Para facilitar la detección e investigación de las manchas de hidrocarburos en el mar existen diversos dispositivos de teledetección a bordo de aeronaves especialmente proyectadas para ello. No es posible que un único detector satisfaga todas las necesidades de detección y la combinación más habitual de detectores incluye:

Radar aerotransportado de exploración lateral (SLAR).

El sistema SLAR permite:

- Llevarse a *"una altitud suficiente que permita el barrido rápido de una zona amplia, hasta 20 millas a ambos lados de la aeronave[27]"*.
- Ser utilizado de noche y en condiciones de baja visibilidad.
- Puede ser de ayuda en las fases iniciales de la lucha al localizar un derrame y definir su extensión, pero no puede distinguir entre capas muy finas de brillo y manchas más espesas de hidrocarburos, por lo que las imágenes obtenidas requieren una cuidadosa

interpretación.

-Para asegurar una buena definición, la mar debe estar agitada por vientos superiores a cinco nudos.

#### Exploradores de líneas por rayos infrarrojos (IRLS)

El sistema IRLS permite:

-Determinar la extensión total de los hidrocarburos además de proporcionar información cualitativa sobre el espesor de la mancha y las zonas de mayor contaminación.

-Puede perfilar capas más gruesas.

-Funciona tanto de día como de noche ,ya que este sistema se basa en la diferencia de temperatura que hay entre el derrame y el agua pudiendo detectar el vertido.

#### Exploradores de líneas por rayos ultravioletas (UVLS)

El sistema UVLS permite:

-Al igual que el sistema IRLS, permite determinar la extensión total de los hidrocarburos además de proporcionar información cualitativa sobre el espesor de la mancha y las zonas de mayor contaminación.

-Puede detectar brillos ligeros y manchas más espesas, pero no puede distinguirlos.

#### Infrarrojo de barrido frontal (FLIR).

-Los detectores FLIR funcionan de una forma parecida a los IRLS y UVLS pero señalan en un ángulo hacia delante, de modo que las imágenes que se obtienen requieren una cuidadosa interpretación dado que, a causa del ángulo del sol, las referencias son oblicuas y los efectos cambian.

Radiómetro de microondas (MWR).

-Posibilita la medición de espesores y por tanto la detección de puntos calientes en las manchas para el envío de las embarcaciones de limpieza.



Imágen V.7 \* Aeronave de Salvamento Marítimo.

Fuente: <http://www.webmar.com/labels/Salvamento%20Maritimo.php>

A la hora de reconocer una zona contaminante es importante escoger un tipo de aeronave u otro dependiendo de la zona, ya que:

*"En aguas litorales, los helicópteros están especialmente indicados ya que su flexibilidad supone una ventaja en la vigilancia de costas accidentadas"[24].*

En mar abierto, la menor necesidad de ejecutar cambios rápidos de velocidad, dirección y altura en pleno vuelo favorece la utilización de aviones de ala fija que ofrecen mayores velocidades y alcance que los helicópteros. En este sentido, se recomiendan las aeronaves multimotor para sobrevolar el mar en operaciones de gran alcance y envergadura, ya que ofrecen un plus de seguridad.

En cualquier caso, la seguridad debe ser primordial en cualquier momento por lo que se tiene que tener en cuenta unos principios:

-Las aeronaves deben ofrecer una buena visibilidad de todo el horizonte, así como disponer de los equipos adecuados.

-Se debe preparar con antelación un plan de vuelo utilizando una carta de navegación de escala apropiada y considerar cualquier información que pueda reducir el área de búsqueda.

-Es recomendable dibujar sobre la carta una cuadrícula de área conocida, de forma que cualquier posición pueda ser rápidamente identificada mediante una referencia en la cuadrícula.

-Se recomienda el embarque de dos observadores en cada vuelo, sobre todo en vuelos de larga duración, a fin de permitir un relevo. Se debe garantizar la continuidad y la coherencia de los registros, manteniendo como mínimo un mismo observador a lo largo de la serie completa de vuelos, de manera que las variaciones en los informes correspondan a cambios del estado del vertido y no a diferencias en la percepción de los observadores.

-Los observadores deben registrar la trayectoria seguida por la aeronave, de manera que pueda reconstruir el vuelo realizado e introducir cambios de cara los vuelos siguientes. En la costa, los accidentes topográficos y demás puntos de referencia hacen más fácil situarse en un mapa durante las operaciones de vigilancia, pero en mar abierto y sin ningún punto de referencia concreto, el observador debe basar sus anotaciones en los datos proporcionados por la instrumentación de la aeronave, que debería incluir un GPS (Sistema de Posicionamiento Global) instalado o portátil.

-En vuelos cercanos a la costa realizados por helicópteros, si el piloto ni la línea costera imponen ninguna restricción especial, una velocidad de 80-90 nudos y una altitud de 120-150 m (400-500 pies) es un buen punto de referencia. Después, las características meteorológicas y de otro tipo y particulares de cada vuelo, obligarán a ajustar estos valores.

Si de ante mano se disponen de datos suficientes sobre las constantes de viento y de las corrientes marinas de la zona que, influirán notoriamente sobre el movimiento de la mancha flotante, se avanzará de manera muy favorable hacia el pronóstico de la ubicación del petróleo.

De forma empírica se ha demostrado que las manchas de petróleo que flotan sobre el mar, alcanzan una velocidad en torno al 3% de la del viento, tomando siempre la misma dirección de este. En el caso de existir corrientes de superficie, aparecerán movimientos adicionales del petróleo que serán proporcionales a las fuerzas de las corrientes y éstas se sumarán a las velocidades que propague el viento.

En general, cuando hay que explorar un área extensa, el método más económico y recomendado de localización y evaluación de vertidos marinos es la búsqueda "escalonada", teniendo siempre en cuenta factores decisivos como la visibilidad, altitud, duración del vuelo y disponibilidad de combustible.

Las recomendaciones para llevar a cabo el método de búsqueda "escalonada" son:

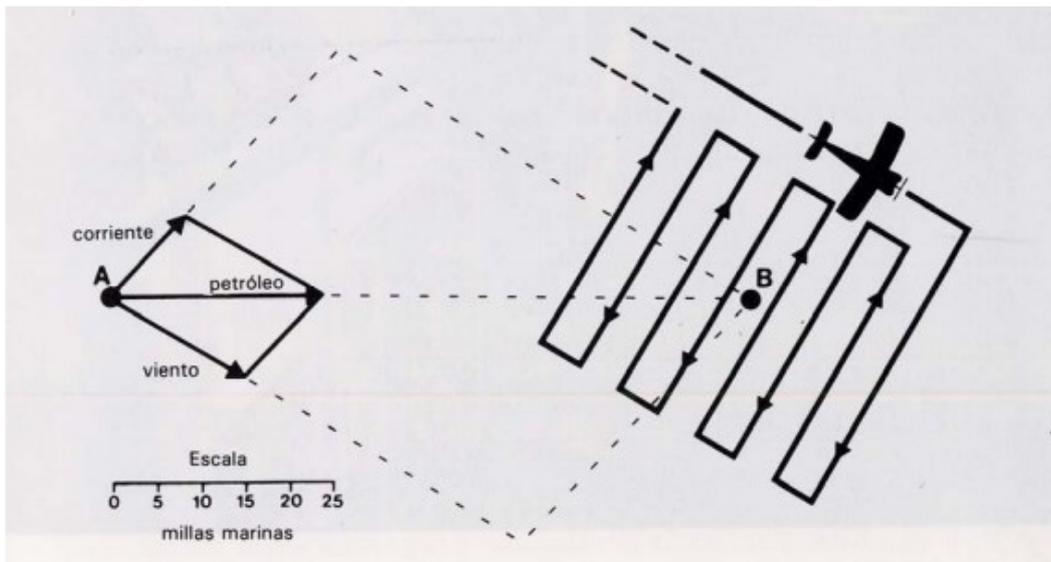
-Conocer de forma exacta los vientos y corrientes predominantes en el área a explorar ya que ambos van a influir en el movimiento del derrame desde la última posición conocida hasta la estimada.

-Se recomienda hacer la búsqueda perpendicularmente a la dirección del viento prevaleciente debido a que el vertido tiende a alinearse en largas y estrechas hileras paralelas en la dirección del viento.

Realizar la búsqueda con el sol a favor para evitar posibles reflejos que dificulten la visión.

-La altitud dependerá de la visibilidad. En un ambiente despejado la altura recomendada para maximizar el área de búsqueda es al de 500 metros, aunque a veces es necesario descender a la mitad o menos, para confirmar cualquier avistamiento o analizar su apariencia.

Como se muestra en la siguiente imagen se calcula el desplazamiento del vertido desde el punto A hasta el punto B por efecto de la corriente y del viento y sobre el punto B se realiza el método de búsqueda "escalonada".



Imágen V.8 \* Movimiento de contaminantes desde la posición A hasta a la posición B por efecto de las corrientes y la velocidad del viento. Sobre la posición B se representa un método de búsqueda en escala con viento de costado.

Fuente: [http://www.gobiernodecanarias.org/dgsc/descargas/pecmar/anejo\\_09/Doc\\_01%20Observacion%20aerea.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgsc/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_01%20Observacion%20aerea.pdf)

### V.3 Cuantificación visual de la mancha de Hidrocarburo

Es prácticamente imposible hacer una estimación exacta de la cantidad de hidrocarburo flotante debido a la dificultad en estimar su espesor. Se puede hacer un estimado de magnitud aproximado teniendo en cuenta algunos factores como el color del hidrocarburo ya que este ofrece un indicio importante del grosor de la mancha. En el caso concreto de los hidrocarburos, a medida que se propagan y que su grosor se reduce, su aspecto cambia del color negro o marrón oscuro de las manchas espesas hasta adquirir tonos plateados. Una característica habitual en los derrames de crudos y ciertos fuel-oils pesados es la formación rápida de una emulsión que se distingue por su color naranja-pardo y un aspecto compacto.

Dentro de una misma mancha de hidrocarburos, el grueso de la capa puede variar entre 0.001 mm y más de 1 mm.

Tampoco es posible calcular en forma precisa el contenido de agua en el hidrocarburo emulsionado, llamado "mousse", si no es con un análisis de laboratorio. No obstante esto si se toman valores generales entre 50 % y 80 % se pueden realizar cálculos aproximados del hidrocarburo presente ya que la mayoría de los "mousse" flotantes poseen un espesor de 1mm o más. Es importante remarcar que el espesor de una "mousse" y otros hidrocarburos viscosos es complicado de estimar dado que poseen un esparcimiento limitado. Asimismo en aguas frías los hidrocarburos con punto de fluidez alto se solidificarán, y la apariencia de sus porciones flotantes complica la estimación del volumen total de hidrocarburo en forma precisa. La presencia de capas de hielo y nieve, para estas condiciones, agregarán confusión.

Las principales características que un observador aéreo debe registrar sobre un vertido son el color, la distribución y la consistencia del vertido ya que a partir de estas características se puede saber el tipo de contaminante vertido y su volumen.

Por tanto como se muestra en la siguiente imagen partiendo del color del hidrocarburo se puede saber el tipo de vertido y su grosor , lo que permite saber el volumen aproximado del vertido.

Tipos de hidrocarburo	Aspecto	Grosor aproximado	Volumen aproximado (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> )
Brillo de hidrocarburos	Plateado	> 0,0001 mm	0,1
Brillo de hidrocarburos	Irisado - tornasolado	> 0,0003 mm	0,3
Crudo y fuel-oil	Entre marrón y negro	> 0,1 mm	100
Emulsión de agua en hidrocarburos	Naranja - tostado	> 1 mm	1000

Imágen V.9 \* Relación entre el color, el grosor y el volumen aproximado de vertido.

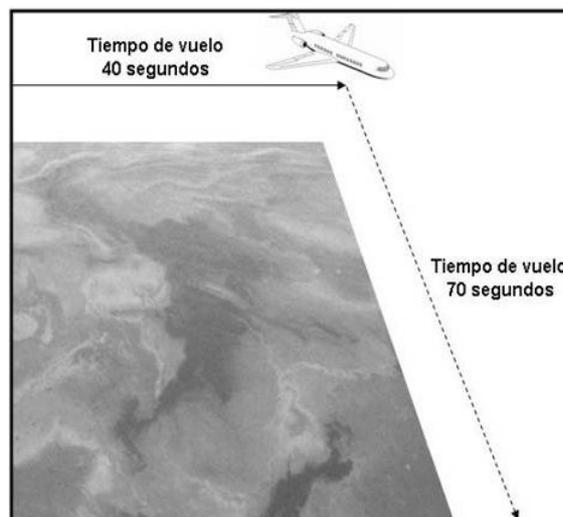
Fuente: [http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_09/Doc\\_01%20Observacion%20aerea.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_01%20Observacion%20aerea.pdf)

*"Para cuantificar el hidrocarburo flotante es necesario estimar, no solo el espesor sino también determinar el porcentaje del área de la superficie del mar cubierto por*

*el hidrocarburo, la emulsión o "mousse" y el brillo"[28]*. Si bien la estimación precisa se complica por la incidencia de parches en el hidrocarburo, para evitar mayores distorsiones es necesario mirar verticalmente hacia abajo sobre el hidrocarburo al estimar su distribución. Estimando el porcentaje de cobertura de cada forma de hidrocarburo, es posible calcular el área cubierta relativa al total del área de mar impactada realizando vuelos cronometrados a velocidad constante y/o con posicionamiento satelital.

A modo de ilustración del proceso de cuantificación del hidrocarburo se desarrolla el siguiente ejemplo:

En un reconocimiento aéreo a una velocidad constante de 150 nudos, se observó una mancha de hidrocarburo flotando en el mar, cuya longitud y ancho requirieron respectivamente de 70 y 40 segundos de tiempo para sobrevolarlos. Se estimó dentro del área marina contaminada, un porcentaje de cobertura de los parches de "mousse" de un 10 % y una cobertura de brillos de un 90 %.



Imágen V.10 \* Mancha de hidrocarburo flotando en el mar, cuya longitud y ancho requirieron respectivamente de 70 y 40 segundos de tiempo para sobrevolarlos.

Fuente: [http://www.delfinaustral.com/mar\\_limpio/pop\\_vigilancia.html](http://www.delfinaustral.com/mar_limpio/pop_vigilancia.html)

Partiendo de esta información es posible calcular la longitud del área de la mancha:

$$\underline{70 \text{ (segundos)} \times 150 \text{ (nudos)}} = 2,9 \text{ millas náuticas } 3.600 \text{ (segundos en una hora)}$$

Asimismo se puede calcular el ancho del área de la mancha:

$$40 \text{ s} \times 150 \text{ n} = 1,6 \text{ millas náuticas } 3.600 \text{ s}$$

Ahora podemos calcular el área:

$$2,9 \times 1,6 = 4,6 \text{ millas náuticas cuadradas (unos } 16 \text{ Km}^2)$$

Cálculo del volumen de “mousse”:

$$1,6 \text{ Km}^2 (10 \% \text{ de } 16 \text{ Km}^2) \times 1.000 \text{ m}^3 / \text{Km}^2 \text{ (Volumen aproximado –dato de tabla)}$$

Si para este caso se considera que el 50% de la mousse era agua, el volumen de hidrocarburo presente es de aproximadamente 700 m<sup>3</sup>.

Cálculo del volumen para el brillo:

$$14,4 \text{ Km}^2 (90 \% \text{ de } 16 \text{ Km}^2) \times 0,1 \text{ m}^3 / \text{Km}^2 \text{ (Volumen aprox. –dato de tabla)} = 1,4 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen total} = 700 \text{ m}^3 + 1,4 \text{ m}^3 = 701,4 \text{ m}^3$$

En este ejemplo se puede observar como un brillo si bien puede cubrir un área relativamente grande de la superficie de mar, el mismo tiene una contribución muy baja (en muchos casos insignificante) en el volumen de hidrocarburo presente. Este dato muestra la importancia de distinguir entre brillos, hidrocarburos más espesos y las emulsiones.

En definitiva la finalidad de la vigilancia aérea en relación con la lucha contra la contaminación es:

- Determinar el volumen, la cantidad y la situación del derrame.
- Determinar el desplazamiento de los hidrocarburos.
- Observar las modificaciones en el aspecto y la distribución de los hidrocarburos a medida que pasa el tiempo.
- Guiar a los buques encargados de luchar contra el derrame de hidrocarburos con el fin de asegurar que las operaciones de limpieza en el mar se realicen de la manera más eficaz.

-Prever cuáles son los recursos o las zonas marinas y costeras que se encuentran amenazadas.

-Observar e informar acerca de la eficacia de las medidas de lucha.

-Encontrar posibles infractores de derrames de hidrocarburos.

-Al comienzo del suceso, los informes de los vuelos de vigilancia resultan vitales para hacerse una idea de la magnitud y la naturaleza del problema de contaminación. Los vuelos subsiguientes deben realizarse de forma regular utilizándose los resultados para aprovechar al máximo la planificación y el control de las operaciones en curso. A medida que la situación de contaminación se está controlando, encontrándose los hidrocarburos disipados casi en su totalidad o habiendo llegado a tierra, y a medida que las operaciones que se están llevando a cabo en el mar están disminuyendo o se han detenido, la necesidad de vuelos se reducirá y su frecuencia puede ir decreciendo de forma regular hasta que llegue su fin.

**Capítulo VI**

**Estrategias de lucha**  
**contra la contaminación**  
**por hidrocarburos**

## **VI.1 Generalidades**

Cuando se produce un vertido de hidrocarburos al mar, aunque sean muy viscosos o densos, los contaminantes flotan y tienden a extenderse por la superficie del agua. Si no se toman las medidas oportunas, la mancha cubrirá una gran superficie en un tiempo relativamente corto, con la posibilidad de llegar a la costa o zonas sensibles del litoral.

Por esta razón, en caso de vertidos de hidrocarburos siempre es preferible contener y recoger o incluso tratar los contaminantes cuando estos se encuentran en el mar, que permitir su expansión y/o llegada a la costa donde su tratamiento y retirada implican mayor dificultad.

Como ya se ha comentado en apartados anteriores dependiendo de las circunstancias del derrame se actuará contra él de una forma u otra como se muestra a continuación:

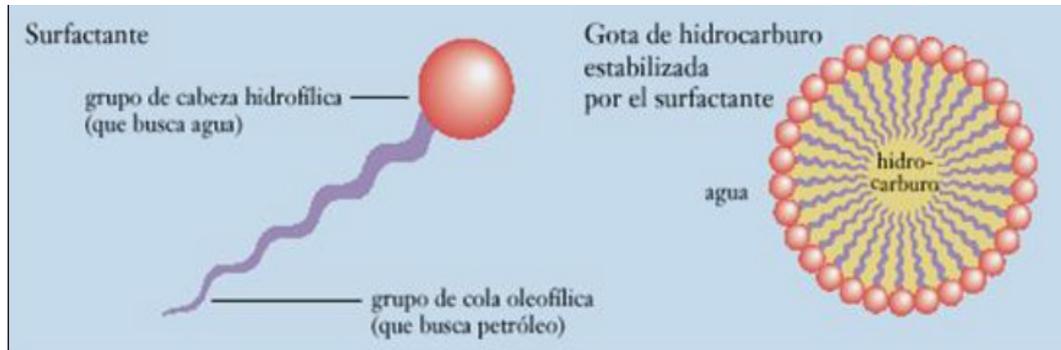
- Recuperación natural (no actuar).
- Dispersión química de los hidrocarburos en la mar.
- Incineración de hidrocarburos en la mar.
- Contención y recuperación de los hidrocarburos en la mar.
- Limpieza de la costa.

## **VI.2 Dispersión química de los hidrocarburos en la mar**

*"El empleo de dispersantes químicos en el tratamiento de vertidos de hidrocarburos en el mar es una opción a considerar, especialmente cuando el vertido se produce en alta mar"[29].* Estas sustancias permiten disgregar las manchas de hidrocarburos en pequeñas partículas que se distribuyen por la columna de agua, acelerando así su dilución y biodegradación por lo que evitan la formación de emulsiones que incorporan agua en el hidrocarburo las cuales incrementan considerablemente el volumen del vertido y dificultan su limpieza.

Los dispersantes consisten en una mezcla de agentes tensioactivos los cuales están compuestos por dos partes: una parte de cabeza hidrofílica que tiene afinidad por el agua y otra parte de cola oleofílica que tiene afinidad por el hidrocarburo. Gracias a

esta propiedad los dispersantes forman diminutas y numerosas gotitas de hidrocarburo y retardan la reunión de esas gotas para evitar que vuelvan a formar manchas nuevamente.

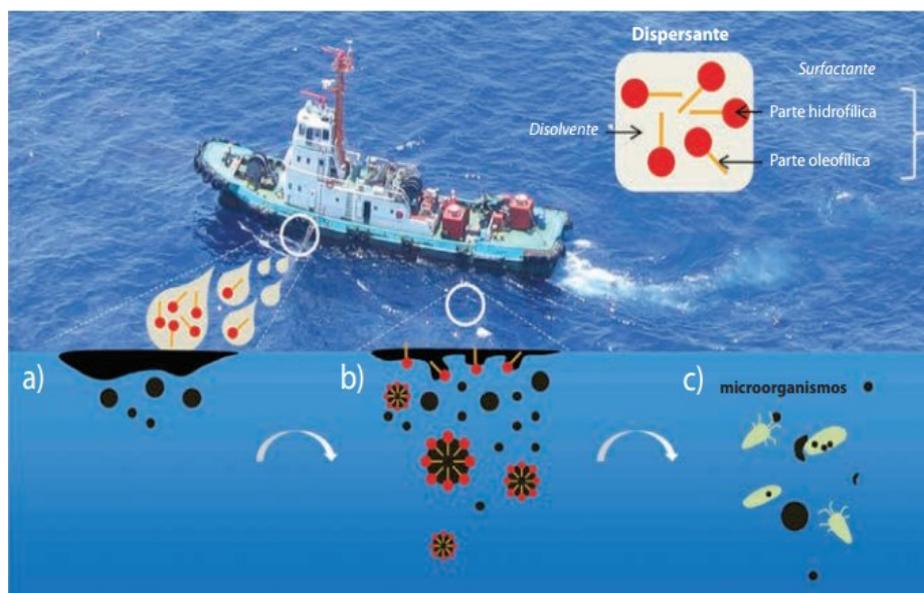


Imágen VI.1 \* Partes de un agente tensoactivo

Fuente: <http://www.taringa.net/posts/info/165918/Megapost-Que-es-la-Contaminacion-.html>

Por tanto el proceso de dispersión química consiste en:

- a) *"Rociar el dispersante el cual contiene surfactantes y disolvente sobre los hidrocarburos"*[30].
- b) Las moléculas de surfactante gracias al disolvente migran hasta la interfaz hidrocarburos/agua reduciendo la tensión superficial, lo que permite disgregar pequeñas gotas de hidrocarburos de la mancha.
- c) Las gotas se dispersan por la agitación de las turbulencias del mar y finalmente se degradan por el efecto natural de microorganismos, como bacterías. Esta última etapa puede durar días o semanas hasta completarse.



Imágen VI.2 \* Proceso de dispersión en el que se aprecian los apartados anteriores a), b) y c).

Fuente: <http://www.itopf.com/es/knowledge-resources/documents-guides/document/4-uso-de-dispersantes-para-el-tratamiento-de-derrames-de-hidrocarburos/>

Como ocurre con otras técnicas de respuesta, debe considerarse cuidadosamente el uso de dispersantes para tener en cuenta las características de los hidrocarburos, condiciones climatológicas y marinas, sensibilidades ecológicas y normativas nacionales sobre el uso de dispersantes. En algunos casos, pueden obtenerse considerables ventajas medioambientales y económicas mediante el uso de dispersantes ya que esta solución se convierte casi en la única opción para eliminar la lámina oleosa e impedir la contaminación de las costas cuando la contención y recuperación del residuo es inviable debido a las condiciones climatológicas o la disponibilidad de recursos.

## VI.2.1 Tipos de dispersantes

Los primeros dispersantes que se fabricaron estaban constituidos con disolventes muy tóxicos, por lo que en el presente no se permite su uso.

Actualmente, se utilizan dos tipos de dispersantes:

-Convencionales:

*"Tienen una base de disolvente de hidrocarburo y entre un 15% y un 25% de surfactante"[31].* Estos dispersantes deben ser aplicados directamente en el hidrocarburo, sin diluir con agua de mar ya que los vuelve menos eficaces. Las fórmulas actuales de los dispersantes de este tipo, tienen un disolvente sin compuestos aromáticos tóxicos .

-Concentrados:

Se conocen también como “dispersantes de tercera generación”, y están compuestos por una base disolvente de alcohol o glicol y una mayor concentración de surfactantes (> 50%) y humectantes, de manera que contienen una mayor cantidad de ingredientes activos que los convencionales y es necesario un menor volumen de los mismos para dispersar una mancha. Se pueden emplear diluidos en agua de mar o sin diluir.

Cuando se aplican sin diluir directamente al hidrocarburo, la acción de las olas es suficiente para generar una mezcla eficaz.

Tanto los dispersantes convencionales como los concentrados diluidos con agua de mar, necesitan ser mezclados a fondo con la mancha de hidrocarburo, después de la aplicación, para que se produzca una dispersión satisfactoria.

El tipo de dispersante y la concentración del mismo dependerán del tipo del hidrocarburo derramado. Aunque hay que seguir una serie de pautas para que sea un dispersante óptimo como son:

-Que el producto no sea muy tóxico tanto para el medioambiente como para el ser humano que lo manipule.

-Se deberá utilizar un producto que no persista en el medio marino más tiempo que el propio hidrocarburo derramado.

-Emplear productos específicos para cada tipo de contaminación. Es decir, un eficaz dispersor en el mar puede no ser igual de válido para dispersar sobre rocas o arena.

*"La legislación vigente sobre el uso de dispersantes y otros productos para combatir*

*los derrames de hidrocarburos está recogida en las siguientes normativas estatales"[32]:*

-ORDEN MINISTERIAL de 27 de Mayo de 1971 sobre regulación del uso de detergentes para combatir los derrames de hidrocarburos en el mar (BOE nº 131 del 2/6/71).

-ORDEN MINISTERIAL de 27 de Mayo de 1971 sobre medidas para combatir la contaminación del mar (BOE nº 131 del 2/6/71). Las refinerías de petróleos, industrias petroquímicas y estaciones de abastecimiento de combustibles líquidos que posean terminales de carga y descarga de hidrocarburos en los puertos o mar litoral dispondrán de, al menos una embarcación, debidamente equipada, para verter sobre la superficie del agua las mezclas de detergentes y dispersantes aprobados por la Subsecretaría de la Marina Mercante.

-ORDEN MINISTERIAL de 7 de Junio de 1971 sobre homologación de productos tensioactivos utilizados para eliminar en el mar las manchas de petróleo (BOE nº 147 del 21/6/71). Para determinar el grado de toxicidad de los productos, los correspondientes ensayos se efectuarán en laboratorios oficiales o privados que expresamente señale el Ministerio de Comercio. El método consiste en determinar la concentración de detergente en el agua del mar a la que mueren la mitad de los individuos de la especie examinada en cuarenta y ocho horas.

-ORDEN MINISTERIAL de 23 de Noviembre de 1974 por la que se modifica la del 27 de Mayo de 1971 sobre regulación del uso de detergentes para combatir los derrames de hidrocarburos en el mar (BOE nº 286 de 22/12/74). La prohibición existente del uso de productos detergentes tóxicos para la eliminación de manchas de hidrocarburos en el mar se hace extensiva a la limpieza de tanques de transporte de crudos y sus derivados y de los tanques de combustible líquido.

Los dispersantes actualmente homologados por la Dirección General de la Marina Mercante son los siguientes:

-SUPERALL#38.

-ARROW EMULSOL, L.W.

-NOKOMIS 3 C.

-BIOVERSAL.

## VI.2.2 Efectividad de los dispersantes

La eficacia del uso de dispersantes en un derrame de hidrocarburos dependerá de varios factores, como la "*temperatura de fluidez de la mancha de hidrocarburos y su viscosidad*"[31], ya que, la exposición a la intemperie y la emulsificación, hacen aumentar rápidamente la viscosidad y la temperatura de fluidez del hidrocarburo en la superficie del mar, incrementando por tanto su resistencia a la dispersión. Cuanto mayor es la viscosidad o la temperatura de fluidez de un hidrocarburo, menor es la eficacia de los dispersantes químicos, puesto que su penetración en la lámina de hidrocarburos resulta mucho más difícil.

El aumento de la viscosidad tiene que ver con el tiempo que está el hidrocarburo expuesto a la intemperie por tanto el método de dispersión se debe utilizar dentro de las primeras 48 horas de haberse producido el derrame; transcurridas éstas, el método se considera ineficaz, debido a que el crudo o la emulsión que se haya formado, tendrá ya una viscosidad muy superior a la ideal para que el uso de dispersantes sea eficaz por tanto la efectividad del dispersante disminuye con el tiempo transcurrido del derrame.



Imágen VI.3 \* Tratamiento ineficaz de un fueloil pesado con dispersantes se caracteriza por un penacho blanco en el agua. Los hidrocarburos no se ven afectados.

Fuente: <http://www.itopf.com/es/knowledge-resources/documents-guides/document/4-uso-de-dispersantes-para-el-tratamiento-de-derrames-de-hidrocarburos/>

En general, los dispersantes pueden dispersar la mayoría de los hidrocarburos líquidos y las emulsiones líquidas de agua en hidrocarburo con viscosidades menores de 2000 centistokes (cSt), equivalente a combustible mediano a 10-20°C. Por encima de los 2000 cSt los dispersantes pierden efectividad y dejan de ser efectivos si la viscosidad alcanza los 5000-10000 cSt. Esto se debe a que los dispersantes tienden a deslizarse entre el hidrocarburo hacia el agua antes de que el solvente pueda penetrarlo. Los dispersantes tampoco son apropiados para emulsiones viscosas o hidrocarburos con un punto de fluidez cercano o por encima de la temperatura ambiente.



Imágen VI.4 \* Aspecto del hidrocarburo cuando los dispersantes están haciendo efecto.

Fuente [http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_09/Doc\\_05%20Dispersantes.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_05%20Dispersantes.pdf)

Otro de los factores limitantes en la aplicación de dispersantes es el estado de la mar dado que la acción de los dispersantes consiste en acelerar la velocidad del proceso de dispersión natural, que se produce por la acción hidrodinámica que potencia la mezcla agua-hidrocarburos, la eficacia de los mismos requiere de una mínima turbulencia. En general se considera que una fuerza del viento superior a 3 en la

escala de Beaufort es suficiente para generar dicha turbulencia. En caso de vientos de intensidad inferior, la turbulencia podría generarse de forma mecánica mediante dispositivos mezcladores o utilizando las hélices del buque para agitar la mancha.

Los dispersantes son efectivos a temperatura de agua de mar entre 10°C y 20°C. La temperatura influye en la efectividad de los agentes tensoactivos, ya que de ésta depende la velocidad con que se difunde el dispersante en el agua y el hidrocarburo. Cuando la temperatura ambiente es baja, disminuye la velocidad de difusión y aumenta la viscosidad del crudo. Los petróleos crudos con un punto de fluidez significativamente por encima de la temperatura del mar, no pueden dispersarse porque se solidifican.

### **VI.2.3 Ventajas y Desventajas de usar los dispersantes**

La dispersión química ofrece un gran número de ventajas, siempre y cuando su uso se produzca dentro de sus límites de aplicación:

*- "En contraste con los métodos de contención y recuperación, los dispersantes pueden utilizarse donde hay fuertes corrientes y en diversos estados del mar" [31].*

- Al precipitar el hidrocarburo al fondo del agua, los dispersantes evitan que el viento arrastre la mancha de hidrocarburo hacia la costa.

- Aumentan la proporción de superficie de exposición por volumen de los hidrocarburos, contribuyendo a la biodegradación.

- Son un instrumento de respuesta rápido; su uso inmediato evita la formación de emulsión de agua en hidrocarburo (espuma de chocolate o mousse).

- Los dispersantes de "tercera generación", se pueden considerar no-tóxicos, por lo que su uso tiene un menor impacto en el medio ambiente, en relación al causado por el hidrocarburo sobre el cual actúan.

- Su uso suele ser menos costoso que la limpieza de la costa, con independencia de que evitan el impacto del hidrocarburo sobre los recursos naturales y económicos en el litoral.

- La oportuna aplicación de los dispersantes reduce la posibilidad de que el hidrocarburo llegue a impregnar aves y mamíferos marinos, mientras se encuentra en

la superficie.

-Permite reducir los volúmenes de residuos recuperados y, por tanto, los problemas de transporte y almacenaje de los residuos.

-Los dispersantes pueden ser aplicados mediante aeronaves o helicópteros, de manera que permiten tratar grandes áreas en comparación con otros métodos de respuesta.

Con respecto a las ventajas, a continuación se citan las siguientes:

-Su aplicación sin restricción a áreas determinadas puede afectar especies marinas de alta sensibilidad (moluscos u otras especies de movimiento lento), acuicultura, áreas de desove, viveros y estuarios, entre otros.

-Su aplicación implica la introducción deliberada al mar de un contaminante adicional, por lo que sus efectos tóxicos podrán ser evidenciados en lugares con escasa capacidad de dilución. (por ejemplo Bahías poco profundas).

-Los dispersantes realmente no eliminan el hidrocarburo del agua, sino que lo desplaza temporalmente de la superficie a la columna del agua o al fondo, si tiene además efectos floculantes. A largo plazo, debido a cambios de temperatura o por efectos dinámicos, algunos tipos de hidrocarburos pueden volver a ascender a la superficie y formar agregados, o llegar a las costas de forma dispersa.

-Pueden disminuir la efectividad de otras técnicas o métodos de respuesta en el caso que el proceso de dispersión del hidrocarburo no se alcance.

-No son eficaces sobre todos los tipos de petróleo y bajo toda condición climática.

-Su uso efectivo está reducido a rangos de tiempo limitados debido a la posible emulsión del vertido. Este es un método que únicamente resulta efectivo si se aplica durante las primeras horas tras el derrame, lo cual no siempre es técnicamente viable.

## **VI.2.4 Cuando usar los dispersantes y Cuando NO**

A la hora de saber cuando se debe usar los dispersante se deben de tener en cuenta una serie de circunstancias :

-Especialmente cuando las condiciones hidrometeorológicas no permiten el uso de equipos mecánicos de contención y recolección.

-Cuando la mancha de hidrocarburo se dirige hacia la costa y se hace necesario utilizar todos los métodos disponibles para minimizar el impacto ambiental.

-*"Cuando exista como norma general mínimo la profundidad y distancia a la costa, tal y como se muestran en la imagen siguiente"[29]:*

Volumen a dispersar	Profundidad mínima	Mínima distancia a la costa
<10 ton	5 m	0,5 millas náuticas
10-100 tons	10 m	1 milla náuticas
100-1000 tons	15 m	2,5 millas náuticas

Imágen VI.5 \*Definición de límites geográficos para la aplicación de dispersantes.

Fuente: [http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_09/Doc\\_05%20Dispersantes.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_05%20Dispersantes.pdf)

Para saber si NO se deben de utilizar los dispersantes hay que tener en cuenta las siguientes circunstancias :

-En áreas costeras de baja profundidad, donde el intercambio de agua es bajo, tales como bahías, puertos, rías, etc. donde las concentraciones elevadas pueden persistir por períodos largos afectando a los organismos.

-El hidrocarburo tenga más de 48 horas sobre la superficie del mar, ya que probablemente estará meteorizado.

-El hidrocarburo derramado sea un hidrocarburo persistente normalmente crudos y los productos refinados pesados.

-*"No se aplicará el dispersante en lugares cercanos a"[31]:*

Áreas Naturales Protegidas, marinas y costeras.

Áreas de alimentación y reproducción de animales que se encuentren en la franja costera.

En áreas con recursos pesqueros.

En áreas donde se encuentran tomas de agua para consumo humano.

Humedales costeros y marinos.

Arrecifes coralinos.

Áreas de cultivo y extracción de moluscos bivalvos.

Raras veces las circunstancias que favorecen el uso de dispersantes son bien definidas. Frecuentemente es necesario sopesar la relación efectividad-costos y definir cuáles son las prioridades conflictivas para la protección de diferentes recursos del daño de la contaminación. Es importante entonces que se establezca un orden de prioridades para los recursos a ser protegidos y se fijen las circunstancias bajo las cuales pueden aplicarse dispersantes antes de que ocurra un derrame.

## **VI.2.5 Técnicas de Aplicación de Dispersantes**

La elección de la técnica más adecuada de aplicación de dispersantes sobre vertidos de hidrocarburos en el medio marino debe tener en cuenta una serie de factores principales como el tiempo necesario y el disponible para su aplicación efectiva, el costo de la misma, las condiciones operativas, tipo de dispersante, el tamaño y ubicación del derrame y la disponibilidad de embarcaciones o aeronaves para el rociado de dispersante.

La intervención debe ser lo más inmediata posible, antes de que se produzca la meteorización del hidrocarburo vertido, y en muchos casos, antes de que el vertido alcance zonas sensibles. Para minimizar el tiempo de intervención es indispensable conocer de antemano la situación de los recursos necesarios (localización de aeródromos, inventario de recursos, etc.) así como las restricciones al uso de dispersantes en el litoral.

En general, los sistemas de rociado ideales serán aquellos que permitan una distribución uniforme, maximizando la mezcla entre el hidrocarburo y el dispersante y minimizando la deriva por viento.

A la hora de aplicar los dispersantes se deben tomar todas las precauciones necesarias para garantizar que no se produce ningún contacto con los dispersantes. Los operarios deben vestir indumentaria protectora, incluidas gafas y máscaras de seguridad, quedando todo el personal que no sea indispensable a una distancia adecuada de las operaciones de rociado.



Imágen VI.6 \* Indumentaria adecuada para la aplicación de dispersantes manualmente.

Fuente: web annares.wordpress.com

## **VI.2.5.1 Aplicación de dispersantes en el mar**

En la aplicación en el mar de dispersantes hay dos técnicas principales, aplicación desde aeronaves y desde buques, cuya elección dependerá de la evaluación de los factores anteriormente indicados.

### **VI.2.5.1.1 Aplicación desde aeronaves**

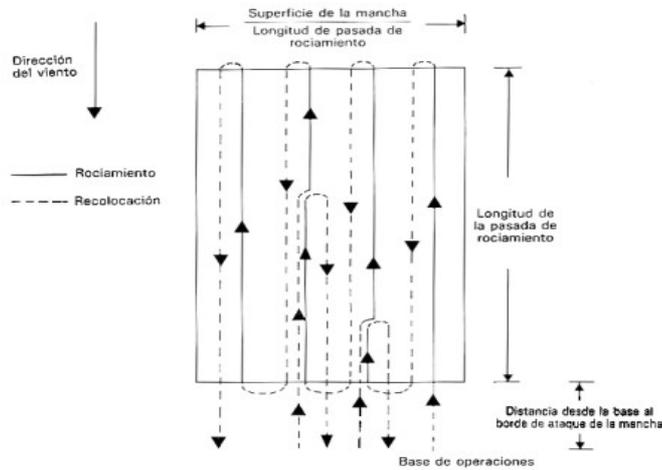
Esta técnica de aplicación de dispersantes supone la respuesta más ventajosa de cara al factor tiempo, dado que las aeronaves pueden desplegarse con rapidez desde cualquier base distante del lugar del derrame. *"El rociado aéreo permite una buena vigilancia, altas tasa de tratamiento, uso óptimo del dispersante"*[30] y una mejor evaluación del uso del tratamiento del dispersante.

Para que este tipo de aplicación sea efectivo, únicamente se recomienda el empleo de dispersantes del tipo 3 (concentrados), dado que el rociado aéreo no se complementa

con acciones que favorezcan la mezcla del dispersante con el vertido, y esta solo se produce de forma natural. Es por esto entonces que debe ser aplicado en condiciones de mar agitado y buena visibilidad sobre el mar.

A la hora de realizar el rociado del dispersante desde un aeronave se debe hacer de la siguiente manera:

*"El dispersante debe aplicarse a la parte más espesa de la mancha, que suele caracterizarse por tonalidades negra, parda o anaranjada, y se localiza generalmente hacia el borde de la misma en dirección del viento o cerca de la fuente de contaminación"[12].* El rociamiento se efectúa normalmente contra el viento, aunque puede realizarse a favor de viento si su velocidad es lo suficientemente baja y volando lo más bajo posible (altura óptima entre 5 y 15 m).

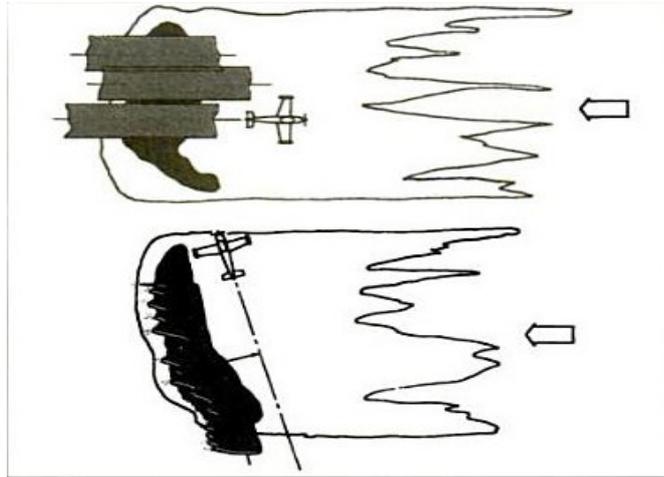


Imágen VI.7 \* Pauta típica de rociado de dispersantes desde una aeronave (sólo rocía cuando vuela contra el viento) .

Fuente [http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_09/Doc\\_05%20Dispersantes.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_05%20Dispersantes.pdf)

Si los hidrocarburos se encuentran concentrados en una franja estrecha con el viento de costado, el tratamiento debe realizarse con pequeñas pasadas sucesivas siguiendo

el eje del viento, o con el viento de costado teniendo en cuenta el arrastre transversal del dispersante.



Imágen VI.8 \* Tratamineto de manchas en franjas estrechas.

Fuente: Manual de lucha contra la contaminación por hidrocarburos (José María Silos Rodríguez)

### VI.2.5.1.1.1 Tipos de aeronaves

Para la realización de operaciones en el mar se suelen emplear, por motivos de seguridad, aeronaves de al menos dos motores, aunque en la práctica pueden servir para el empleo de dispersantes helicópteros o cualquier aeronave capaz de operar a baja altitud y velocidad relativamente baja (entre 50 y 150 nudos).

*"Las aeronaves utilizadas en el rociado pueden ser de tres tipos"[29]:*

-Aeronaves diseñadas para operaciones agrícolas y control de plagas, cuya reacción es rápida dado que puede despegar y aterrizar desde pistas rudimentarias.

Estas tienden a ser mono-motor por lo que solo es adecuado para el rociado de aguas costeras. Suelen tener un rendimiento y capacidad de carga limitadas (500 a 1500 litros con una capacidad de rociado de 120 litros/minutos) con distribución precisa del químico, especialmente para manchas fragmentadas.



Imágen VI.9 \* Air Tractor rociando rociando desde un tagón de rociado bajo el ala sobre un petróleo crudo derramado por una plataforma.

Fuente: <http://www.itopf.com/es/knowledge-resources/documents-guides/document/4-uso-de-dispersantes-para-el-tratamiento-de-derrames-de-hidrocarburos/>

-Aeronaves que han sido modificadas para operaciones de rociado, por lo general multi-motor con gran capacidad de carga (5000 a 20.000 litros con una capacidad de rociado de 400 litros/minutos). Estas solo son adecuadas para derrames masivos, requieren de una gran logística y son caros.



Imágen VI.10 \* Aplicación de dispersantes desde aeronaves multimotor.

Fuente: [http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_09/Doc\\_05%20Dispersantes.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_05%20Dispersantes.pdf)

En cuanto al sistema de rociado de aviones estos pueden ser fijos o portátiles. Un sistema de bombeo, propulsado por el motor del aparato o mediante una hélice

aeropropulsada, envía el dispersante con un flujo constante desde uno o varios depósitos hacia un tangón rociador, que suele estar situado bajo el fuselaje o a lo largo de las alas.

-Aeronaves que pueden ser modificadas con poco tiempo de aviso, que incluyen a la mayoría de los helicópteros y aeronaves mayores de transporte tales como el "Hércules C130" (capacidad de carga de 20.000 litros).



Imágen V. 11 \* Aeronave "Hércules C130"

Fuente: <http://gasparferrer.es/c130-hercules/el-hercules/>.

Las helicópteros pueden operar desde una base cercana al derrame y usarse en lugares de difícil acceso (cerrados). Su promedio de rociado es menor que el de los aviones con una capacidad de carga entre 500 y 3.000 litros. También ofrecen la posibilidad de recargar dispersantes desde una embarcación o plataforma.

En lo referente al equipo de rociado desde helicópteros, existen dos sistemas para la aplicación: el sistema integral o de "a bordo", y el sistema de cuba suspendida. El primero consta de un tanque y una bomba alimentada por el motor o electricidad, que están instalados en el mismo helicóptero, además de un tangón rociador de configuración similar al instalado en aeronaves de ala fija. En el segundo sistema todo el equipo rociador va transportado en una barquilla bajo el helicóptero, cuyas bombas de rociado suelen ser alimentadas por motor autónomo controlado desde la cabina.



Imágen VI.12 \* Helicóptero con sistema de cuba suspendida para el rociado de dispersantes.

Fuente:<http://www.oilproduction.net/>

La aeronave óptima para una operación en particular estará determinada por el tamaño y la ubicación del derrame, pero principalmente dependerá de su disponibilidad. Son muchas las consideraciones a tener en cuenta a la hora de seleccionar una aeronave determinada. El tamaño y la capacidad de carga de las mismas, su autonomía de vuelo, la capacidad de maniobra y operación desde pistas de aterrizaje de distintas longitudes, la cercanía a la mancha, la disponibilidad de combustible suficiente, son solo algunas de estas consideraciones.

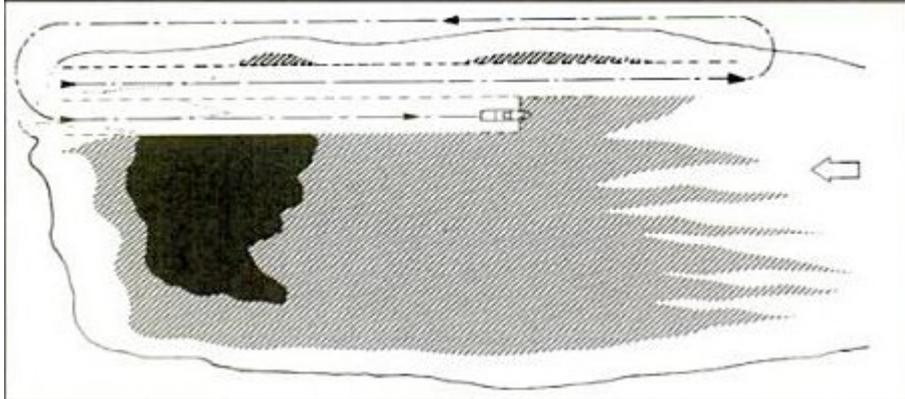
### **VI.2.5.1.2 Aplicación desde embarcaciones**

Esta estrategia resulta más lenta que la realizada desde aeronaves y por lo que supone tener los dispersantes preparados para su utilización o almacenarlos en puntos estratégicos del litoral para agilizar el proceso. Sin embargo, a pesar de ello en algunos casos la rápida meteorización o expansión de los hidrocarburos hacen que este método de intervención no resulte viable.

La eficacia de los buques se ve enormemente reducida cuando el estado de la mar está malo entre 3-4 en la "Escala Beaufort".

A la hora de realizar el rociado del dispersante desde una embarcación se debe hacer

de la misma manera que desde una aeronave ( en contra del viento y en la parte más espesa de la mancha).

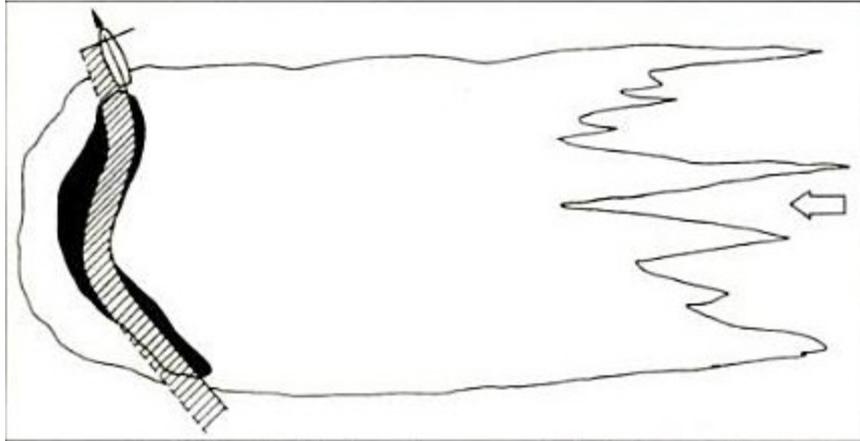


Imágen VI.13 \* Rociado de dispersante desde un buque .

Fuente: Manual de lucha contra la contaminación por hidrocarburos (José María Silos Rodríguez)

Aunque en el caso de la aplicación de dispersantes desde embarcaciones hay algunas circunstancias que se deben de combatir de una forma concreta como son los siguientes casos:

Si los hidrocarburos ya han formado franjas estrechas con el viento de costado, *"el tratamiento debe realizarse siguiendo las franjas, pero utilizando sólo el equipo aspersor colocado en el costado de sotavento"*[12] (la parte hacia donde se dirige el viento).



Imágen VI.14 \* Rociado de dispersante desde un buque con viento de costado.

Fuente: Manual de lucha contra la contaminación por hidrocarburos (José María Silos Rodríguez).

Si la mancha se dirige hacia la costa provocando peligro de contaminación, lo mejor es trabajar en forma circular a lo largo de los bordes de la mancha, conteniendo así su expansión.

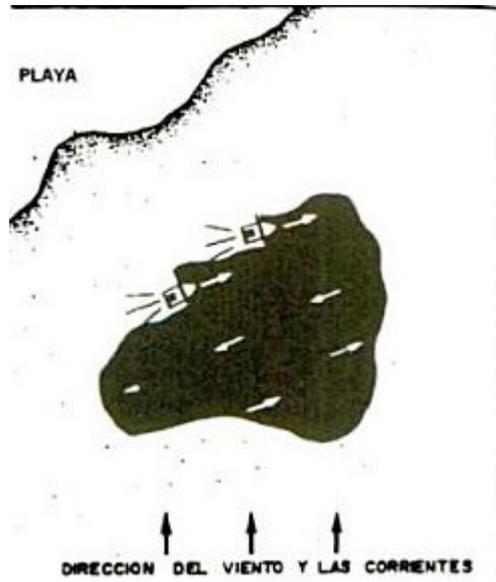


Imágen VI.15 \* Rociado de dispersantes desde buques en forma circular.

Fuente: Manual de lucha contra la contaminación por hidrocarburos (José María Silos Rodríguez).

Si el viento y la corriente están moviendo la mancha hacia la costa es recomendable, hasta donde sea posible, el rociar sobre el frente de la mancha que ofrece más riesgo

de contaminación.



Imágen VI.16 \* Rociado de dispersantes desde buques sobre el frente que afecte más a la costa.

Fuente: Manual de lucha contra la contaminación por hidrocarburos (José María Silos Rodríguez).

En todos los casos hay que evitar cortar y fragmentar la mancha mediante pasadas sobre ella en todas las direcciones, ya que pronto resultaría imposible detectar y tratar correctamente la mancha entera.

### **VI.2.5.1.2.1 Tipos de embarcaciones**

El tipo de embarcación para realizar las labores de rociado de dispersante varían en cuanto al tamaño:

Los buques de gran porte pueden transportar grandes cantidades de dispersantes y permanecer durante mucho tiempo realizando operaciones de rociado.



Imágen VI.17 \* Buque de gran porte preparado para el rociado de dispersantes.

Fuente : [www.nauticexpo.es](http://www.nauticexpo.es)

Las pequeñas embarcaciones no son efectivas en derrames de grandes dimensiones, ya que no disponen de suficiente espacio de almacenamiento para las grandes cantidades de dispersantes que se necesitará aunque pueden resultar eficaces en el tratamiento de pequeñas manchas en aguas poco profundas o en zonas más restringidas.



Imágen VI.18 \* Remolcador perparado para el rociado de dispersantes .

Fuente: <http://www.itopf.com/es/knowledge-resources/documents-guides/document/4-uso-de-dispersantes-para-el-tratamiento-de-derrames-de-hidrocarburos/>

En cuanto al equipo de rociado de las embarcaciones el sistema utilizado es por tangones de aspersión. Este sistema consiste en una armadura larga la cual trae

incorporada los sistemas de aspersión y se despliega hacia la parte exterior de una embarcación normalmente colocada en la proa de las embarcaciones para evitar que el dispersante vertido al mar sea desplazado por la ola que genera el barco con su proa al avanzar en la mar.

El producto será empujado por medio de una bomba de impulsión hacia los aspersores, que rociarán el producto en gotas pequeñas sobre la mancha de petróleo. Las boquillas de los aspersores lanzan un chorro plano de forma parecida a una lluvia.



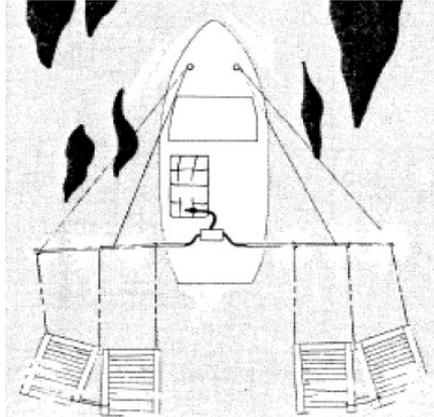
Imágen VI.19 \* Adaptación de equipos de rociado a una embarcación de pequeño tamaño.

Fuente: [http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_09/Doc\\_05%20Dispersantes.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_05%20Dispersantes.pdf)

Un sistema muy utilizado es el compuesto por un equipo portátil de baja presión con un volumen de descarga de 75 litros por minuto, con dispersante diluido en agua marina o sin diluir. Las embarcaciones más pequeñas suelen utilizar equipos con capacidades de descarga sobre los 20 litros por minutos. Las embarcaciones específicas de lucha contra la contaminación marina montan sistemas de hasta 1.000 litros/minuto.

En el supuesto de necesitar aplicar dispersantes a base de hidrocarburo o concentrados, diluidos desde los tangones de aspersión, habrá que alcanzar una óptima mezcla del disolvente con la mancha de petróleo. Para ello se deberán remolcar por detrás de los aspersores unos tableros encargados revolver el esparcidor con el agua marina. Otro sistema bastante utilizado es hacer pasar las hélices de las

embarcaciones por encima del vertido.



Imágen VI.20 \* Tableros remolcados por detrás de los aspersores encargados revolver el esparcidor con el agua marina.

Fuente: Manual de lucha contra la contaminación por hidrocarburos (José María Silos Rodríguez).

Otro método que se puede emplear para rociar dispersante sobre manchas de petróleo es hacer uso de los sistemas contraincendios de los propios buques. En esta ocasión el diseminador no es tan eficaz, ya que se aplica diluido.



Imágen VI.21 \* Aplicación de dispersantes mediante monitores contra incendios de un remolcador.

Fuente: <http://www.itopf.com/es/knowledge-resources/documents-guides/document/4-uso-de-dispersantes-para-el-tratamiento-de-derrames-de-hidrocarburos/>

### **VI.2.5.1.3 Aplicación en la costa**

En muchos países no permiten el uso de dispersantes en el litoral por los efectos adversos que pueden producir las concentraciones de hidrocarburos dispersados en los recursos que se encuentran en sus proximidades.

En otros, se autoriza el uso de dispersantes en zonas donde se produce una fuerte acción de las mareas, pero bajo un estricto control y utilizando productos que hayan superado una prueba de toxicidad específicamente diseñada para las características de dicho litoral.

*"El uso de dispersantes en algunas costas puede resultar útil en las etapas finales de la limpieza"[12].* Si la contaminación es alta, es importante recoger primero el grueso del hidrocarburo derramado mediante otra técnica de limpieza. La fuerte acción del oleaje puede limpiar naturalmente algunas playas sin necesidad de remover inmediatamente el hidrocarburo.

En la limpieza de costas pueden utilizarse tanto dispersantes de base de hidrocarburo como concentrados, aunque el primer tipo puede tener una mayor penetración en hidrocarburos viscosos gracias al solvente de hidrocarburo. Las tasas de aplicación del dispersante deben estar en el mismo rango que las utilizadas en el mar. En caso de una contaminación aguda, muchas veces es preferible limpiar las superficies contaminadas con dos o más tratamientos separados, y no tratar de remover todo el hidrocarburo de una sola aplicación.

Es importante en la aplicación del dispersante tener en cuenta que:

- La playa se lave con agua de mar unos 30 minutos después de la aplicación, minimizando así la penetración del dispersante en el material de playa.
- En el caso de las playas de cascajos o rodados se recomienda un período aun más corto.
- En zonas con mareas lo mejor es realizar el rociado del hidrocarburo justo antes del avance de la marea alta.
- En costas sin diferencias de marea se puede lavar con agua de mar a baja presión teniendo cuidado de no empujar el hidrocarburo hacia el sustrato.

-Asegurar que el hidrocarburo tratado permanezca dispersado y no reaparezca en la superficie formando una mancha que podría contaminar otras áreas.

-Las áreas donde se desarrollan las distintas tareas de limpieza de playa debe restringirse el acceso del público.

Los dispersantes pueden ser utilizados también para limpiar rocas, rompeolas y otras estructuras construidas por el hombre.

El equipo utilizado para la aplicación del dispersante dependerá del tipo de material de playa que será limpiado, la factibilidad de acceso y la dimensión de la operación.

Normalmente se utilizan los siguientes equipos :

-*"Equipos portátiles de mochila o bombas portátiles de contraincendios con succión de agua de mar"*[29], equipada con una bomba de descarga o alimentación del producto químico.



Imágen VI.22 \* A la izquierda se encuentra sistema de mochila de pulverización de dispersante / portátil y a la derecha el sistema de pulverización portátil / de dispersante.

Fuentes: <http://www.nauticexpo.es/prod/ayles-fernie-international/product-32632-364782.html> ;  
[http://www.nauticexpo.es/prod/ayles-fernie-international/product-32632-364782.html#product-item\\_199704](http://www.nauticexpo.es/prod/ayles-fernie-international/product-32632-364782.html#product-item_199704)

Es necesario utilizar cepillos de mano para facilitar el mezclado y el lavado con chorros de agua a alta presión para limpiar el hidrocarburo de las superficies

verticales. La mezcla de agentes gelificantes con el dispersante puede evitar este se escurra por las paredes verticales aumentando así el tiempo de contacto entre el hidrocarburo y el dispersante.



Imágen VI.23 \* Es fundamental también que las personas que trabajen en las operaciones de rociado utilicen ropa adecuada de protección, que incluya guantes, botas, gafas protectoras y barbijos.

Fuente: [http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_09/Doc\\_05%20Dispersantes.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_05%20Dispersantes.pdf)



Imágen VI.24 \* Lavado con chorros de agua a alta presión.

Fuente: [www.pond5.com](http://www.pond5.com)

### **VI.3 Incineración in situ.**

La incineración intencionada de hidrocarburos derramados sobre la superficie del

mar, conocida como incineración in situ, resulta ser, en ciertas condiciones, un *"método potencialmente eficaz para eliminar grandes cantidades de hidrocarburos en un periodo de tiempo relativamente corto"*[33].

Esta ofrece ventajas en ciertos casos con respecto a técnicas más convencionales como la contención y la recuperación: desde un punto de vista logístico, resulta relativamente sencilla y reduce las necesidades de almacenamiento, manipulación y trasvase, tratamiento y eliminación de los hidrocarburos o de las aguas oleosas recogidas.

La ignición de una mancha de hidrocarburos se produce cuando la temperatura de la superficie de la mancha alcanza su punto de inflamación (el punto en el que los hidrocarburos se vaporizan en cantidades suficientes como para mantener la combustión). Para que la combustión se sostenga y las llamas se propaguen, la temperatura de la superficie de la mancha deberá alcanzar su punto de incendio, que suele ser unos grados superior al punto de inflamación. Este punto de incendio es la temperatura a la que la velocidad de vaporización es igual o superior a la velocidad de combustión.

La quema "in situ" es una solución efectiva en primera instancia, aunque según pasa el tiempo va perdiendo eficacia hasta que llega un momento en que no es eficaz debido a que a medida que progresa la combustión, la mancha se hace más delgada, reduciendo, de este modo, la capacidad de aislamiento de la capa de hidrocarburos. Su extinción se produce cuando se ha incrementado la pérdida de calor hasta el punto en el que la temperatura de la superficie de la mancha cae por debajo del punto de incendio.

Por lo general, una mancha que esté ardiendo se extinguirá por sí misma una vez que el espesor de la mancha se haya reducido hasta alcanzar determinado espesor (del orden de 1 milímetro).

En el momento de intentar quemar los hidrocarburos, sus propiedades serán las que determinen el nivel de aporte de calor que se requiere para alcanzar el punto de incendio.

La mayoría de los hidrocarburos se quemarán con éxito si la mancha tiene el espesor suficiente y hay energía suficiente disponible para hacer que la mancha prenda y mantener el proceso de combustión.

Los crudos recién derramados se queman con más facilidad, mientras que los hidrocarburos meteorizados requieren, por lo general, un periodo de calentamiento mayor para llegar a prender. Es difícil que las emulsiones prenda y llega a hacerse imposible una vez que el contenido de agua ha superado un cierto porcentaje.

Por lo tanto algunos hidrocarburos pueden ser quemados con un alto grado de eficiencia cuando la mancha presenta las siguientes características:

-Espesor adecuado ( $> 1$  mm )

-Relativamente fresco

-Poco emulsionado (el hidrocarburo según va transcurriendo el tiempo desde que se ha derramado va incorporando agua, gana densidad y viscosidad, este proceso de meteorización se denomina emulsión del producto).

-Aunque hay que tener en cuenta también las condiciones meteorológicas, ya que si el viento alcanza los 20 nudos (fuerza 5 en la escala Beaufort) y las olas un metro de altura, podrían impedir la aplicación de dicha técnica.

En España es necesario pedir permiso a las autoridades medioambientales para realizar estas operaciones de quemado de hidrocarburos, debido a los inconvenientes que pueden acarrear tanto al medio marino, a la atmósfera como a posibles núcleos de población en las cercanías.

### **VI.3.1 Técnica operacional**

El método de eliminación de los hidrocarburos de la superficie del mar por quemado debe realizarse identificando las áreas más gruesas de la mancha de hidrocarburo y *"remolcando la barrera ignífuga que contiene el hidrocarburo en sentido contrario a la dirección del viento en configuración U"*[12].



Imágen VI.25 \* Incineración in situ de hidrocarburos con barreras remolcadas en configuración "U".

Fuente : <http://www.magrama.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/plan-ribera/contaminacion-marina-accidental/incineracion.aspx>

A continuación hay que aplicar el fuego en la mancha contenida . Para ello se utilizan unos elementos iniciadores que se lanzan a mano o desde helicópteros. Los combustibles empleados para la creación del iniciador suelen ser querosenos gelificados y compuestos de reactivos químicos. Existen dispositivos explosivos para la ignición, pero no generan demasiadas garantías, ya que la detonación rompe la superficie de la mancha y no transmite el calor deseado de manera eficaz.

Si se utiliza una antorcha suspendida de un helicóptero éste debe volar en sentido contrario a la dirección del viento o en ángulo recto con el rumbo de los buques remolcadores.

Una vez que la operación de quemado haya concluido, esperar una hora como mínimo y después comenzar las operaciones de recogida mecánica de las pequeñas cantidades de residuos de la combustión.

### **VI.3.2 Ventajas y Desventajas de la incineración in situ de hidrocarburos**

Las ventajas fundamentales del quemado in situ son dos:

-La rapidez y la economía:

-Pueden ser eliminadas en poco espacio de tiempo grandes cantidades de hidrocarburo, con un grado importante de efectividad (90-95%).

-Aunque con algún tipo de hidrocarburo pueda haber dificultades para conseguir la ignición, la mayoría son susceptibles al quemado.

-Los hidrocarburos pueden eliminarse sin la necesidad de contenerlos, recuperarlos, almacenarlos y tener que gestionar el transporte y tratamiento de grandes cantidades de aceite y agua, lo cual reduce muchísimo el tiempo que supone las acciones contra un derrame, y por supuesto, su coste.

-Con esta técnica se minimiza en gran medida el número de personal y de equipos necesarios.

-Puede ser eficaz para derrames de hidrocarburos en hielo, siendo más eficaz que el despliegue de barreas o skimmers ya que el hielo puede actuar como barrera natural provocando que el hidrocarburo se concentre en las cantidades y espesor suficiente como para ser incinerados.

En cuanto a las desventajas de la incineración in situ se citan las siguientes :

-Genera una gran cantidad de humo negro y denso, cuyo impacto visual y el posible efecto negativo en la salud de la población próxima pudiendo causar importantes problemas respiratorios o agravar los síntomas de pacientes con enfermedades cardiacas o pulmonares puede repercutir en la negativa de las autoridades a conceder el permiso necesario para su realización. Estos gases emitidos también dan lugar a que se produzca el efecto invernadero.

-El calentamiento de la superficie de agua debajo del derrame puede ocasionar trastornos en las especies vivas de la zona.

-Deberán tomarse las medidas de seguridad ante el riesgo que acompaña a cualquier incendio.

-La toxicidad de los residuos resultantes de la incineración no es muy diferente de la toxicidad de los hidrocarburos originales . Estos pueden interferir en las actividades

pesqueras pudiendo asfixiar a los organismos bentónicos y perjudicar a los caladeros.



Imágen VI.26 \* Incineración in situ de hidrocarburos con barreras la cual provoca una gran columna de humo provocando efectos negativos contra la salud.

Fuente: <http://medioambientales.com/tag/petroleo/>

En definitiva si el tipo de hidrocarburo y la localización del derrame son los adecuados, la incineración in situ puede ser la estrategia más idónea si se efectúa con la suficiente rapidez con el fin de evitar la evaporización de los componentes más volátiles del producto derramado que, por otro lado, son los que nos permitirán el conseguir la ignición de forma sencilla. Sin embargo, con el paso de las horas estos vapores irán desapareciendo, el hidrocarburo perderá temperatura y se esparcirá sobre la superficie del agua haciendo que la ignición sea complicada y, por lo tanto, esta estrategia inviable.

Por ello a la hora de utilizar esta estrategia hay que tener en cuenta :

- Que haya la cantidad y espesor suficiente de hidrocarburos como para que se produzca la ignición.
- Que las condiciones meteorológicas sean las adecuadas.
- Que el impacto al medioambiente provocado por la incineración in situ sea menor que el posible impacto provocado por el vertido de hidrocarburos.

## VI.4 Medios de Contención y Cercado del Derrame

El proceso de contención de un vertido es el método que se utiliza para impedir la extensión del petróleo derramado sobre la superficie del mar, a fin de minimizar la contaminación del medio ambiente y facilitar de esta manera la recogida del hidrocarburo.

En las operaciones de contención y recuperación se utilizan barreras de contención cuyos objetivos pueden ser :

- Mantener el vertido en un lugar determinado.
- Mantener el vertido alejado de un área determinada.
- Dirigir el vertido hacia un punto específico.

Existe en el mercado una gran variedad de barreras, con unos diseños que pueden variar considerablemente, a pesar de que normalmente *"todos contienen cinco elementos básicos"*[34]:

-Francobordo: constituye la parte emergida de la barrera, y su función es impedir o reducir la fuga por salpicaduras.

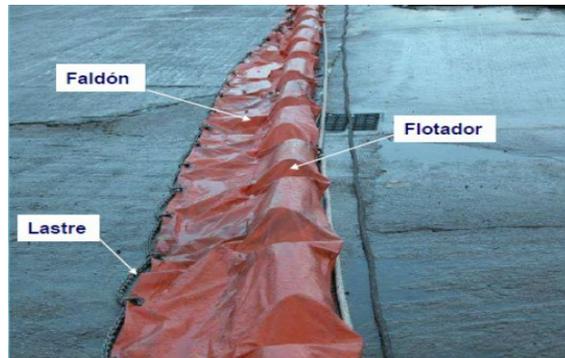
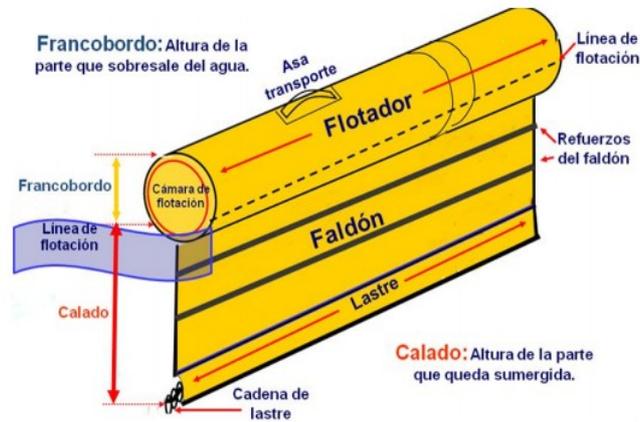
-Faldón: es la parte sumergida de la barrera, que impide o reduce la fuga de hidrocarburos por debajo de la barrera. Acostumbra a estar formado por una o varias capas de lona resistente al agua y los hidrocarburos. Algunos modelos proporcionan faldones permeables al agua.

-Flotador: es el elemento que mantiene la barrera en la superficie del agua. Puede ser de aire (hinchable) o de materiales flotantes.

-Elementos de amarre y fondeo: son el conjunto de elementos diseñados para resistir la tracción producida por los vientos, oleajes y corrientes, y mantener la barrera posicionada en un lugar determinado. Los elementos de amarre consisten en cables, cabos o cadenas, que se unen a anclas o muertos, o bien fijaciones terminales especiales que unen los extremos de la barrera a conexiones en tierra.

-Elementos de lastrado: están formados por cadenas de acero, plomo u otros materiales pesados o cámaras de agua, y se integran en la parte inferior de las

barreras para asegurar la verticalidad del faldón, que debe actuar de barrera.



Imágen VI.27 \* Partes de una barrera.

Fuente: [http://www.cipex.net/catalogo.php?id=2&producto=Barreras\\_Flotantes](http://www.cipex.net/catalogo.php?id=2&producto=Barreras_Flotantes)

En cuanto a las propiedades básicas de las barreras se basan en:

-El Material:

Los materiales empleados y el proceso de fabricación son fundamentales, pues influyen en la robustez y resistencia a la acción de los agentes atmosféricos, hidrocarburos, productos químicos o detergentes. El material del que están compuestas las barreras debe ser resistente a los hidrocarburos y al agua, y duradero en las condiciones normales de almacenaje.

Debe ser resistente también a las tensiones asociadas a su despliegue y utilización y a

las condiciones ambientales a las que se exponen (irradiación solar y temperatura). En el caso que deban ser usadas para la contención de hidrocarburos y combustión in situ tendrán que ser, además, resistentes al fuego. De forma análoga, cuando se utilicen barreras en combinación con dispersantes se deberán asegurar que los materiales de fabricación de las barreras sean compatibles con las sustancias químicas utilizadas.

El material más ampliamente utilizado en la fabricación de barreras de contención de derrames de hidrocarburos es el PVC (Cloruro de Polivinilo), debido a su resistencia y a su coste relativamente bajo respecto a otros materiales como el PU (Poliuretano), que presenta un comportamiento similar. También se fabrican algunas barreras en neopreno, que presenta una mayor resistencia a la tracción, pero resulta más pesado y presenta menor durabilidad.

En la imagen siguiente se muestran las principales propiedades de estos tres materiales :

Material	PVC	PU	Neopreno
Temperatura de Trabajo	-40°C a 80°C	-40°C a 80°C	-30°C a 70°C
Resistencia al rasgado	450 Kg	450 Kg	350 Kg
Resistencia del tejido	9,5 Tm	10 Tm	18 Tm

Imagen VI.28 \* Características de los diferentes materiales de los que están hechas las barreras.

Fuente: [http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_09/Doc\\_03%20Barreras.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_03%20Barreras.pdf)

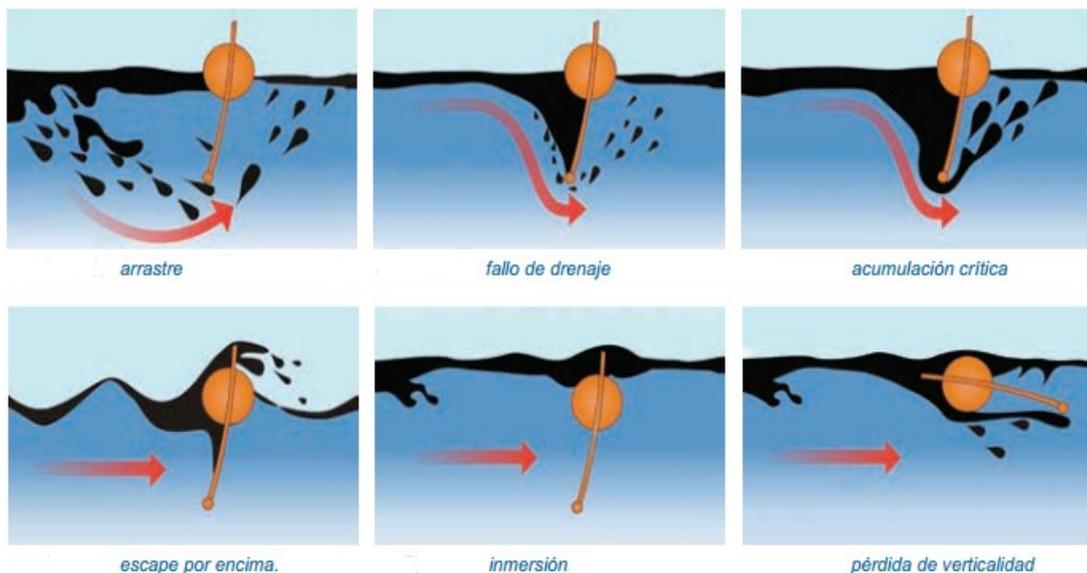
#### -Capacidad de Retención de Hidrocarburos:

La principal propiedad de una barrera debe ser su capacidad para retener o desviar hidrocarburos, la cual está determinada por su comportamiento respecto al movimiento de la superficie del mar. Debe ser suficientemente flexible para adaptarse al oleaje, y suficientemente rígida para retener la máxima cantidad de hidrocarburos posible. La capacidad de una barrera para retener hidrocarburos

depende de su geometría y de su facilidad para adaptarse a la superficie del mar, que se modifica por la acción del oleaje.

*"Se pueden producir fugas de hidrocarburos a través de la barrera por diversos motivos"[35]:*

- Salpicaduras que superan el francobordo.
- Corrientes subsuperficiales generadas por una velocidad excesiva mientras son remolcadas.
- Pérdidas por fuentes de hidrocarburos inyectados por la acción turbulenta del viento y el oleaje.
- Conexiones defectuosas entre barreras o entre éstas y la costa.
- Amarraje defectuoso o lastrado insuficiente.
- Vuelco.



Imágen VI.29 \* Fugas de hidrocarburos a través de las barreras.

Fuente: [http://www.itopf.com/uploads/translated/TIP3\\_SPUseofBoomsinOilPollutionResponse.pdf](http://www.itopf.com/uploads/translated/TIP3_SPUseofBoomsinOilPollutionResponse.pdf)

-Geometría y Funcionalidad:

En general, las dimensiones óptimas de una barrera están condicionadas por el estado del mar en el que se despliega por lo que el francobordo debe ser suficientemente

elevado como para impedir las salpicaduras, mientras que el faldón tendrá un calado similar al francobordo para impedir las fugas por debajo de la barrera.

En relación a la longitud, las barreras pueden ser de sección corta o larga. Las de secciones cortas facilitan el manejo y protegen la integridad del conjunto en el caso de fallar una de las unidades, aunque dificultan una adecuada conexión entre módulos, dado que estas conexiones interrumpen el perfil de la barrera y pueden favorecer las pérdidas si coinciden con zonas de acumulación del hidrocarburo.

Según el país del fabricante podremos decir que existen dos longitudes estándar. En Europa, las barreras portuarias y costeras son de 25 metros por tramo.

En cuanto a las barreras tipo selladoras, con el fin de hacerlas más operativas son de 15 y 20 metros. La fabricación de barreras en América, tienen una medida estándar de 100 ó 110 pies, lo que equivale a 30.48 y 33.53 metros respectivamente.

En cuanto a las barreras oceánicas son fabricadas en medidas más grandes al tener que ser desplegadas desde barcos y en muchas ocasiones en condiciones marítimas fuertes. Para evitar roturas en los puntos de unión, se construyen de entre 100 y 300 metros, con lo que también se logra un mejor comportamiento en la ola.

Las barreras deberán tener preferentemente una baja presión de inflado para facilitar el inflado con maquinaria de poca potencia (equipo inflado portátil). También deberán tener una alta relación entre flotabilidad y peso. Esta relación les permite una mejor adaptación al movimiento de la superficie del mar, sobretodo en situaciones de fuerte oleaje y mar abierto.

El diseño de conectores adecuados debe facilitar y acelerar el despliegue de las barreras, así como la utilización de elementos que faciliten su despliegue, recogida y estiba (carreteles, contenedores de almacenaje y estiba, etc.) Cada tramo de las barreras deberá estar equipado con conexiones rápidas y de tipo estándar para facilitar su unión a otras barreras o a otros elementos de sujeción.

## VI.4.1 Tipos de barreras

Aunque actualmente existen en el mercado múltiples tipos de barreras, se pueden establecer cuatro grandes grupos basándose en diferentes características:

Por tipo de faldón:

- Cortina
- Valla

Por tamaño y ámbito de uso:

- Barreas portuarias
- Barreras costeras.
- Barreas oceánicas.

Por tipo de flotador:

- Barreras de flotador sólido.
- Flotador sólido plano.
- Flotador sólido cilíndrico.

Barreras con flotador de cámara de aire.

- Inflables.
- Auto-inflables.

Por material de construcción:

- Tejido recubierto de PVC.
- Tejido recubierto de caucho.

Los diferentes tipos interrelacionan entre ellos dependiendo del uso y aplicación de cada barrera.

Aparte de estos tipos mencionar las barreras especiales con un uso muy determinado, en esta clase debemos incluir las barreras resistentes al fuego, las selladoras de playa y las especialmente diseñadas para la recogida y almacenaje de hidrocarburo a flote.

Dependiendo del tipo de faldón se diferencian dos grupos:

Barreras de Cortina:

- Poseen un faldón o "*malla flexible sub-superficial continua que se sostiene por una*

*cámara de flotación sólida o de aire, generalmente de sección transversal circular"[35].*

-Las barreras de flotación por aire ocupan poco espacio de almacenamiento ya que se desinflan, mientras que las de flotación sólida, que son más resistentes a los daños, ocupan un gran espacio de almacenamiento.

-Las barreras de cortina poseen una buena capacidad de adaptarse a las olas, velocidades de escape moderadas y son relativamente fáciles de limpiar.



Imágen VI.30 \* Barrera de cortina.

Fuente: [http://www.cethus.org/mar\\_limpio/conservacion\\_s1.html](http://www.cethus.org/mar_limpio/conservacion_s1.html).

Barreras de Valla:

-Poseen una sección transversal más plana manteniéndose verticalmente en el agua por flotación integral o externa.

-Son ligeras y robustas de despliegue rápido y sencillo y con una superficie lisa fácil de limpiar.

-Por lo general las barreras de valla son más adecuadas para ser utilizadas en aguas tranquilas con bajas velocidades de corrientes, como golfos, dársenas con poca amplitud de mareas etc.



Imágen VI.31 \* Barrera de Valla.

Fuente: <http://www.markleen.com/es/productos/uniboom-c-barreras-de-contencion-planas-de-flotacion-solida/>

Dependiendo del tamaño y ámbito de uso se diferencian tres tipos:

Portuarias:

-Son "*barreras con un altura entre 0,30 y 0,75 m*"[36] para protección de zonas portuarias o radas de aguas abrigadas y tranquilas, sin corrientes y con una altura de ola inferior al medio metro.

-Barreas con poco calado lo que facilita su utilización, suelen ser de flotador sólido lo que permite su uso con muy poco personal, ligeras de despliegue rápido y sencillo ideales para aplicaciones portuarias en las que una intervención inmediata es esencial.

-Su utilidad es la contención de pequeños derrames, protección de zonas determinadas como muelles, pantalanes deportivos, tomas de agua, aspiraciones de refrigeración de industrias, confinamiento de zonas de suministro de combustible, etc.



Imágen VI.32 \* Barrera portuaria.

Fuente: <http://www.lavozdigital.es/campo-gibraltar/201505/18/atlantida-cetaceos-barco-20150518135855-pr.html>

#### Costeras:

-Son barreras con un altura entre 0,75 y 1,30 m para uso en zonas costeras o próximas a esta, bahías o estuarios con aguas no protegidas, zonas de corriente o viento y alturas de ola de hasta 1 metro.

-Este tipo de barreras suelen tener flotadores inflables lo que garantiza una alta relación entre flotabilidad/peso y les confieren una alta capacidad de adaptación las olas lo que permite su uso en zonas expuestas y malas condiciones meteorológicas.

-Para su despliegue necesita más personal, medios mecánicos de inflado y unidades marítimas que colaboren en su remolque y tendido siendo su utilización más lenta y laboriosa usándose por ello en las ocasiones en que una intervención inmediata no es imprescindible. Su utilidad es la contención del hidrocarburo en vertidos próximos a la costa y la protección de todo tipo de zonas de costa sensibles (entradas de bahías y rías, cultivos marinos, zonas de alto valor ecológico, etc.).



Imágen VI.33 \* Barrera costera.

Fuente: <http://www.greensea.com/tag/oil-spill/>.

#### Oceánicas:

-Son barreras con un altura entre 1,30 y 3,0 m para uso en aguas expuestas y alta mar. Estas barreras tienen flotadores cilíndricos inflables, con una baja presión de inflado que les confiere una muy buena adaptación a las olas. De construcción robusta, pensadas para ser remolcadas en grandes tramos por unidades marítimas, soportan cargas de roturas de hasta 50 toneladas, pudiendo ser operativas hasta con alturas de ola de 3 metros.

-Su utilidad es la contención y confinamiento de grandes derrames lejanos a la costa en condiciones adversas y pueden ser combinadas con diferentes medios mecánicos para la recogida del hidrocarburo mediante su remolque adoptando configuraciones que concentran el vertido en el seno de la barrera.



Imágen VI.34 \* Barrera oceánicas.

Fuente: <http://www.salvamentomaritimo.es/sm/bases-y-centros/bases-estrategias-y-subacuaticas/>

Dependiendo del tipo de flotador se diferencian las siguientes barreras :

Barreras con flotador sólido plano:

-Son barreras de flotadores planos para uso en puertos o aguas tranquilas.

-El flotador forma parte de toda la estructura y está formado por una, o varias planchas planas de espuma de polietileno expandido de célula cerrada, un material hidrófobo (repele el agua) que además recobra su forma original en caso de ser deformado, unas barras verticales de refuerzo, reducen la oscilación vertical y el balanceo de la barrera.

-Los materiales empleados y el proceso de fabricación (poliéster recubierto con PVC, soldados por alta frecuencia), las hacen muy robustas y, generalmente, inalterables ante la acción de los agentes atmosféricos, hidrocarburos, productos químicos o detergentes.

-Al no ser necesario su inflado están listas para su despliegue inmediato sin necesidad de hinchado, utilizándose unos 5 minutos para el despliegue de 250 metros. El diseño plano las hace estibables en carretes hidráulicos, y proporciona un uso fácil y cómodo.

Ventajas e Inconvenientes:

-Rápido despliegue

-Muy resistentes al trabajo

-Mala estabilidad.

-Mal comportamiento ante las olas y el viento.

-Mal comportamiento en el remolque.

-Si permanece desplegada durante largos periodos su gran pared rígida hace que se adhieran flora y fauna marina, lo que disminuye su flotabilidad.



Imágen VI.35 \* Barreras con flotador sólido plano.

Fuente: <http://www.markleen.com/es/productos/uniboom-c-barreras-de-contencion-planas-de-flotacion-solida/>

#### Barreras con flotador sólido cilíndrico:

- Estas barreras están desarrolladas para un uso en aguas protegidas y puertos.
- Tienen las tres partes típicas que componen una barrera convencional: flotador, faldón y lastre. En ellas el elemento flotante se encuentra dentro de la cámara de flotación formando tramos de aproximadamente 1 metro de longitud. Este elemento está compuesto por un cilindro rígido de espuma de polietileno o una bolsa plástica cilíndrica rellena de bolitas de PVC.
- Son de construcción sencilla y de bajo coste.
- Presentan un diseño con flotadores sólidos y cilíndricos que les aporta excelente flotabilidad. El balanceo, prácticamente nulo, y la oscilación vertical rápida, permiten la mejor protección ante derrames de petróleo.
- Su diseño rígido y cilíndrico hace que no sean estibables en carretes necesitándose gran espacio de almacenaje en pequeñas longitudes por lo que tienen que ser plegadas y estibadas en el interior de un contenedor o en una jaula de almacenaje.
- Están listas para su despliegue inmediato sin necesidad de hinchado u otra manipulación (normalmente serían necesarias dos personas y dependiendo de la situación en la que tuviese lugar el derrame, utilizaríamos también una embarcación pequeña).

Ventajas e Inconvenientes:

- Buena estabilidad.
- Buen comportamiento en olas.
- Buen comportamiento en remolque.
- Bajo coste.
- Dificultad en el despliegue.



Imágen VI.36 \* Barreras con flotador sólido cilíndrico.

Fuente:<http://www.markleen.com/es/productos/uniboom-a-barreras-de-contencion-cilindricas-de-flotacion-solida/#>

Barreras con flotador de cámara de aire inflables:

- La totalidad de las barreras oceánicas son de este tipo así como la mayoría de barreras de uso costero. Se suelen usar en mar abierto y aguas revueltas.
- En ellas la cámara de flotación se encuentra llena de aire a presión, lo que obliga a que esta sea hermética. Estas cámaras de flotación son independientes y de pequeña longitud (entre tres y cinco metros) para evitar que el pinchazo de una de ellas reduzca la efectividad de la barrera.
- El llenado se produce mediante sistemas mecánicos a través de una válvula de llenado, bien en cada compartimento de flotación o bien a través de una línea que comunica todas las cámaras.
- Es el tipo de barrera más empleado por su facilidad de almacenaje gracias al poco volumen que ocupan desinfladas pudiendo estibar en carretel gran cantidad de

barrera, lo que facilita la operativa de despliegue y recogida. Por ello son muy importante cuando su estiba se realiza en unidades marítimas con espacios limitados de trabajo en cubierta.

-Su uso implica la utilización de sopladores o compresores de inflado así como personal suficientemente entrenado en su manejo, despliegue y mantenimiento. Comúnmente se despliegan 250 m en 10 o 15 minutos.

Ventajas e Inconvenientes:

- Buena estabilidad.
- Buen comportamiento en olas.
- Buen comportamiento en remolque.
- Poco volumen de almacenamiento .
- Velocidad de despliegue condicionado por el inflado.
- Posibilidad de pérdidas de flotabilidad por pinchazos.
- Necesidad de medios mecánicos de inflado.
- Necesidad de personal entrenado en su mane.



Imágen VI.37 \* Barrera con flotador de cámara de aire inflable.

Fuente: <http://www.lamor.com/es/productos/sistemas-de-booms-de-contencion-de-petroleo/booms-de-contencion-inflables-ligerosilb-500-1200/>

Barreras con flotador de cámara de aire auto-inflables:

-Han sido construidas para el uso en aguas expuestas y para alta mar.

-En ellas la cámara de flotación se encuentra también llena de aire pero en este caso a presión atmosférica. Durante su estiba y almacenaje la cámara de flotación se encuentra plegada para que no ocupe espacio, en el momento del despliegue un muelle metálico hace que la cámara adquiera su forma cilíndrica y unas válvulas de retención colocadas en la parte alta de la barrera permiten la entrada de aire al flotador. Unos separadores verticales dividen la barrera en cámaras para evitar en lo posible que una rotura a pinchazo deje inutilizada la barrera.

-El despliegue de la cámara de flotación puede ser también conseguido mediante una espiral plástica o mediante una manguera circular en espiral que se presuriza quedando rígida mediante aire comprimido.

-Éste sistema tiene la ventaja de que la barrera se infla mientras se despliega, estando operativa cuando llega al agua, con el empleo de muy poco personal 300 metros pueden desplegarse en menos de diez minutos, no así en el momento de su recogida que precisa de medios mecánicos especiales para el plegado de las cámaras.



Imágen VI.38 \* Barrera con flotador de cámara de aire auto-inflable.

Fuente: <http://www.markleen.com/es/productos/uniboom-x-barreras-de-contencion-autoinflables-para-aguas-proximas-a-la-cost/>

Al utilizar un sistema especial de inflado por aire comprimido, la mano de obra y el tiempo necesarios para el despliegue y la recogida se reducen al mínimo. Para trabajar con ella lo único que se necesita es una embarcación de la que ir largado de

la barrera.



Imágen VI.39 \* Barrera auto-inflable desplegada desde una embarcación.

Fuente: [www.expandi.com](http://www.expandi.com)

Ventajas e Inconvenientes:

- Buena estabilidad
- Buen comportamiento en olas
- Rápido despliegue
- Buen comportamiento en remolque
- Válvulas de retención frágiles
- Difícilmente reparables fuera de fábrica
- Posibilidad de pérdidas de flotabilidad por pinchazos
- Alto mantenimiento

Dependiendo del material con el que han sido fabricadas se diferencian las siguientes barreras :

De PVC:

El material más empleado hoy en día para la construcción de barreras es la fibra de poliéster bañadas en una mezcla de PVC, material que se comporta de manera estanca al agua, es ligero y al mismo tiempo liviano.

- Es de sencilla reparación, posee buenas condiciones mecánicas y su precio no es elevado.
- El sellado de sus capas es a través de un soldado con maquinaria de alta frecuencia

capaz de fundir la capa de PVC, facilitando el pegado de capas y consiguiendo así que las costuras sean bastante estancas.



Imágen VI.40 \*Barrera de PVC inflable.

Fuente: <http://www.markleen.com/es/productos/uniboom-z-barreras-de-contencion-inflables-para-uso-en-aguas-costeras-y-en/>

De caucho:

El material utilizado es un tipo de caucho especial (neopreno e hypalon, reforzado con capas de poliéster). Como resultado de esta mezcla de materiales se obtiene un material especialmente resistente al degradante ambiente marino, a la abrasión, a las radiaciones ultravioletas y a los hidrocarburos.

Las barreras son moldeadas de una sola pieza, sin costuras, soldadas o pegadas, lo que da como resultado que los tramos sean de aproximadamente 100 metros de longitud, que, junto al espesor del material, hace que las barreras tengan el inconveniente de ser bastante pesadas, característica que la convierte en poco manejable. Sin embargo, su carga de rotura es bastante elevada, con buenas prestaciones mecánicas y una más que presumible durabilidad.

Desinflada es comparable a una cinta transportadora con dos caras planas y lisas que se limpian con gran facilidad mediante agua a presión. Se debe realizar un mantenimiento periódico, siendo difícilmente reparable fuera de fábrica sin la ayuda de equipamiento especial ya que las roturas deben ser recauchutadas.



Imágen VI.41 \* Barrera de contención hecha de caucho.

Fuente: <http://www.nauticexpo.es/prod/lamor/product-44254-334661.html>

En cuanto a las barreras con características especiales se señalan las siguientes:

Barreras resistentes al fuego:

Son barreras resistentes al fuego, que se emplea *"para el quemado intencionado del hidrocarburo a flote"*[12], los flotadores son de aleaciones metálicas resistentes a altas temperaturas y la parte interior de la barrera que está en contacto con las llamas de esta recubierta de un material cerámico aislante.

Son barreras muy especiales, con un altísimo coste y muy poco usadas por su gran volumen, peso y su dificultad para ser desplegadas.



Imágen VI.42 \* Barrera resistente al fuego.

Fuente: [www.cleanerseas.org](http://www.cleanerseas.org)

Barreras selladoras:

Ésta barrera ha sido especialmente diseñada para su empleo en zonas de playa temporalmente descubiertas durante la marea baja.

La barrera está compuesta de un flotador inflable que se llena de aire y de dos cámaras inferiores de lastre que se llenan de agua, de este modo, la barrera flota como una barrera convencional en aguas con calado suficiente, cuando el mar se retira y baja el calado la barrera queda asentada sobre la playa, al apoyarse su parte inferior en la arena gracias al peso de sus cámaras de agua contra el fondo asegurándose así un sellado estanco de la zona.



Imágen VI.43 \* Función y partes de una barrea de sellado.

Fuente: [www.cleanerseas.org](http://www.cleanerseas.org)

En la parte inferior de la barrera selladora tiene una capa de tejido especial antiabrasión, elemento que evita que la barrera sufra daños al rozar sobre fondos rocosos y cortantes. Tienen como particularidad una menor longitud de tramo, con lo cual se consigue un menor peso haciendo más fácil su transporte manual por zonas de playas .



Imágen VI.44 \* Barrera selladora colocada en una playa.

Fuente : <http://www.markleen.com/es/productos/uniboom-s-barrera-selladora-para-playas/>

#### Barreras recuperadoras:

Pueden tener diferentes tamaños oceánicas, costeras y portuarias, y según su tamaño varia la capacidad de almacenaje.

Estan "*formadas por dos brazos flotantes con una configuración en V*"[36] que convergen en su parte posterior en una zona de almacenaje también formada por flotadores del mismo tamaño, esta zona que tiene su parte baja cerrada sirve como depósito, mediante un sistema de drenaje por flujo el agua sale libremente y el hidrocarburo recogido queda retenido en esta parte para ser posteriormente recuperado con sistemas de bombeo, bien en la mar con la utilización de una embarcación con depósitos de almacenaje, o remolcando todo el conjunto a puerto donde puede ser vaciado a flote.

Este tipo de barrera necesita de dos embarcaciones que remolquen cada uno de los brazos manteniendo la misma velocidad y separación entre ellas. Es un sistema muy efectivo pudiéndose alcanzar con los tamaños oceánicos velocidades de remolque de hasta 4 nudos y con olas de hasta 3 metros el porcentaje de hidrocarburo recuperado es aceptable. La capacidad total de almacenaje varía de los 50 m<sup>3</sup> en las grandes unidades a los 12 m<sup>3</sup> en las pequeñas destinadas a uso portuario.



Imágen VI.45 \*Barrera recuperadora.

Fuente: Manual de lucha contra la contaminación por hidrocarburos (José María Silos Rodríguez).

## VI.4.2 Tipos de conexiones entre barreras

Debido a que las medidas de cada tramo de barrera se encuentran limitadas por unos tamaños establecidos, cuando se necesitan mayores longitudes es necesaria la conexión entre tramos hasta alcanzar la longitud necesaria.

Al unir barrera para hacerlas más largas, habrá que asegurarse de que la resistencia en los puntos de unión es la óptima para no permitir la fuga de hidrocarburo por las mismas.

El tipo de conexión puede variar con cada fabricante de barreras, pero actualmente para evitar el problema de no poder usar barreras de diferentes orígenes, con diferentes tipos de conexiones, se tiende a estandarizar el sistema para facilitar su unión con otras barreras y a la vez que este tipo de conexión permita una unión rápida, sencilla de uso y segura.

El sistema más utilizado en barreras de tipo portuario y costero es el estándar "ASTM". Este sistema utiliza conexiones de aluminio con calidad marina, piezas rectangulares de una altura igual a la de la barrera, con un carril o pestaña dentro de la cual encastra la conexión del próximo tramo, también dotada del mismo carril y pestaña, esta pieza metálica se une mediante una pletina al tejido de la barrera.

Una vez unidas las dos conexiones, estas se fijan mediante un par de pasadores

metálicos que evitan el deslizamiento de las piezas asegurando su unión. El uso de este sistema ASTM permite incluso la conexión de forma segura entre barras de diferente altura o tipo, igualmente, al deslizarse un carril dentro de otro permite una rápida y sencilla unión incluso con la barrera a flote. El uso de aluminio naval evita los posibles problemas de oxidación y elimina el peso en las cabezas de la barra lo que mejora su comportamiento en el agua.



Imágen VI.46 \* Conexión ASTM

Fuente: <http://www.nauticexpo.es/>

Una pequeña variación del sistema ASTM es la conexión tipo Unicon, básicamente con el mismo funcionamiento pero con la pestaña y carril de diferente tamaño y forma.



Imágen VI.47 \* Conexión Unicon

Fuente: <http://www.nauticexpo.es/>

Las barreras oceánicas generalmente con tramos más largos y con diferentes condiciones de trabajo usan otros sistemas de conexión al soportar la unión entre tramos mayores esfuerzos y muy superiores cargas de rotura. La conexión puede ser metálica mediante un sistema de encastres circulares alternativos en una y otra cabeza de unión y una varilla metálica pasante que las mantiene unidas entre ellas, todo ello en acero inoxidable para evitar problemas de corrosión.



Imágen VI.48 \*La conexiones entre barreras oceánicas deben ser más resistentes debido a al esfuerzo al que están sometidas.

Fuente: <http://www.nauticexpo.es/>

Otro sistema empleado en muchas barreas de construcción nórdica es el sistema noruego de conexión mediante hoyados y ojales, un sistema muy sencillo, que no utiliza piezas metálicas que lo hace muy flexible y por ello se adapta muy bien al oleaje sin crear tensiones en las cabezas. Este sistema se asegura mediante un simple cabo que cose los ojales de ambas cabezas, en su contra el cosido de las cabezas es un trabajo lento y difícil de realizar en barreras a flote.

La continuidad de la tensión de la cadena en toda la parte baja de la barrea se consigue en todos los sistemas mediante unas piezas de conexión rápida en forma de G.



Imágen VI.49 \*Conexión Noruega en forma de "G".

Fuente: <http://www.nauticexpo.es/>

## VI.4.3 Fijación de las barreras

### VI.4.3.1 Amarre

Cuando una barrera valla hacer colocada por un período largo de tiempo requerirá de un sistema adecuado de amarre, el cual debe ser lo suficientemente firme para mantener la barrera en su lugar teniendo cuenta las fuerzas que actúan sobre ella.

Los problemas a los que se enfrentan el amarre de una barrera son los cambios de nivel de las mareas, el oleaje y las rompientes.

A la hora de fijar la barrera, si no existen mareas, el extremo de la barrera se podrá fijar a cualquier estructura firme como arboles, rocas, noray, estructuras de amarres etc.

En el caso de que hubieran mareas, *"se debe colocar en el extremo de la barrera una guía deslizante para que la barrera pueda seguir los cambios de nivel de la marea"*[35]. Si no tenemos esta pieza, se debe amarrar la barrera en el punto más alto de la pleamar aunque hay que tener en cuenta la diferencia entre la pleamar y la bajamar ya que si la diferencia es muy grande el vertido puede escapar por debajo del extremo de la barrera si esta queda colgando. Por ello es importante que quede un buen sellado entre la barrera y las estructura rígida a la que se amarre.



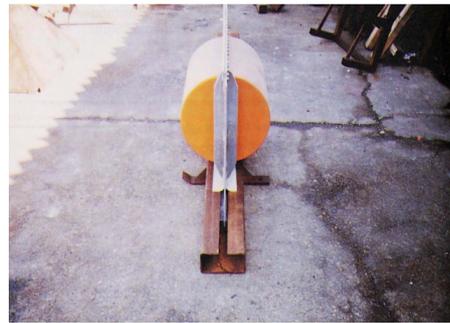
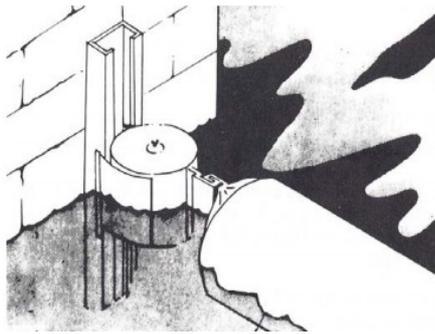
Imágen VI.50 \* La barrera pierde hidrocarburos por debajo debido a un amarre de longitud insuficiente provocando que la barrera quede suspendida durante la marea baja.

Fuente: [http://www.itopf.com/uploads/translated/TIP3\\_SPUseofBoomsinOilPollutionResponse.pdf](http://www.itopf.com/uploads/translated/TIP3_SPUseofBoomsinOilPollutionResponse.pdf)

Para solucionar este problema existen dispositivos especialmente diseñados para proporcionar una conexión estanca a los contaminantes entre los extremos de las barreras y la costa. Los más conocidos son los siguientes:

Terminal de viga en L:

*"Consiste en un trozo de viga en forma de "L" clavada verticalmente al fondo o sujeto en la costa, y un flotador que se mueve a lo largo de esta para ajustarse a las variaciones de la marea, al que van conectadas las barreras"[34].*

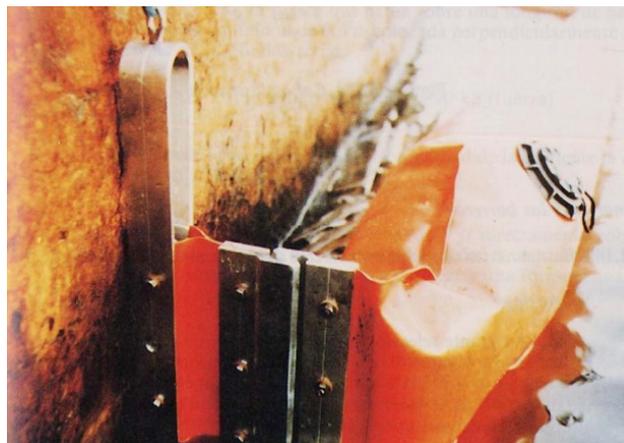


Imágen VI.51 \* Fijación terminal de viga en L con flotador.

Fuente: [http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_09/Doc\\_03%20Barreras.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_03%20Barreras.pdf)

#### Conexiones magnéticas:

El extremo de la barrera finaliza en una conexión magnética que se conecta firmemente a una superficie de acero. La posición debe ajustarse manualmente para adaptarse a variaciones de la marea o del calado del navío.

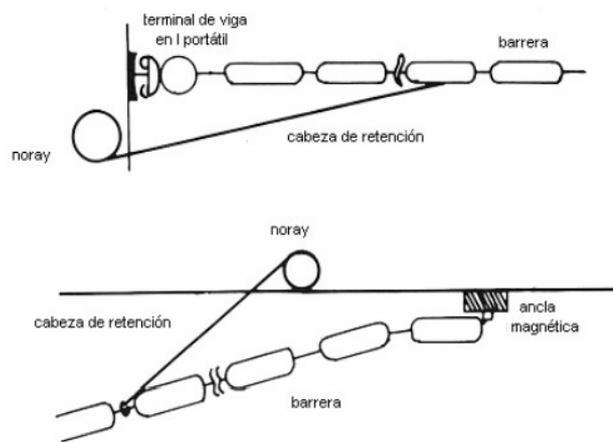


Imágen VI.52 \* Fijación terminal magnética.

Fuente: [http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_09/Doc\\_03%20Barreras.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_03%20Barreras.pdf)

#### Cabo de retención lastrado:

Consiste en un cabo lastrado que se extiende sobre las barreras y se amarra a un noray del dique en dirección perpendicular a estas. Es utilizado como medida adicional de sujeción cuando los amarres terminales no son suficientes.



Imágen VI.53 \* Ejemplos de fijaciones mediante cabos de retención lastrados.

Fuente: [http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_09/Doc\\_03%20Barreras.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_03%20Barreras.pdf)

### VI.4.3.2 Fondeo

Para el fondeo de las barreras lo más habitual es utilizar anclas o bloques de hormigón, denominados "muertos". Las anclas más usadas son la "Danforth" en fondos de arena o fangosos, y el "Rezón" para fondos rocosos.



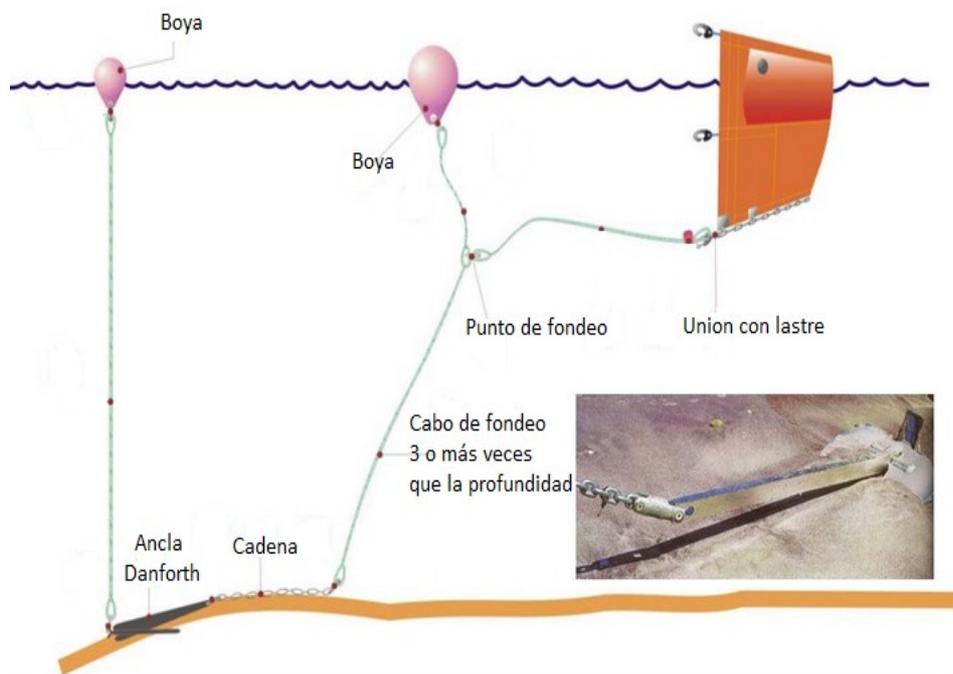
Imágen VI.54 \* A la izquierda se encuentra el ancla tipo "Danforth" y a la derecha el ancla tipo "Rezón"

Fuente: Elaboración propia.

*"Un sistema de fondeo convencional incluye un punto y un equipo de fondeo"[34].* Los puntos de fondeo pueden engancharse directamente sobre la cadena de lastre, permitiendo así que la barrera pueda ser fondeada en cualquier punto, o bien

mediante doble enganche al francobordo y al elemento de lastre.

El equipo de fondeo, que va unido al punto de fondeo, permite fondear la barrera en su posición. Consta de un ancla, cadena, cabos y boyas de balizamiento, como puede observarse en la siguiente imagen.



Imágen VI.55 \* Anclaje de barreras

Fuente: [http://www.cethus.org/mar\\_limpio/conservacion\\_s1.html](http://www.cethus.org/mar_limpio/conservacion_s1.html)

A la hora de fondear una barrera se deberán tener en cuenta una serie de recomendaciones:

-Se deberán utilizar amarras unas de 3 o más veces mayores que la profundidad a la que se desea fondear.

-Cuando se utilicen para el fondeo cabos flotantes hay que añadirles pesos o cadenas. De esta manera además de mejorar la calidad del cabo, se impedirá que estos salgan a flote cuando se produzca el lascón.

-El peso del ancla o muerto debe ser el suficiente para contrarrestar las fuerzas de arrastre debidas a la acción del viento y las corrientes sobre la barrera.

-Con el fin de impedir la tensión vertical sobre la barrera, se colocará una boya en la

amarra a 3 o 4 metros de la barrera.

-Para facilitar la recuperación o la colocación del ancla, se deberá colocar unida a esta una boya que ayude a llevarla, con un cabo de dimensiones 1,5 metros superior a la profundidad del agua en la pleamar.

#### **VI.4.4 Formas de empelo de las barreras de contención**

La forma de despliegue de las barreras esta condicionada principalmente por las condiciones meteorológicas en el momento de la colocación, así como de la geografía y situación de la zona donde se tienen que colocar.

En general, las barreras pueden utilizarse de dos formas distintas, por fondeo y por remolque.

##### **Utilización de las barreras por fondeo:**

Este método de colocación de la barreras se utiliza para evitar que las manchas de hidrocarburos lleguen a zonas sensibles de la costa (estuarios, zonas de acuicultura, etc.) o para desviarlas hacia zonas donde su recuperación sea más sencilla y menos perjudicial al medio ambiente. También pueden utilizarse en mar abierto para contener vertidos cerca de la fuente de contaminación.

El método de despliegue y establecimiento de zonas prioritarias de protección tiene que decidirse en función de factores geográficos y meteorológicos, teniendo en cuenta que los hidrocarburos deben retirarse a medida que llegan a las barreras. Sino por el contrario se acumularán, incrementando las fugas a través por la acción del viento, oleaje y corrientes. Por esta razón es más frecuente utilizar las barreras para desviar las manchas de hidrocarburos hacia aguas más tranquilas o playas donde la recuperación sea sencilla.

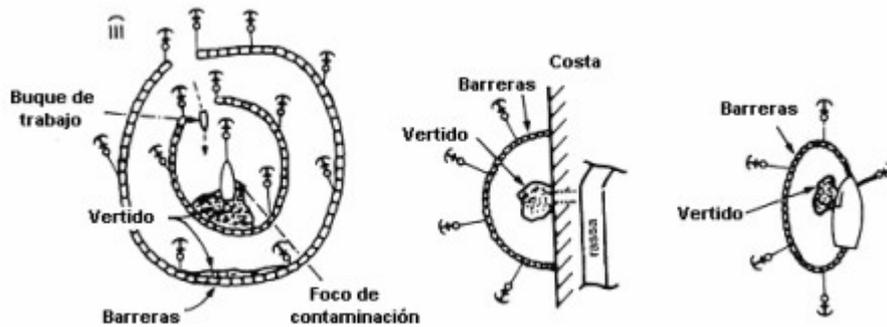
Dentro de este grupo de despliegue de las barreras por fondeo destacan las siguientes configuraciones:

-Círculo:

Método que se utiliza para *"aislar el foco de contaminación cuando la velocidad de movimiento de las manchas es baja y los efectos del viento y de las corrientes son*

*poco significativos*"[12] (aguas tranquilas o resguardadas).

Consiste en la colocación de barreras rodeando el vertido y dejando una apertura que permita la entrada de embarcaciones para el tratamiento o recuperación del residuo. Esta configuración se emplea frecuentemente en el interior de puertos o dársenas, generalmente con carácter preventivo durante operaciones de carga y descarga de hidrocarburos.



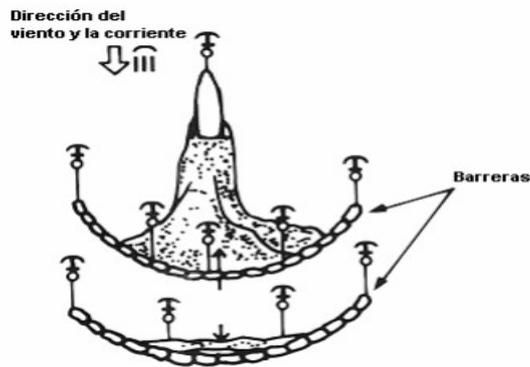
Imágen VI.56 \* Distintas configuraciones de círculo.

Fuente: [http://www.gobiernodecanarias.org/dgsc/descargas/pecmar/anejo\\_09/Doc\\_03%20Barreras.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgsc/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_03%20Barreras.pdf)

-Intercepción:

Método utilizado cuando se producen grandes vertidos de hidrocarburos, en el caso de no disponer de suficiente longitud de barreras para poder rodear al vertido o cuando la disposición en círculo no es viable debido a la turbulencia en la superficie marina.

El despliegue de las barreras se produce a cierta distancia del foco de contaminación, con el objetivo de contener los hidrocarburos que fluyen desde esta.



Imágen VI.57 \* Disposición en forma de intercepción.

Fuente: [http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_09/Doc\\_03%20Barreras.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_03%20Barreras.pdf)

#### -Desviación:

En muchos casos, el vertido de hidrocarburos es demasiado grande o las condiciones meteorológicas o geográficas son demasiado desfavorables como para permitir el confinamiento de una mancha. En estos casos, una opción válida consiste en desviar esta mancha de las zonas más sensibles de la costa a otras zonas con menos interés ecológico y donde su recuperación sea más sencilla.

La utilización de las barreras de ésta forma hace que aparezca la necesidad de una zona a la que derivar el hidrocarburo, estos puntos son las llamadas zonas de sacrificio. Una zona de sacrificio es el lugar elegido para recoger y concentrar el hidrocarburo desviado por la barrera, su elección debe seguir unos principios:

La zona de sacrificio debe ser el lugar donde menos daño pueda ocasionar la llegada del hidrocarburo y donde pueda ser posteriormente retirado con la mayor facilidad y rapidez posible con medios mecánicos o humanos. Lugares apropiados pueden ser rampas costeras, zonas de puertos, playas, radas, etc., los lugares que se deben evitar son aquellos de una difícil limpieza, difícil acceso, o con alto valor ecológico, zonas de marismas, zonas de roquedales, playas de piedras o cantos rodados.

La desviación de la mancha se consigue con la colocación de varias barreras superpuestas con un cierto ángulo respecto a la corriente.

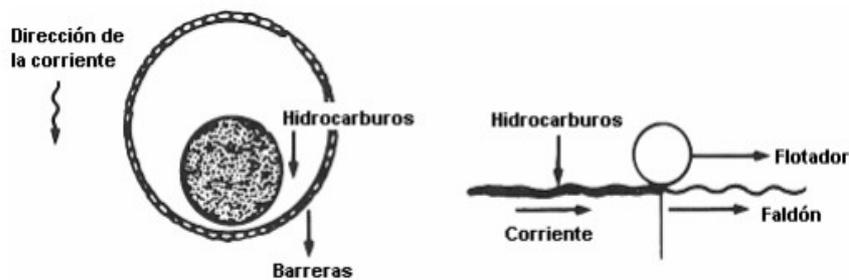


Imágen VI.58 \* Disposición en forma de desviación.

Fuente: [http://www.cethus.org/mar\\_limpio/conservacion\\_s.html](http://www.cethus.org/mar_limpio/conservacion_s.html)

-Contención en flujo libre:

Este método de colocación resulta efectivo cuando la mancha esta sometida a corrientes de gran magnitud o cuando el vertido se produce en aguas demasiado profundas como para permitir un fondeo eficaz de las barreras. Consiste en cerrar con barreras la mancha de hidrocarburos y dejar que esta se desplace libremente a favor de la corriente, mientras se procede a la recuperación. Si la corriente es demasiado rápida se puede reducir la velocidad de desplazamiento del sistema con la colocación de anclas flotantes.



Imágen VI.59 \* Configuración para la contención en flujo libre.

Fuente: [http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_09/Doc\\_03%20Barreras.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_03%20Barreras.pdf)

-Configuración múltiple:

Esta configuración puede utilizarse, siempre que se disponga de suficiente longitud de barreras, cuando la fuga de hidrocarburos a través de una única barrera sea elevada por la acción del arrastre anteriormente descrito. Acostumbra a consistir en una configuración doble o triple de barreras, separadas entre si una cierta distancia (1-5 metros), de manera que cuando una corriente intensa produce la inclinación del faldón y la fuga de hidrocarburos debajo de la barrera principal, la separación sea suficiente como para permitir la ascensión a la superficie de los residuos filtrados y su retención en las barreras secundarias.



Imágen VI.60 \* Configuración múltiple de barreras en un derrame de petróleo en San José de Saramuro (Perú), año 2000.

Fuente: <http://observatoriopetrolero.org/nuevo-derrame-de-petroleo-en-el-maranon-ocasiona-danos-ambientales-y-en-la-salud-de-pobladores-de-cuninico/>.

### **Utilización de las barreras remolcadas:**

Este método de utilización de barreras se utiliza cuando el viento o el corriente superficial son demasiado intensos para permitir una contención estacionaria del vertido, o cuando este ya se encuentra muy extendido. La efectividad de este despliegue dependerá en gran medida de las condiciones meteorológicas del mar.

Este tipo de operaciones requiere un alto grado de coordinación, dado que se tiene que maniobrar con mucha precaución y a baja velocidad una o varias embarcaciones remolcando barreras, combinando la recogida del hidrocarburo con las operaciones

de trasvase necesarias y la limpieza complementaria de las fugas que pueden producirse a través de las barreras. Las embarcaciones deben mantener una buena comunicación entre ellas para que se desplacen a la misma velocidad de forma controlada y coordinada. También deben tener la posibilidad de comunicarse con aeronaves equipadas con equipos aire-mar para que sus movimientos puedan ser orientados hacia las áreas más gruesas de los hidrocarburos.

El remolque de las barreras se produce a muy baja velocidad, para minimizar la fuga a través de estas. *"Las barreras no deben conectarse directamente a las embarcaciones para evitar tensiones bruscas o tirones"*[35], por lo que deben emplearse líneas de remolque con longitud suficiente entre las barreras y las embarcaciones (para remolcar barreras de 300 m una longitud de 50 m mínimo).

Las operaciones de limpieza con barreras se complementan generalmente con operaciones de recogida de hidrocarburos con medios mecánicos (skimmers), y pueden desarrollarse mediante una o más embarcaciones. El dispositivo recolector debe ser mantenido en la parte más gruesa de la mancha de hidrocarburo sin rozar ni dañar la barrera, y puede ser remolcado junto con la formación de barreras, o bien puede ser desplegado por una tercera embarcación detrás de la barrera.

-Recogida del vertido con una embarcación :

La embarcación que realiza esta operación está dotada con unas barreras especiales extendidas mediante dos brazos rígidos en ambos lados del buque. Los hidrocarburos se recogen a través de una bomba de succión situada en la barrera siendo dirigidos hacia un tanque situado en el casco del buque o hacia tanques portátiles.



Imágen VI.61 \* Recogida del vertido con una embarcación.

Fuente: [www.ariesnaval.com](http://www.ariesnaval.com)

#### -Operaciones con varias embarcaciones:

Para evitar el esparcimiento del hidrocarburo y hacer máxima la tasa de encuentro, dos embarcaciones pueden remolcar 300 metros de barrera en configuración de U, V o J. *"El dispositivo recolector debe ser mantenido en la parte más gruesa de la mancha de hidrocarburo sin rozar ni dañar la barrera"*[37], y puede ser remolcado junto con la formación de barreras, o bien puede ser desplegado por una tercera embarcación detrás de la barrera.

#### -Recogida del vertido con dos embarcaciones:

Este método consiste en "desplegar una barrera mediante dos embarcaciones que remolcan sus extremos. El dispositivo de recogida de los hidrocarburos suele estar conectado a una de las embarcaciones, que generalmente avanza por detrás de la otra. La limpieza puede realizarse mediante una configuración en forma de "J" como se puede observar en las siguiente imagen.



**Tipo J**

Imágen VI.62 \* Configuración en forma de "J".

Fuente: [http://www.cethus.org/mar\\_limpio/conservacion\\_s1.html](http://www.cethus.org/mar_limpio/conservacion_s1.html)

-Recogida del vertido con tres embarcaciones:

Este sistema es una variante del realizado mediante dos embarcaciones, incluyendo una embarcación adicional que se encargara de recoger los hidrocarburos, mientras que las otras dos realizan una función únicamente de remolcado.

Las configuraciones básicas que se pueden adoptar son de dos tipos: en forma de "U", con una embarcación de recuperación que recoja los hidrocarburos que se escapan por la parte más curvada de la barrera, o en forma de "V", dónde la embarcación de recuperación se sitúa en el vértice inferior del sistema recogiendo directamente los residuos acumulados en su interior.



Imágen VI.63 \* A la izquierda se encuentran dos remolcadores remolcando una barrera en configuración en forma de "U" y a la derecha se encuentran dos remolcadores remolcando una barrera en configuración en forma de "V" con un embarcación de recolección independiente en el vértice.

Fuente: [http://www.itopf.com/uploads/translated/TIP3\\_SPUseofBoomsinOilPollutionResponse.pdf](http://www.itopf.com/uploads/translated/TIP3_SPUseofBoomsinOilPollutionResponse.pdf).

A menudo, los buques cercan los hidrocarburos dentro de una configuración en U y después, una vez que se ha recogido suficientes hidrocarburos, se mueven formando una configuración en J para facilitar que los medios mecánicos (skimmers) descendan hacia dentro de los hidrocarburos y comiencen la recuperación desde el buque remolcador.

Con los sistemas V, U, J, pueden remolcarse barreras de hasta 300 metros, no obstante hay que tener presente antes del tendido las condiciones de mar, viento y corriente para adoptar la velocidad relativa y tipo de formación más conveniente.

## **VI.5 Dispositivos de Recogida de Hidrocarburos**

La recuperación de hidrocarburos en mar abierto no resulta fácil. No obstante se han ideado una *"gran variedad de dispositivos que permiten recuperar mezclas de hidrocarburos y agua a través de diversos sistemas"*[38], particularmente cuando éstos residuos se encuentran concentrados en capas gruesas acumuladas contra las barreras de contención u otros obstáculos.

La eficacia de estos sistemas recuperadores, también denominados "skimmers", depende en gran medida de las condiciones ambientales de operación, por lo que pocos dispositivos son capaces de un buen funcionamiento en el mar con niveles de oleaje moderados.

Su funcionamiento está basado en el principio de que todos los hidrocarburos, (o la mayor parte de ellos), flotan en el agua al tener una densidad menor que ésta, formando una capa de mayor o menor espesor sobre la superficie del agua.

Los skimmers o raseras intentan, dependiendo del principio físico de funcionamiento, retirar esta capa que flota en la superficie y que la cantidad de agua mezclada con el hidrocarburo recogido sea la menor posible.

Los componentes básicos de un skimmer son:

-Cabeza flotante:

Recupera el hidrocarburo de la superficie del agua.

-Elemento de flotación que lo mantiene en la superficie del agua.

-Bomba o unidad de potencia:

Crea una corriente de aspiración o el movimiento mecánico del skimmer respectivamente.

-Mangueras de aspiración y descarga:

Conectan al skimmer con la bomba y a ésta con el tanque de almacenamiento.

En el caso de los modelos más evolucionados traen incorporado:

-Tanque de almacenaje:

Donde se deposita la mezcla de agua e hidrocarburo recuperado.

-Separadores de hidrocarburos:

Que permiten maximizar el volumen de recuperación al eliminar el agua incluida en el residuo.

-Sistemas de recuperación autopropulsados.

Existe una diversa gama disponible de skimmer desarrollados para operar de diferentes formas y en diversas condiciones de operación.

En general, están comprendidos dentro de 4 categorías principales:

-Dispositivos de aspiración:

*"Sistema mediante el que se retiran hidrocarburos por medio de bombas o sistemas de aspiración de aire directamente desde la superficie del agua"[39].* Estos sistemas son camiones o remolques aspiradores que combinan elementos de recolección,

almacenamiento, transporte y separación de hidrocarburos y agua. También hay una forma más sencilla que consiste en colocar directamente la manguera de aspiración en los hidrocarburos flotantes o varados, equipada con una malla para evitar la introducción de restos.

Ventajas y Desventajas:

- La capacidad de recolección dependerá de la bomba pero en general, está dentro de un rango entre bajo y medio.
- Más eficaz con hidrocarburos ligeros e intermedios.
- Se utiliza en aguas calmadas, ya que con olas absorbe demasiada agua.
- Puede obstruirse con desechos.



Imágen VI.64 \* Dispositivos de aspiración.

Fuente: <http://www.itopf.com/es/knowledge-resources/documents-guides/document/5-uso-de-skimmers-en-la-respuesta-a-la-contaminacion-por-hidrocarburos/>

-Dispositivos de compuerta:

*"Éstos disponen de una compuerta ubicada en la interfaz hidrcicarburos/agua para permitir que únicamente la película de hidrocarburos flotates fluya por encima de dicha compuerta"[12] mediante una bomba que crea una corriente de aspiración-vacío. Este vacío se aplica a un flotador que aspira la capa superior de la mezcla hidrocarburo-agua impulsándolo posteriormente a un tanque de recogida a través de un estrechamiento, con el objetivo de limitar la cantidad de agua incorporada al residuo. Esta cantidad de agua puede incrementarse con el efecto del oleaje, que*

puede inundar el depósito de admisión, por lo que la eficacia de la recuperación (proporción de hidrocarburos/agua) depende de la relación entre la medida del orificio de entrada y la longitud de las olas.

La efectividad de estos dispositivos depende de la viscosidad de los hidrocarburos, del grueso de la capa aceitosa y del estado de la mar (a mayor oleaje, mayor será la inundación de agua en la compuerta de entrada del skimmer).

-De vertedero:

Un flotador soporta en su parte central un embudo con una compuerta que se mantiene ligeramente por debajo de la superficie. La capa de agua e hidrocarburo que flota sobre ella se precipita en su interior por gravedad, donde es bombeada al tanque de almacenaje.

Permiten recuperar desde capas finas hasta capas gruesas variando la succión de la bomba. Hay modelos para aguas poco profundas y otros para alta mar, de forma que su peso aumenta con el calado máximo.

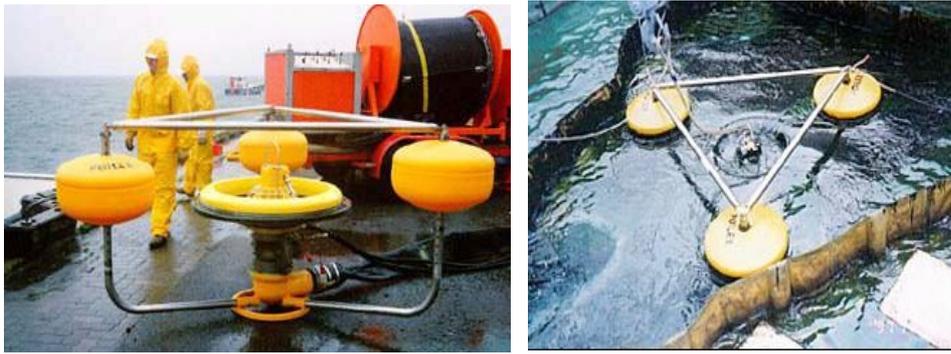
Ventajas y Desventajas:

-La capacidad de recolección dependerá de la bomba pero en general, está dentro de un rango entre intermedio y alto.

-Eficaz con hidrocarburo desde ligeros a pesados. Con hidrocarburos muy pesados es posible que no puedan fluir hasta el vertedero.

-Se utiliza en aguas calmada dentro de un rango 1-2 en la escala de Beaufort, ya que fuera de ese rango se puede inundar.

-Puede obstruirse con desechos grandes.



Imágen VI.65 \* Skimmers de vertedero.

Fuente: <http://www.abasco.com/desnatadoresparaseparar.html>

#### -Bombas de tornillo sin fin:

Este sistema emplea una compuerta sencilla para recoger las capas superiores de vertido.

Los hidrocarburos recogidos son bombeados a través de una bomba de tornillo reversible basadas en el principio del Tornillo de Arquímedes. Estas emplean uno o dos discos rotatorios de giro interno para mantener la presión requerida durante el bombeo.

En este sistema se va recogiendo hidrocarburos que son rascados y arrancados mediante una rueda libre, depositándose en un tanque. Este sistema se emplea combinado generalmente con dispositivos de recogida basados en sistemas de succión, para incrementar su rendimiento al reducir la cantidad de agua retirada junto con el hidrocarburo.

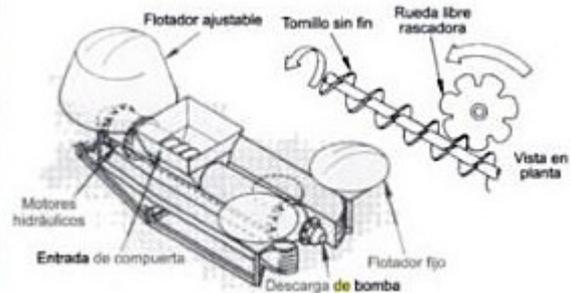
#### Ventajas y Desventajas:

-La capacidad de recolección dependerá de la bomba pero en general, está dentro de un rango entre intermedio y alto.

-Eficaz con hidrocarburo desde ligeros a muy viscosos aunque se puede desallorar una contra. Con hidrocarburos muy pesados es posible que no puedan fluir hasta el vertedero.

-Se utiliza en aguas calmada dentro de un rango 1-2 en la escala de Beaufort, ya que fuera de ese rango se puede inundar.

-Puede obstruirse con desechos grandes.



Imágen VI.66 \* Bombas de tornillo sin fin.

Fuente: Manual de lucha contra la contaminación por hidrocarburos (José María Silos Rodríguez).

-Combinación barrera-compuerta:

Se trata de una barrera de contención en la que viene incorporado la compuerta. Este sistema se utiliza en la configuración en J por el que es remolcado por dos buques. Normalmente se coloca el skimmer cerca del buque que se utiliza para la recuperación de los hidrocarburos.

Si este sistema de barrera combinada con compuerta se fondea puede darse que la corriente de la zona desplace los hidrocarburos a la compuerta o que los hidrocarburos se recuperen mediante una bomba incorporada en el sistema o mediante una bomba de aspiración remota.

Ventajas y Desventajas:

-La capacidad de recolección dependerá de la bomba pero en general, está dentro de un rango bajo.

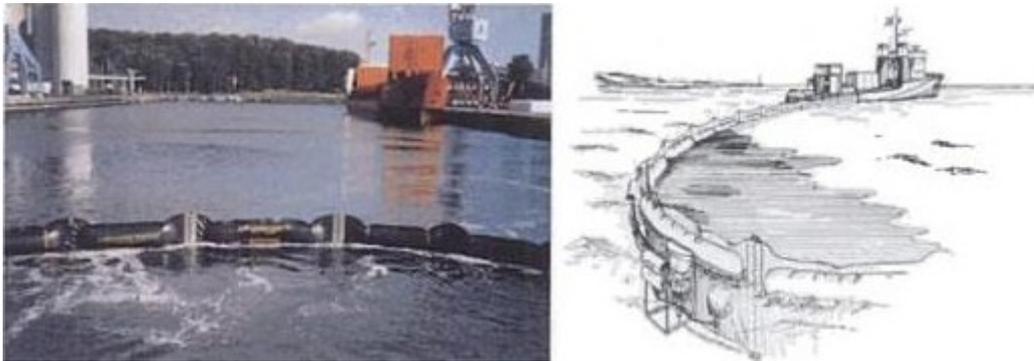
-Eficaz con hidrocarburo desde ligeros a intermedio. Con hidrocarburos pesados tiene una captación moderada.

-Tiene buena capacidad de adaptación a olas aunque esta limitada a estador de la mar mayores al rango 2 en la escala de Beaufort.

-Puede soportar desechos pequeños.

-Difícil de desplegar y recoger.

-La profundidad de operación deberá ser mayor a 1,5 m.



Imágen VI.67 \* Combinación barrera-compuerta.

Fuente: Manual de lucha contra la contaminación por hidrocarburos (José María Silos Rodríguez).

-Dispositivos de adhesión:

Estos equipos utilizan material oleofílico (absorben aceite con rapidez) en forma de disco, tambor, cuerda o cepillo a los que se adhieren los hidrocarburos. Este mecanismo de funcionamiento presenta la ventaja de incorporar una menor cantidad de agua con el residuo recuperado, ya que estos se recogen selectivamente.

Existen diversos tipos de sistemas de recogida mecánica, basados en el mismo principio operativo:

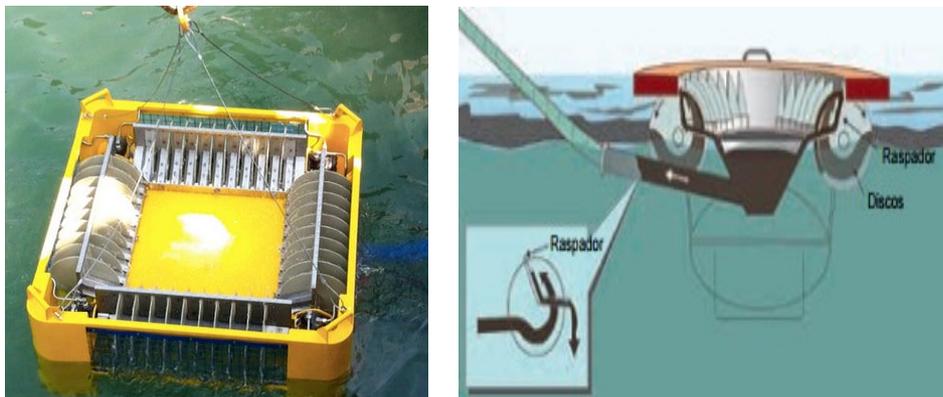
-Sistema de discos:

Los discos están dispuestos verticalmente sobre un eje horizontal giratorio, de forma recta o circular. Los discos están semi-sumergidos en el agua, de manera que los hidrocarburos se adhieren a la parte sumergida y, al rodar los discos, son extraídos de la superficie y exprimidos contra la barrera superior, siendo recogidos por canales colectores que los transportan a un depósito.

Estos sistemas son muy eficaces en aguas tranquilas aunque generalmente no funcionan bien con hidrocarburos muy viscosos. Para mejorar su rendimiento con este tipo de contaminantes, algunos poseen discos dentados y engranados. Generalmente se alimentan mediante un generador independiente para hacer girar los discos y bombear el material desde los depósitos hacia un tanque de almacenaje.

#### Ventajas y Desventajas:

- La capacidad de recolección dependerá del número de discos y del tamaño de los mismos. En general tienen una capacidad de recolección muy buena entre el 50% y 100%.
- Eficaz con hidrocarburo desde ligeros a intermedio. Con hidrocarburos pesados tiene una captación moderada.
- Se utiliza en aguas calmadas, ya que tiene mala capacidad de adaptación a olas porque en un rango superior a 3 en la escala de Beaufort se puede inundar.
- Puede obstruirse con desechos.



Imágen VI.68 \*Skimmers con sistema de discos.

Fuente: <http://www.itopf.com/es/knowledge-resources/documents-guides/document/5-uso-de-skimmers-en-la-respuesta-a-la-contaminacion-por-hidrocarburos/>.

#### -Sistema de tambor:

En este sistema se utiliza un cilindro de gran diámetro que gira alrededor de un eje horizontal. El tambor, fabricado en material con capacidad absorbente, está semi-sumergido en el agua, de manera que al girar recoge los hidrocarburos de la superficie del agua mediante un mecanismo similar al de la recuperación con el sistema de discos.

#### Ventajas y Desventajas:

- La capacidad de recolección dependerá del número de los tambores y del tamaño de los mismos. En general tienen una capacidad de recolección media.
- Eficaz con hidrocarburo desde ligeros a intermedio siendo más eficaz con los intermedios.
- Se utiliza en aguas calmadas, ya que tiene mala capacidad de adaptación a olas porque se puede inundar.
- Puede obstruirse con desechos.



Imágen VI.69 \*Skimmers de tambor.

Fuente: [https://www.conterol.es/skimmer-de-tambor-de-100m3h\\_prod\\_841](https://www.conterol.es/skimmer-de-tambor-de-100m3h_prod_841)

#### -Sistema de correa:

Este dispositivo consta de una correa de material oleofílico que rueda alrededor de dos rodillos terminales de forma similar a una cinta transportadora. Los hidrocarburos recogidos por adsorción en la parte sumergida de la correa, son transportados hasta la parte emergida de donde se retiran mediante escurridores, vertiéndolos en un depósito. Los hidrocarburos recogidos son bombeados desde el depósito hacia un tanque de almacenamiento situado en la costa o a un barco de soporte.

#### Ventajas y Desventajas:

- La capacidad de recolección está entre un rango bajo e intermedio.
- Eficaz con hidrocarburo desde intermedio a pesados.
- Se puede utilizar en aguas agitadas pudiendo ser muy selectivo con poco arrastre de agua.

-Puede obstruirse con desechos grandes.



Imágen VI.70 \*Skimmer de correa sobre una embarcación de recolección.

Fuente: <http://www.itopf.com/es/knowledge-resources/documents-guides/document/5-uso-de-skimmers-en-la-respuesta-a-la-contaminacion-por-hidrocarburos/>

-Sistemas de cuerda sin fin:

*"Las correas son sustituidas por uno o varios conjuntos de cuerda fabricada con materiales oleofílicos sintéticos"[38]*, siendo arrastrados mientras giran sobre la superficie de agua, capturando por adsorción los hidrocarburos en flotación. Las cuerdas empapadas de hidrocarburos son escurridas mediante unos rodillos en la parte superior del depósito, recogién dose en otro depósito.

La longitud de las cuerdas puede ajustarse en función de la extensión del área a cubrir y presentan la ventaja de no verse afectados por las algas y los detritos flotantes, por lo que pueden utilizarse en aguas someras. El dispositivo colector puede montarse en la costa o en un barco, pudiéndose diseñar para que permanezca suspendido sobre el mar desde una grúa o una torre de perforación con múltiples cuerdas.

Ventajas y Desventajas:

-La capacidad de recolección dependerá del número de cuerdas. En general tienen un capacidad de recolección baja.

-Eficaz con hidrocarburo desde intermedio a pesados siendo mas eficaz con los intermedios.

- Se puede utilizar en aguas agitadas en un rango 3 en la escala de Beaufort teniendo una capacidad de captación de agua muy poca.
- Tolera una cantidad importante de desechos como hielo y otras obstrucciones.
- Alta velocidad de desgaste de las cuerdas y rodillos si se utiliza en zonas arenosas.
- Su despliegue es dificultoso.
- Puede operar en cualquier profundidad.



Imágen VI.71 \*Skimmer con sistemas de cuerda sin fin sobre una embarcación de recolección.

Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/desmi-pumping-technology-s/product-21088-478363.html>

#### -Cepillos:

Poseen un sistema de cepillos rotatorios provistos de púas que logra mayor eficacia que otros sistemas al recoger los hidrocarburos, dado a sus sistemas de adsorción más densos .

#### Ventajas y Desventajas:

- La capacidad de recolección dependerá del número de cepillos. En general tienen una capacidad de recolección buena.
- Eficaz con hidrocarburo desde ligeros a pesados teniendo un tamaño diferente de cepillo para cada viscosidad de hidrocarburo y siendo eficaz con hidrocarburos residuales, emulsionados y meteorizados.
- Se puede utilizar en aguas agitadas en un rango 3 en la escala de Beaufort teniendo una capacidad de captación de agua muy poca.
- Eficaz con desechos pequeños.

-Los colectores laterales pueden perder hidrocarburos bajo los barridos de las barreras.



Imágen VI.72 \*Skimmers de cepillos.

Fuente: <http://www.nauticexpo.es/prod/aqua-guard-spill-response/product-32631-255242.html>

#### Otros Dispositivos de recuperación:

##### -Sorbentes:

Son materiales que permite la retirada de hidrocarburos mediante absorción o adsorción. Se trata de *"absorción cuando el hidrocarburo se incorpora al absorbente"*[12], mientras que se trata de adsorción cuando el hidrocarburo recuperado se distribuye por la superficie de adsorbente.

Los adsorbentes son materiales que permiten retirar hidrocarburos ya que tienen la capacidad de atraerlos al ser oleofílicos y la capacidad de repeler el agua al ser hidrófobos. La mayoría de los sorbentes son adsorbentes.

Los sorbentes se utilizan en situaciones que no resultan adecuadas para otras técnicas por lo que pueden proporcionar un recurso útil en la respuesta a un derrame de hidrocarburos. Sin embargo los sorbentes deben emplearse con moderación para minimizar problemas como crear cantidades excesivas de desechos que podrían aumentar considerablemente los costes de una respuesta ante un derrame de hidrocarburos.

*"La mayor eficacia de los sorbentes se obtiene cuando se utiliza en las etapas finales de limpieza de las costas"*[40]. El uso de los sorbentes no resulta adecuado en mar abierto y ofrece menor eficacia con hidrocarburos viscosos, meteorizados y

emulsionados. Por el volumen que tienen los adsorbentes por naturaleza provoca que en el transporte antes, durante y después de una respuesta a un derrame se produzcan problemas logísticos y de coste.

Los sorbentes se componen de una amplia gama de productos orgánicos (serrín corcho, plumas, lana etc) , inorgánicos ( vermiculita y piedra pómez) y sintéticos (polipropileno). Esto da lugar a la siguiente clasificación:

	Material	Ventajas	Desventajas
Suelto	-Orgánico: corteza , serrín, papel, plumas, lana etc. -Inorgánico: vermiculita y piedra pómez. -Sintético: polipropileno	-Son abundantes de forma natural. -Coste puede ser bajo. -Puede servir para proteger la fauna y flora y sitios de descanso.	-Difícil de controlar ya que se lo puede llevar el viento. -Difícil de retirar. -Puede resultar difícil bombear la mezcla de hidrocarburos y adsorbentes.
Encerrado	Se pueden encerrar en redes los materiales sueltos mencionados anteriormente.	-Más fácil de desplegar y retirar que el suelto. -La barrera encerrada presenta mayor área superficial que la barrera continua.	-La resistencia estructural limitada por la red. -Las barreras orgánicas pueden saturarse y hundirse por lo que tiene una retención limitada.
Continuo	-Sintético: polipropileno (almohadas , esterillas , tejidos etc.)	-Almacenamiento a largo plazo. -Sencillos de desplegar y retirar. -Elevada recolección si utiliza a pleno rendimiento.	-Eficacia limitada para hidrocarburo meteorizados o viscosos. -No se descompone con rapidez lo que limita las opciones de

			desechos.
Fibra	-Sintético: polipropileno	Eficaz sobre hidrocarburos viscosos y meteorizados.	-Menos eficaz con hidrocarburos ligeros e intermedios.

Tabla 3 : Clasificación de los sorbentes.

Fuente: [http://www.itopf.com/uploads/translated/TIP8\\_SPUseofSorbentMaterialsinOilSpillResponse.pdf](http://www.itopf.com/uploads/translated/TIP8_SPUseofSorbentMaterialsinOilSpillResponse.pdf)



Imágen VI.73 \* A la izquierda se encuentra la aplicación de almohadas adsorbentes y a la derecha se muestra la lixiviación de hidrocarburos de una barrera adsorbente.

Fuente: [http://www.itopf.com/uploads/translated/TIP8\\_SPUseofSorbentMaterialsinOilSpillResponse.pdf](http://www.itopf.com/uploads/translated/TIP8_SPUseofSorbentMaterialsinOilSpillResponse.pdf)

#### -Redes:

Un dispositivo tan sencillo como una red puede ser muy útil para recoger absorbentes impregnados de hidrocarburos, emulsiones semisólidas o restos de algas y otras materias sólidas empapadas en petróleo. Existen incluso dispositivos de red diseñados específicamente para este uso, que pueden ser desplegados por uno o dos barcos de soporte. El único requisito que deben cumplir estas redes es el de tener un reducido diámetro de luz de malla para evitar que los hidrocarburos puedan escaparse.

#### -Buques anticontaminación:

A parte de las grandes unidades marítimas especialmente equipadas con diferentes sistemas mecánicos (tangones, skimmer, barreras), con gran capacidad de almacenaje

y diseñadas para trabajar en la recogida del hidrocarburo en alta mar, incluso en malas condiciones meteorológicas, existen también pequeñas embarcaciones de múltiples tipos diseñadas para trabajar en estas labores en lugares donde las grandes unidades no pueden acceder por problemas de calado, maniobrabilidad, corrientes o zona confinadas. Estas pequeñas unidades dotadas de diferentes sistemas mecánicos (como equipos de separación de detritos, equipo de bombeo para el trasvase de petróleo a otros barcos, algún dispositivo de recuperación mecánica y tanques para almacenar los hidrocarburos recogidos) son muy útiles para la recogida del hidrocarburo en lugares próximos a la costa, canales, bahías o puertos.

Su ventaja es la facilidad de maniobra, el poco calado y lo reducido de su tripulación, la desventaja es la necesidad de buenas condiciones meteorológicas y su limitada capacidad de almacenaje. La labor de recogida de hidrocarburos se alterna en la mayoría de las veces con el trabajo rutinario de retirada de las basuras a flote en zonas costeras o portuarias.



Imágen VI.74 \* Buques anticontaminación.

Fuente: <http://www.itopf.com/es/knowledge-resources/documents-guides/document/5-uso-de-skimmers-en-la-respuesta-a-la-contaminacion-por-hidrocarburos/>.

### **Con respecto a la extracción de hidrocarburos de un barco hundido:**

Se trata de operaciones muy especializadas por lo que las deben de realizar personal cualificado. Se debe preparar un plan de contingencias para los procedimientos de seguridad, se deben definir papeles y responsabilidades claras y se debe proveer equipos apropiados y adecuados para todas las fases de las operaciones, con

refuerzos para los puntos críticos.

Según Salvamento Marítimo en el caso del petrolero "Woodford", hundido con 10.000 toneladas de petróleo por un submarino italiano en 1937 durante la guerra civil a 40 millas al NE de Castellón y 15 millas al N de las Islas Columbretes a unos 80 metros de profundidad, el *"6 de septiembre de 2012 comenzaron las operaciones de extracción del hidrocarburo de los tanques del petrolero debido al deterioro de los tanques del mismo y al riesgo ambiental que conllevaba eso"*[41]. El 4 de octubre del mismo año finalizó la extracción del hidrocarburo logrando extraer 450 metros cúbicos.

Las técnicas utilizadas consistían en colocar válvulas de extracción (HOT-TAP) en cada uno de los tanques del buque para bombear el crudo a la superficie con el posterior taponamiento de los conductos con bridas ciegas.

Para llevar a cabo estas operaciones hizo falta un buque de soporte cualificado en este caso el buque "Clara Campoamor", un vehículo de inspección submarina de control remoto (ROV) ,dada la profundidad a la que se encontraba el buque, fue necesaria la utilización de buceadores altamente cualificados ,una campana seca de buceo en saturación (permite trabajar hasta una profundidad de 200m) la cual permitió mantener turnos de trabajo de 8 horas y un módulo de saturación instalado en el "Clara Campoamor" con capacidad para 4 personas, donde se puede permanecer hasta 28 días, con una presión igual a la que hay a 80 metros de profundidad.



Imágen VI.75 \* A la izquierda se encuentra la campana húmeda de buceo la cual mejora la capacidad de trabajo en inmersiones y la seguridad de los buceadores en las operaciones de salvamento y a la derecha la cámara hiperbárica, que es utilizada para realizar o completar períodos de descompresión en superficie, o bien realizar recompresiones formando parte de operaciones de buceo.

Fuente :<http://www.salvamentomaritimo.es/sm/bases-y-centros/bases-estrategias-y-subacuaticas/>



Imágen VI.76 \* Buzo en el buque "Woodford" realizando las labores de inmersión.

Fuente: <http://www.oficialesdelamarinamercante.com/ascanofmmeNew/Woodford.html>

En el caso del "Prestige" el cual se hundió a 155 millas de las costa gallegas quedando la popa a una profundidad de 3545 metros y la proa a 3820 metros,

separadas una de la otra a una distancia de unos 3,5km conservando unas 13.700 toneladas en los tanques.

Las técnicas utilizadas consistían en sellar las fugas producidas en los tanques y proceder a su posterior extracción del hidrocarburo para ello hizo falta la utilización del buque "Polar Prince" el cual estaba dotado de sistema de posicionamiento dinámico y era capaz de operar hasta con 4 robots simultáneamente. Una vez selladas las fugas se procedió a la extracción del hidrocarburo para ello hubo que hacer perforaciones en los tanques para colocar válvulas de extracción (HOT-TAP) , luego se colocaron unas bolsas lanzaderas a las válvulas y se pudo extraer 125 Tm pero debido a las malas condiciones meteoceánicas las cuales dificultaban las maniobras de traslado de las lanzaderas se analizó la posibilidad de mantener las lanzadera siempre sumergidas y realizar la descarga del fuel in situ, bombeando el mismo desde las lanzaderas a un buque tanque.



Imágen VI.77 \*Maquina hot tapping.

Fuente:[http://iq.ua.es/MedioAmbiente/Agua\\_tecnologias\\_de\\_tratamiento\\_y\\_medio\\_ambiente/Contencion\\_files/Prestige-Oper\\_2003\\_20041\\_\\_86964.pdf](http://iq.ua.es/MedioAmbiente/Agua_tecnologias_de_tratamiento_y_medio_ambiente/Contencion_files/Prestige-Oper_2003_20041__86964.pdf)

Para llevar a cabo esta opción se construyeron cinco grandes bolsas lanzaderas de aluminio extrusado (aluminio marino), de 23 por 4,7 metros y una capacidad de 350 m<sup>3</sup>.



Imágen VI.78 \* A la izquierda se encuentran las bolsas lanzaderas usadas en un primer instante y a la derecha las bolsas lanzaderas de aluminio extrusado utilizadas finalmente.

Fuente:[http://iq.ua.es/MedioAmbiente/Agua\\_tecnologias\\_de\\_tratamiento\\_y\\_medio\\_ambiente/Contencion\\_files/Prestige-Oper\\_2003\\_20041\\_\\_86964.pdf](http://iq.ua.es/MedioAmbiente/Agua_tecnologias_de_tratamiento_y_medio_ambiente/Contencion_files/Prestige-Oper_2003_20041__86964.pdf) ; <http://www.diariodearousa.com/articulo/vilagarcia/el-puerto-debate-la-propuesta-de-las-pistas-de-padel-para-la-parcela-de-las-lanzaderas/20130625030041031654.html>

La operación se dirigió desde el barco "Polar Prince", apoyado por cuatro robots submarinos ROV, que maniobraban los contenedores sobre cuatro orificios que se abrieron en el casco y que contaban con válvulas de seguridad que con los robots, pueden abrirse y cerrarse a voluntad a través de un mecanismo de corredera.



Imágen VI.79 \* A la izquierda se encuentra el robot submarino "ROV" y a la derecha la válvula de seguridad.

Fuente:[http://iq.ua.es/MedioAmbiente/Agua\\_tecnologias\\_de\\_tratamiento\\_y\\_medio\\_ambiente/Contencion\\_files/Prestige-Oper\\_2003\\_20041\\_\\_86964.pdf](http://iq.ua.es/MedioAmbiente/Agua_tecnologias_de_tratamiento_y_medio_ambiente/Contencion_files/Prestige-Oper_2003_20041__86964.pdf)

*"Una vez instaladas las válvulas se descende la lanzadera hasta una distancia de*

*seguridad al pecio de unos 30 metros"*[42]. A través de un cable guía central soportado por un pequeño cabestrante instalado en la parte superior de la lanzadera se acerca la misma al pecio y se instala centrada sobre las válvulas. Al abrirlas el fuel contenido en el Prestige, sale y comienza a llenar la lanzadera.

Las primeras lanzaderas tardaban unas 8 horas en llenarse con caudales del orden de 30-40 metros cúbicos por hora. Las últimas tardaron del orden de 3 días con caudales finales insignificantes.

Una vez llena la lanzadera se sube a una distancia de unos 30 m sobre el pecio, se desconecta de la válvula de extracción, se cierran las compuertas inferiores de seguridad y se sube, mediante flotación controladas, hasta unos 40 m de la superficie del mar en la vertical del buque tanque Odín. Desde este buque se desciende una tubería flexible (riser) en cuyo extremo posee una bomba que se acopla a la parte superior de la lanzadera.

En total fue necesario repetir este ciclo hasta 5 veces para recuperar unas 13.700 toneladas de fuel con un contenido en agua del 5% al 10%.

Cuando se terminó el proceso de extracción, cuando solo quedaban unas 1000 toneladas de fuel adheridas a las paredes del casco, se selló el contenido con bacterias para potenciar el proceso de biodegradación que terminará por destruir el hidrocarburo restante.

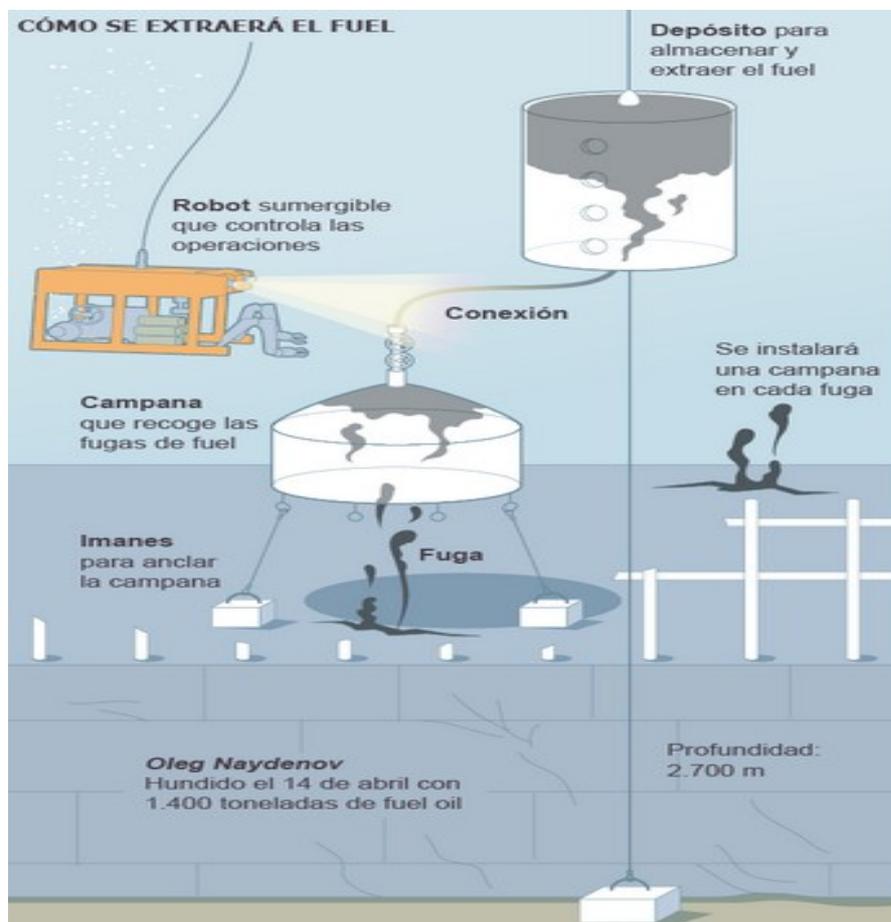
En el caso del del pesquero ruso "Oleg Naydenov", hundido a 15 millas al sur de Gran Canaria a 2.700 metros de profundidad la noche del 14 de abril de 2015 el cual transportaba 1.400 de fuel.

Según el diario " El País" la *"extracción se realizará mediante la instalación de campanas rígidas sobre los puntos de fuga del combustible"*[43]. El fuel se almacenará en las campanas y pasará posteriormente a unos depósitos de transferencia, que se subirán a la superficie para vaciarlos y sustituirlos por tanques vacíos.

Esta labores se resumen en los siguientes pasos:

1. Preparación de la zona cortando los elementos flotantes con los robot submarinos

- para preparar el acceso a las zonas de fugas.
2. Instalación de imanes con las eslingas de fijación con la ayuda de boyas.
  3. Arriado de campana descendiendo hacia la zona de fuga.
  4. Conexión de las eslingas para asegurar la campana a los imanes.
  5. Arriado del depósito con su fondeo de amarre.
  6. Conexión de la manguera del depósito a la campana y una vez conectada la manguera se realiza la apertura de las válvulas.
  7. Llenado del depósito.
  8. Una vez lleno el depósito se cierran las válvulas y se desconecta la manguera.
  9. Izado del depósito al buque.



Imágen VI.80 \* Descripción de la extracción del fuel que se encuentra en el pesquero ruso "Oleg Naydenov"

Fuente: [http://politica.elpais.com/politica/2015/06/02/actualidad/1433243337\\_111995.html#](http://politica.elpais.com/politica/2015/06/02/actualidad/1433243337_111995.html#)

## **VI.5.1 Almacenamiento temporal de los vertidos de hidrocarburos**

Una vez han sido recuperados los hidrocarburos de la superficie del mar, habrá que almacenarlos temporalmente en tanques elaborados especialmente para estas operaciones hasta que sean transportados a zonas de reciclaje.

Estos tanques deben de tener unas características básicas las cuales son:

- Montaje rápido y fácil.
- Construcción ligera.
- Fácil transporte.
- Resistentes.
- Gran capacidad de almacenamiento.

Existen una gran gama de tanques de almacenamiento de hidrocarburos para su uso en situaciones de emergencias, de los cuales encontramos los siguientes:

-Tanque auto-portante:

Se trata de tanques de fácil transporte, ligeros y robustos y con gran capacidad de almacenaje (de 2.000 litros a 40.000 litros aproximadamente). Ocupan poco espacio plegados y su montaje no requiere de elementos auxiliares como estructura o herramientas. Se pueden ubicar en terrenos irregulares, sitios de difícil acceso y cubierta de embarcaciones como ejemplo de su versatilidad. La utilización de depósitos autoportantes no requiere de ningún entrenamiento para su instalación, ya que no requieren de estructura rígida ni accesorios para su sustentación. Como su nombre indica y debido a su diseño cónico están listos para ser utilizados sin manipulación previa, ya que el tanque se soporta a sí mismo sin necesidad de armazón gracias al collar de flotación que se va elevando según el tanque se va llenando. Van provistos de asas en su parte inferior, lo que facilita la correcta colocación de la base del tanque. Están dotados de válvulas de gran diámetro en la

parte baja, para su vaciado o bien para llenado.



Imágen VI.81 \* Tanque auto-portante.

Fuente: <http://www.nauticexpo.es/prod/markleen-terra/product-32644-228761.html>

-Tanque flotante:

Se trata de un depósito cerrado, flotante y remolcable hasta un punto de vaciado en tierra . Los hay de diferentes tipos de capacidades, desde los usados para un derrame pequeño en un puerto como los que deben hacer frente a un importante accidente en alta mar. Se fabrican desde 5 a 1000 toneladas. Su construcción es resistente, pero de fácil manejo y perfectamente compatible con otros medios utilizados en la contención y recuperación de petróleos. Estan dotados de válvulas para conexión de mangueras para llenado y vaciado.



Imágen VI.82 \* Diferentes tanques flotantes de almacenaje de hidrocarburos tras un vertido.

Fuente: <http://www.nauticexpo.es/prod/covertex/product-32634-199720.html>

-Tanque portátil:

Son especialmente recomendados para ser utilizados por unidades de emergencias, gracias a sus prestaciones singulares, como son la comodidad en el transporte, rápido montaje, ligereza de la estructura combinada con su robustez y la gran capacidad de almacenaje (10.000 litros aproximados).



Imágen VI.83 \* Tanque portátil.

Fuente: Elaboración propia.

## VI.6 Limpieza de la costa

La preparación, organización y coordinación de las tareas de limpieza son fundamentales y su uso indebido o inadecuado puede aumentar y empeorar los efectos que provoca el propio derrame. Por ello es esencial conocer los métodos existentes, su aplicabilidad y su impacto sobre el medio.

*"A priori se debe primar siempre la limpieza natural de la costa"[44], que se realiza en las zonas más expuestas a la acción del oleaje, ya que se trata del método más inocuo y el que mejor que permite una rápida y segura recuperación. Sin embargo, las tasas de degradación natural son muy reducidas en los casos en que la cantidad de vertido es muy grande, la fuerza del oleaje y la disposición de la costa imposibilitan y/o disminuyen su degradación y los efectos biológicos son muy elevados por lo que*

se consideraran otros métodos de limpieza artificiales, empezando por los más inocuos y tomando como última alternativa aquellos que producen mayor impacto.

En cualquier caso, el método escogido para efectuar la limpieza dependerá de la clase y cantidad de crudo, el tipo de zona afectada, el periodo del año, la meteorología, las vías de acceso y capacidad de transporte por tierra y mar y la disponibilidad de materiales y personal (recursos) debiéndose estudiar la situación y reunir toda la información posible sobre el vertido para valorar y tomar decisiones sobre las tareas de limpieza, y la forma en que se va a proceder a realizarlas. También es importante la selectividad del método, es decir, que recoja una elevada proporción de crudo con respecto a materiales contaminados; la polivalencia del sistema, es decir, su capacidad para recoger tanto un contaminante envejecido como fluido o viscoso.

Las consideraciones generales y básicas, que deben tenerse en cuenta a la hora de realizar y coordinar las operaciones de limpieza son:

- Objetivo prioritario: retirar la mayor cantidad de fuel en el menor tiempo posible.
- Con la finalidad de evitar que los hidrocarburos se muevan hacia zonas de la costa no contaminadas, deben recogerse de la costa lo más pronto posible.
- Las barreras pueden usarse para mantener el hidrocarburo en la costa mientras se llevan a cabo las operaciones de limpieza. Si se han colocado barreras absorbentes, el petróleo impregnado debe retirarse antes del siguiente ciclo de mareas.
- Una vez afectada la costa, es preferible esperar a que todo el hidrocarburo haya llegado para evitar limpiar la zona más de una vez, aunque hay que tener en cuenta que si se espera mucho tiempo el hidrocarburo se mezclará con el sustrato llegando incluso a enterrarse, dificultando las tareas de limpieza.
- Tendrán siempre prioridad las zonas con más cantidad de fuel y las áreas en las que esté estancado.

Los hábitats con mayor diversidad biológica son prioritarios como :

- Las playas de guijarros y piedras sueltas.

-Dentro de una misma playa, los lugares y hábitats menos expuestos al oleaje, así como la zona más baja de la marea (sobre todo en la zona mesolitoral inferior) son también zonas muy vulnerables.

-Las comunidades de algas y praderas de fanerógamas marinas han de ser protegidas rápidamente con barreras, debido a que son medios de elevada riqueza biológica.

-Las áreas de pesca comercial y marisqueo, tomas de agua y cultivos marinos deben protegerse especialmente dada su importancia económica y biológica.

-La presencia de lugares de nidificación, invernada y concentración de avifauna deben ser limpiados con la mayor brevedad posible, aunque sea con métodos agresivos.

-Limitar y señalar las zonas de tránsito de personas y maquinaria a la zona afectada. Es muy importante que la técnica de limpieza no produzca una penetración del hidrocarburo dentro del sustrato ya que entonces se produce una contaminación a largo plazo.

-Se debe trabajar en las zonas altas de la costa mientras las zonas bajas están cubiertas por la marea.

-Limitar la cantidad de arena limpia de la playa que se elimina con el hidrocarburo, ya que pueden presentarse problemas de erosión, a parte de aumentar la cantidad de residuo por gestionar. Deben recogerse, antes del final de la jornada, todos los residuos y el petróleo recogido.

-Retirar los cadáveres de animales para evitar que otros se coman sus restos y queden contaminados.

## **VI.6.1 Organización del personal**

Es fundamental una buena organización de las tareas de limpieza para que éstas sean un éxito.

En primer lugar *"la playa se debe dividir en áreas de trabajo más pequeñas donde se asigna un supervisor y un grupo de operarios divididos en equipos"*[44]. Cada grupo se asigna a un área, en función de la cantidad de material que pueden limpiar en un día.

Se recomienda una dotación de 150-200 personas dedicadas a la limpieza por cada kilómetro de playa, de manera que exista un coordinador de grupo por cada 40-60 personas aproximadamente.

Los grupos (personal especializado o grupos de voluntarios) deben estar formados por no más de 10 personas, siendo 5 el número óptimo de operarios por grupo. Cada supervisor será responsable de un máximo de 100 personas, es decir, de 10-20 grupos. Estos supervisores de zona deben ser personas con un excelente conocimiento de las zonas contaminadas. Realizarán las tareas de coordinación de grupo y serán también lo que coloquialmente se denomina como "manos limpias", siendo su función asistir al resto de los voluntarios en las tareas básicas como beber agua, de manera que estos no necesiten quitarse los guantes.

## **VI.6.2 Técnicas de limpieza de la costa**

*"La recogida deberá comenzarse en la zona de pleamar y se avanzará hacia la mar"[45], especialmente en zonas donde la pendiente sea muy reducida y reproduzca una variación significativa de la superficie de la playa con el ascenso de la marea.*

En playas encajadas, los esfuerzos de limpieza se concentrarán en los extremos, donde tiende a acumularse la contaminación, mientras que en las playas rectas el personal se distribuirá homogéneamente a lo largo de la orilla, avanzando en la limpieza hacia atrás, es decir tierra adentro.

Paralelamente a los equipos humanos, también a de trabajar la maquinaria. Los vehículos para la limpieza de la playa deben quedar confinados en el área de trabajo, mientras que los camiones de mayor capacidad transportarán el material recogido hasta las zonas de almacenamiento o eliminación final. De esta manera las zonas limpias y sucias quedarán separadas. Los accesos a las zonas contaminadas deben estar restringidos para evitar el daño a las dunas o a otras defensas naturales. El tráfico alrededor de las zonas de trabajo debe estar controlado para que los camiones se muevan sin dificultad y pisén el menos tiempo posible el sedimento.

La limpieza de las costas tiene dos etapas dentro de las cuales se encuentran las diferentes técnicas de limpieza :

-Etapa primaria :

Consiste en eliminar los hidrocarburos que se encuentren libres así como la contaminación fuerte. Esta etapa se emprende con la mayor brevedad posible para evitar un nuevo movimiento de los hidrocarburos y más contaminación.

Dentro de esta etapa se encuentran las siguientes técnicas de limpieza:

-Recuperación natural:

En muchos casos la única opción práctica es dejar que los residuos varados se degraden de forma natural. *"Esta opción puede estar justificada en las zonas de gran sensibilidad ecológica"*[44], en las que cualquier operación de limpieza puede producir más perjuicio que el propio hidrocarburo.

De manera alternativa puede aplicarse en zonas que no se consideren sensibles desde el punto de vista económico, social o medioambiental, especialmente en aquellas zonas expuestas a mar gruesa en las que la limpieza natural puede ser relativamente rápida. Si el acceso a la zona contaminada es difícil, puede ser necesario dejar que los hidrocarburos se degraden, meteoricen, etc. de forma natural.

Sin embargo, esta alternativa no es aplicable cuando se encuentran en peligro animales (aves, mamíferos), especies amenazadas o intereses acuícolas, sobretodo en zonas intermareales.

Se recomienda una vigilancia periódica para medir la velocidad de degradación o limpieza mecánica natural de las zonas impregnadas de hidrocarburos. Se deben colocar carteles avisando al público de la presencia de hidrocarburos varados.

-Limpieza mediante sistemas mecánicos:

Es un método menos selectivo que el manual, aunque la cantidad recogida es 3 ó 4 veces mayor. En playas grandes es muy efectivo.

Cuando los hidrocarburos sin envejecer llegan a una playa, se depositan en pequeños charcos, siendo muy importante recuperarlos lo más rápidamente posible, para evitar que penetren en el terreno.

Los dispositivos de vacío ofrecen la manera más eficaz de bombear los hidrocarburos varados o estancados, porque el contaminante que generalmente contiene detritos y

arena no necesita entrar en contacto con el mecanismo de la bomba. Para bombear los hidrocarburos se puede utilizar camiones de vacío industriales, sanitarios o agrícolas, siempre y cuando exista un buen acceso a la playa.



Imágen VI.84 \* Succión al vacío.

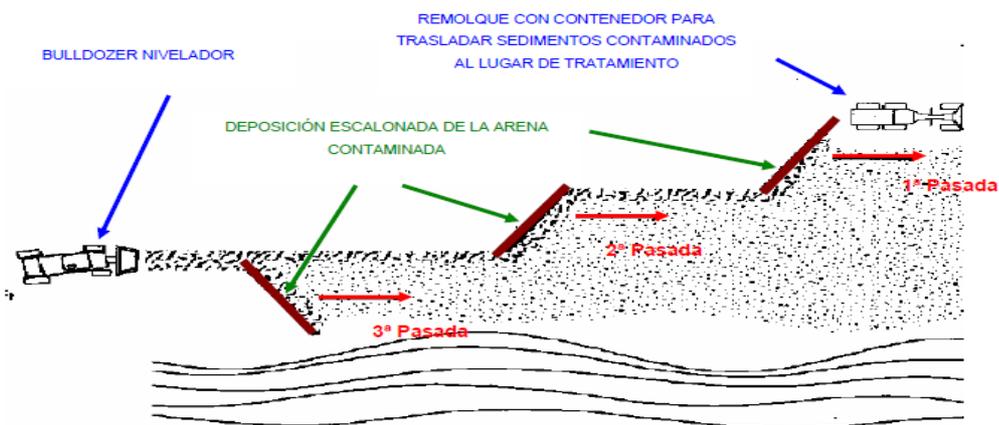
Fuente: [http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_09/Doc\\_07%20Limpieza%20de%20Costas.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_07%20Limpieza%20de%20Costas.pdf)

Una vez recuperados los hidrocarburos líquidos de los charcos de una playa, el paso siguiente consiste en la recuperación de la arena contaminada por el hidrocarburo. Esta operación se efectúa mediante diferentes tipos de maquinaria, utilizada normalmente para el movimiento de tierras, como las explanadoras, tractores de empuje, bulldozers, excavadoras y cargadores frontales.

Las técnicas utilizadas son las siguientes :

Se suele separar el material impregnado de hidrocarburos, depositándose en filas paralelas a la costa y comenzando los trabajos desde la parte alta de la playa. Posteriormente, el material se recupera con cargadoras frontales o excavadoras elevadoras.

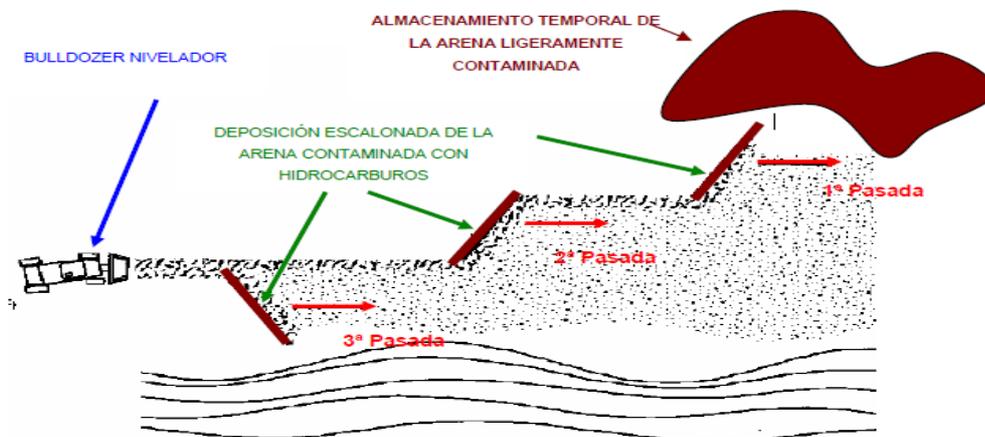
Los equipos y vehículos no deben cruzar las zonas que han sido limpiadas, para evitar que los hidrocarburos restantes se mezclen más con el sedimento, operándose siempre desde el lado limpio.



Imágen VI.85 \* Limpieza escalonada de una playa mediante bulldozer nivelador con almacenamiento alejado de la zona de trabajo.

Fuente: [http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_09/Doc\\_07%20Limpieza%20de%20Costas.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_07%20Limpieza%20de%20Costas.pdf)

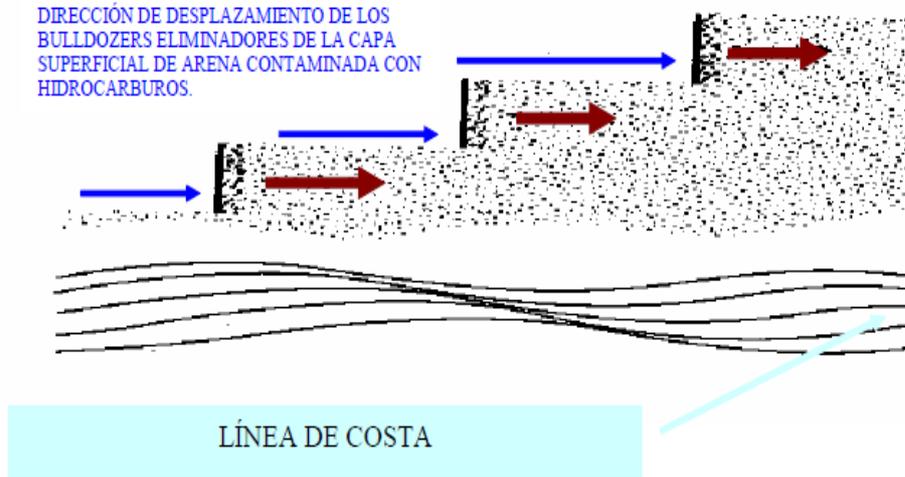
Los residuos aceitosos, o bien se trasladan directamente a un vehículo próximo, o a una zona de almacenamiento temporal fuera del alcance de las olas.



Imágen VI.86 \* Limpieza escalonada de una playa mediante bulldozer nivelador con almacenamiento próximo a la costa.

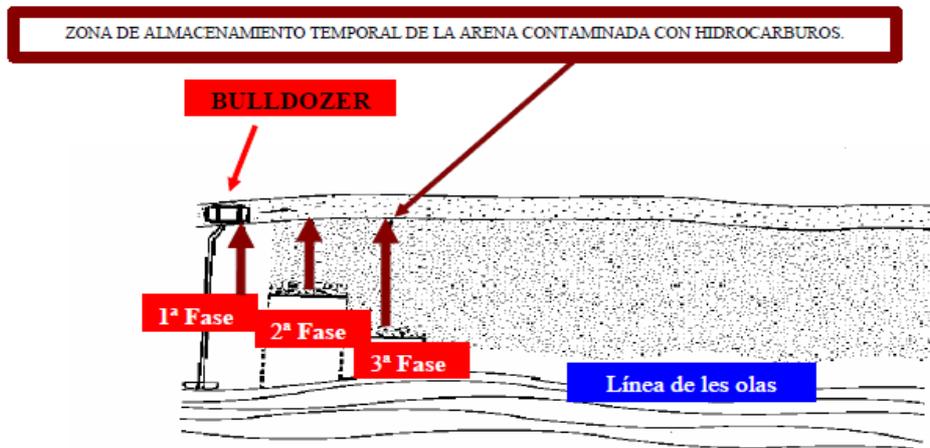
Fuente: [http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_09/Doc\\_07%20Limpieza%20de%20Costas.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_07%20Limpieza%20de%20Costas.pdf)

Otros posibles sistemas de limpieza de una playa contaminada utilizan bulldozers que se desplazan paralela o perpendicularmente a la línea de costa



Imágen VI.87 \* Limpieza de la playa mediante bulldozers que se desplazan paralelamente a al línea de costa.

Fuente: [http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_09/Doc\\_07%20Limpieza%20de%20Costas.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_07%20Limpieza%20de%20Costas.pdf)



Imágen VI.88 \* Limpieza de la playa mediante bulldozers que se desplazan perpendicularmente a la línea de costa.

Fuente: [http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_09/Doc\\_07%20Limpieza%20de%20Costas.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_07%20Limpieza%20de%20Costas.pdf)

A la hora de realizar estas técnicas si en la playa se utilizan sistemas de vacío, se debe

comprobar previamente que el sedimento puede resistir el paso de camiones cargado para evitar la erosión de las playas

En cuanto a la retirada mecánica se debe tener en cuenta que la retirada mecánica de residuos de las playas requiere generalmente de maquinaria pesada, por lo que únicamente se recomienda la aplicación de este método en zonas arenosas de fácil acceso y suficiente capacidad de carga en el sedimento. No es un método aplicable en áreas sensibles como marismas, humedales, etc. Se debe procurar también no excavar ni retirar sedimento en exceso juntamente con los residuos recuperados, con el fin de provocar el mínimo impacto posible con la limpieza.



Imágen VI.89 \* Limpieza con sistemas mecánicos.

Fuente: [http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_09/Doc\\_07%20Limpieza%20de%20Costas.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_07%20Limpieza%20de%20Costas.pdf)

Siempre que se pueda disponer con facilidad de mano de obra y de herramientas básicas, así como de una buena organización para retirar los hidrocarburos con eficacia, se utilizaran estos medios antes de recurrir a medios mecánicos, debido a la gran cantidad de residuos que generan, además de los problemas de erosión que pueden derivar en la playa.

-Limpieza manual:

El uso de *"mano de obra para recolectar hidrocarburos y material contaminado de la costa resulta adecuado en todos tipos de costas"*[46]. Es particularmente apropiada para la limpieza y la restauración de las zonas sensibles e inaccesibles, como las marismas, humedales o zonas rocosas, muy cercanas al mar y base de acantilados, en las cuales la maquinaria pesada no tiene acceso para efectuar la recuperación de los hidrocarburos. Es una técnica muy laboriosa y más selectiva que las que utilizan la maquinaria pero con una productividad baja.

A la hora de recoger el material impregnado de hidrocarburos el personal debe de ponerse ropa de protección pudiendo recoger el hidrocarburo mediante palas, espátulas, cepillos, rastrillos, etc., incluso manualmente, en función de su viscosidad y del tipo de costa. Para extraer el residuo de las rocas, si no se encuentra muy solidificado, se utilizarán espátulas.



Imágen VI.90\* Operarios de limpieza de las costas manualmente.

Fuente: [http://www.eldiario.es/andalucia/Prestige-deberia-completamente-limpio\\_0\\_196680574.html](http://www.eldiario.es/andalucia/Prestige-deberia-completamente-limpio_0_196680574.html).

El transporte hasta la zona de depósito temporal, constituida por tanques o depósitos situados tierra adentro (fuera de la playa o en la zona supramareal), equiespaciados unos 100-200 metros, puede realizarse mediante un vehículo de soporte o de forma manual, mediante cadenas humanas que transporten cubos de la basura o bolsas de plástico resistentes.

Si los cubos y las bolsas se deben transportar manualmente no deben sobrecargarse

demasiado, para que sean fáciles y seguras de manipular, siendo su peso máximo de unos 25 Kg.



Imágen VI.91 \* Operarios de limpieza de las costas cargando cubos de unos 25kg llenos de fuel. Fuente <http://www.itopf.com/es/knowledge-resources/documents-guides/document/7-l-impieza-de-costas-contaminadas-por-hidrocarburos/>.

Dentro de la limpieza manual de hidrocarburos se encuentra el corte y eliminación de la vegetación:

Este método se usa muy pocas veces, y *"sólo es recomendable si se produce una gran amenaza para las aves u otros animales"*[44]. Se utiliza cuando la vegetación está muy petroleada o hay petróleo acumulado entre la vegetación en hábitats sensibles como humedales, praderas submarinas, etc .

En el caso de llevarse a cabo, son remarcables las siguientes precauciones:

- Sólo se debe cortar la parte afectada de las plantas, respetando el resto.
- Es necesario tener mucho cuidado de no destruir las raíces ni mezclar petróleo superficial con el sedimento profundo.
- Las tareas de corte y eliminación han de ser especialmente cuidadosas en zonas de nidificación, sobre todo en cuanto a la destrucción de nidos o generación de ruidos.
- Se limitará al máximo el acceso de personal, reduciendo en lo posible los equipos de trabajo.

-Y por último como ya hemos explicado en apartados anteriores recuperación mediante Skimmers.

-Etapa final:

Consiste en eliminar aún más los hidrocarburos y el material oleoso y, más tarde, los residuos del litoral.

Dentro de esta etapa se encuentra las siguientes técnicas de limpieza:

-Recuperación natural.

-Arado de los sedimentos:

El arado de los sedimentos se basa en extender el material hidrocarburado en el suelo formando una fina capa y labrarla. Este procedimiento favorece la aireación del sedimento y maximiza su exposición a la degradación natural. Pueden colocarse en la zona de influencia de la marea para que se limpien de manera natural.

La operación de mezcla debe repetirse a intervalos cada vez más frecuentes para permitir la aireación y la velocidad de biodegradación natural, así como la acción del oleaje.



Imágen VI.92 \* Arado del sustrato para que con la subida de la marea se liberen los hidrocarburos enterrados.

Fuente: <http://www.itopf.com/es/knowledge-resources/documents-guides/document/7-l-impieza-de-costas-contaminadas-por-hidrocarburos/>

Este método es aplicable a un hábitat sedimentario (tierra, grava...) con poca biodiversidad, que tolere maquinaria pesada y tránsito del personal. No es un método viable para zonas con fauna o vegetación ni para zonas de nidificación de aves o de acuicultura.

-Limpieza con agua a baja presión:

Se utiliza un chorro de agua de mar sobre una capa fina de petróleo no viscoso (más efectiva con petróleo fresco) en cualquier tipo de costa para separar por flotación los hidrocarburos fluidos de prácticamente cualquier tipo de playa que tenga una capa freática alta. No daña demasiado el sustrato, de tal forma que puede ser usado incluso en zonas ricas en flora y fauna.

La limpieza con agua a baja presión debe comenzar en el punto más alto para continuar hacia el borde del agua.

Dado que los hidrocarburos desplazados pueden contaminar otras partes del litoral, éstos deben ser contenidos mediante barreras o dirigidos a colectores y recuperados con skimmers, bombas o unidades de vacío.



Imágen VI.93 \* Limpieza con agua a baja presión.

Fuente: [http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_09/Doc\\_07%20Limpieza%20de%20Costas.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_07%20Limpieza%20de%20Costas.pdf)

-Limpieza a alta presión:

La limpieza con agua a alta presión servirá para retirar los hidrocarburos fuertemente adheridos a las superficies duras (costas rocosas, piedras grandes, construcciones marítimas como diques, paseos, etc.), recuperándolo al desincrustarse de la superficie.

Los equipos adecuados para estas tareas suministran agua a una presión entre 80 y 150 bares. Si se requiere agua caliente puede ser necesario una temperatura entre 60-95° C. No se recomienda el uso de agua de mar y por tanto será necesario un suministro abundante de agua dulce.



Imágen VI.94 \* Limpieza con agua a alta presión.

Fuente:[http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_09/Doc\\_07%20Limpieza%20de%20Costas.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_07%20Limpieza%20de%20Costas.pdf)

Para disminuir la viscosidad de los hidrocarburos y facilitar la eliminación de las rocas, a veces se utiliza vapor de agua, suministrado por equipos que trabajan a 150° C y una presión de 20 bares.



Imágen VI.95 \* Limpieza con vapor de agua.

Fuente: [http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_09/Doc\\_07%20Limpieza%20de%20Costas.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_07%20Limpieza%20de%20Costas.pdf)

La limpieza debe comenzar en la parte alta de las superficies contaminadas, avanzando hacia la base. Son necesarios barreras y skimmers para contener y recoger el crudo suelto, y absorbentes para aplicarlos sobre la base de la zona de trabajo.

Estos métodos de limpieza resultan relativamente agresivos para el medio natural, de manera que su aplicación práctica únicamente está recomendada en el caso de estructuras artificiales o acantilados de baja riqueza biológica y debido a que este tipo de limpieza destruirá gran parte de la biota marina que habita en la superficie, se requiere de trabajadores bien entrenados ya que pueden destruir por completo la flora y la fauna del lugar.

-Biorremediación:

La biorremediación es el proceso por el cual se emplean bacterias, levaduras y hongos para acelerar la degradación de hidrocarburos. Normalmente el método implica la aplicación de nutrientes y enzimas catalíticos a los sedimentos y, en ocasiones, la aireación.

*"El uso de este método en la costa rara vez resulta aconsejable, puesto que no es tan*

*fácil conseguir el mismo nivel de control en el entorno marino"[47].*

Ventajas e inconvenientes:

- Generalmente solo origina cambios físicos menores sobre el medio, con lo que resulta una técnica de bajo impacto ambiental.
- Cuando se usa correctamente no produce efectos adversos significativos en la biota local del medio contaminado.
- Ofrece una solución mas sencilla y completa que las tecnologías mecánicas, y resulta menos costosa que éstas tecnologías.
- Para muchos tipos de vertidos su efectividad no ha sido determinada, y en general es poco eficiente con compuestos pesados.
- Su aplicación en el mar reviste una elevada dificultad y en general no es viable debido a la inestabilidad del medio.
- El tiempo necesario para la actuación de los microorganismos es largo.
- Su implementación es específica para cada lugar contaminado, tanto en lo referente al tipo de microorganismos empleados como a las técnicas de enriquecimiento nutricional y técnicas de aplicación.
- Su optimización requiere información sustancial acerca del lugar contaminado y las características del vertido, por lo que generalmente no es una técnica de aplicación inmediata.

Y por último como ya hemos explicado en apartados anteriores recuperación mediante sorbentes y disperantes.

**Dependiendo del tipo de costa se realizaran diferentes técnicas de limpieza:**

-Costa rocosa:

*"Los acantilados rocosos expuestos al oleaje normalmente no requieren ningún tipo de limpieza"[44], ya que además de que el acceso suele ser difícil y peligroso, los procesos naturales de meteorización provocarán la eliminación de los hidrocarburos presentes, permitiendo la recuperación del entorno en un corto plazo.*

En las costas rocosas con buen acceso para vehículos, como limpieza primaria, los hidrocarburos pueden ser recogidos utilizando skimmers, bombas y camiones aspiradores. Si son inaccesibles para vehículos, se recogerán manualmente con cubos y palas o con adsorbentes.

Como limpieza final para costas rocosas accesibles de protección prioritaria será necesario proceder a una limpieza más profunda con agua a presión, siempre que los condicionantes medioambientales así lo recomienden.



Imágen VI.96 \* Lavado con agua a presión de un acantilado debido a que una tormenta arrastró los hidrocarburos hacia la parte superior del acantilado los cuales si no se limpian persistirán un período largo de tiempo.

Fuente: <http://www.itopf.com/es/knowledge-resources/documents-guides/document/7-1-limpieza-de-costas-contaminadas-por-hidrocarburos/>

Para recoger los residuos de esta limpieza se pueden arrastrar hacia una barrera y de allí ser recogidos con skimmers o camiones de aspiración, o bien concentrar absorbentes en la base de las rocas que han sido limpiadas. También pueden ser eliminados lanzando dispersantes y después aspirando la mezcla hidrocarburo/dispersante aunque el uso de dispersantes en la costa se restringirá a zonas donde el movimiento del agua produzca una rápida dilución y la sensibilidad de los recursos marinos lo permitan.

En este tipo de costas se puede usar la técnica de la biorremediación.

Para costas rocosas inaccesibles como limpieza final se hará manualmente o se dejará que se limpie naturalmente.

-Costa gravilla, guijarros o bolos:

*"Este tipo de costa es probablemente la más difícil de limpiar debido a los hidrocarburos que penetran entre las rocas"*[46]. El primer paso para limpiar este tipo de costa es similar al de las costas rocosas: bombear los hidrocarburos líquidos en aquellas zonas dónde sea posible, y si no lo es, manualmente.

Como limpieza final en las costas accesibles se puede utilizar agua a baja o alta presión, siempre que los condicionantes medioambientales lo permitan, para retirar el petróleo de los sedimentos, que posteriormente será recogido con aspiradores o absorbentes.



Imágen VI.97 \* Limpieza de las rocas con agua a baja presión.

Fuente: <http://www.itopf.com/es/knowledge-resources/documents-guides/document/7-l-impieza-de-costas-contaminadas-por-hidrocarburos/>

Una manera de eliminar la capa aceitosa que queda tras la limpieza de las piedras con agua a alta presión, es arrastrar la capa superficial de piedras hacia el mar o realizar el arado de sedimentos, dónde la acción abrasiva de las olas las limpiará.

Excepto en los casos de hidrocarburos poco viscosos, el uso de dispersantes no es recomendable en este tipo de costa porque tiende a conducir el hidrocarburo dentro del sustrato. Los hidrocarburos poco viscosos pueden ser limpiados de entre las

piedras, y el uso de dispersantes puede facilitar las tareas de limpieza.

En este tipo de costas también se puede usar la técnica de la biorremediación.

En los casos en los que se retiran guijarros o cantos rodados de la costa contaminados con hidrocarburos, estos son transportados hasta camiones hormigoneras en los que son mezclados con un disolvente para ser lavados. Después de unos 30 o 70 minutos estos son liberados y están listos para ser devueltos a la costa donde la acción del oleaje acabará de limpiarlos.



Imágen VI.98 \* Limpieza de guijarros y pequeños cantos rodados en un camión hormigonera.

Fuente: <http://www.itopf.com/es/knowledge-resources/documents-guides/document/7-l-impieza-de-costas-contaminadas-por-hidrocarburos/>

Para costas de gravilla, guijarros o bolos inaccesibles como limpieza final se hará manualmente o se dejará que se limpie naturalmente.



Imágen VI.99 \*Voluntarios limpiando rocas contaminadas por hidrocarburos.

Fuente: <http://www.itopf.com/es/knowledge-resources/documents-guides/document/7-l-impieza-de-costas-contaminadas-por-hidrocarburos/>

#### -Costa arenosas:

Este tipo de costa normalmente tiene buenos accesos, aunque en algunas ocasiones puede ser necesaria la construcción de vías de acceso temporales. Sin embargo, la circulación de la maquinaria es difícil, sobretodo en las playas de arena de tamaño medio-grueso, ya que las pisadas y el hundimiento de las ruedas provocan una mayor mezcla de los hidrocarburos con la arena.



Imágen VI.100 \*Vehículo cargado con la ruedas enterradas en la arena.

Fuente: <http://www.itopf.com/es/knowledge-resources/documents-guides/document/7-l-impieza-de-costas-contaminadas-por-hidrocarburos/>

Como limpieza primaria los métodos manuales son los más adecuados para disminuir el volumen de sedimento recogido con una relación del 5-10% de hidrocarburo. Se utilizarán cuando la playa no sea suficientemente consistente o cuando sea muy amplia y las mangueras no lleguen hasta la orilla del mar. Los hidrocarburos y los absorbentes, así como los residuos aceitosos se recogerán en bolsas de plástico o cubos.



Imágen VI.101 \* Recolección de fueoil emulsionado de una playa.

Fuente: <http://www.itopf.com/es/knowledge-resources/documents-guides/document/7-l-impieza-de-costas-contaminadas-por-hidrocarburos/>

Las playas planas y consistentes podrán soportar el paso de maquinaria pesada, como máquinas explanadoras o allanadoras, tractores de empuje, bulldozers, etc estas tienen una relación del 1-5% de hidrocarburos. Los sistemas de succión al vacío, así como los absorbentes serán útiles para recoger capas delgadas de hidrocarburos que quedan estancadas en depresiones.



Imágen VI.102 \* Recolección de bolas de alquitran mediante un tractor de empuje.

Fuente: <http://www.itopf.com/es/knowledge-resources/documents-guides/document/7-l-impieza-de-costas-contaminadas-por-hidrocarburos/>

Como limpieza final se puede mover la arena contaminada hacia las zonas intermareales o realizar el arado de la misma para que el oleaje las limpie naturalmente.



Imágen VI.103 \* La arena contaminada se mueve hacia las zonas intermareales para que sean lavadas por las olas.

Fuente: <http://www.itopf.com/es/knowledge-resources/documents-guides/document/7-l-impieza-de-costas-contaminadas-por-hidrocarburos/>

También se podrá utilizar dispersantes, aplicándolos desde mochilas, vehículos

utilizados en agricultura o desde avionetas. El dispersante se dejará en contacto con la arena contaminada durante 30 minutos, regándose para conseguir una buena dispersión.

Otro método de limpiar es realizando el tamizado de la arena para recolectar bolas de alquitrán o directamente importar arena limpia de las mismas características que la anterior a las playas.



Imágen VI.104 \* Tamizado para recolectar bolas de alquitrán

Fuente: <http://www.itopf.com/es/knowledge-resources/documents-guides/document/7-l-impieza-de-costas-contaminadas-por-hidrocarburos/>.

La biorremediación es una técnica que también se debe tener presente para la limpieza de este tipo de costa.

-Saladares y humedales :

Los Saladares y Humedales son "*áreas prioritarias de conservación, estando las opciones de limpieza muy limitadas*"[44]. La limpieza de la vegetación y los sedimentos en este tipo de costa es muy difícil, debido a la blandura del sustrato y a que la mayoría de los métodos pueden provocar incluso más daños que el propio hidrocarburo. En este caso, los procesos naturales de limpieza deben ser evaluados antes de decidirse por cualquier tipo de limpieza.



Imágen VI.105 \* Daños adicionales de las marimos superiores a los de los hidrocarburos debido a la limpieza invasiva.

Fuente: [http://www.itopf.com/uploads/translated/TIP7\\_SPCleanupofOilfromShorelines.pdf](http://www.itopf.com/uploads/translated/TIP7_SPCleanupofOilfromShorelines.pdf)

Si se decide actuar, se puede realizar manualmente o utilizando mangueras de baja presión para arrastrar los hidrocarburos hasta mar abierto, dónde, mediante barreras, serán retenidos y posteriormente recogidos. También se puede utilizar aire comprimido procedente de Equipos SCUBA de inmersión para alejar los hidrocarburos flotantes de las plantas. Estas técnicas son más efectivas realizando las tareas mediante barcas de poco calado.

El uso de absorbentes ayuda a limitar la penetración del hidrocarburo en los sedimentos.

Cuando se observa poco hidrocarburo en el sedimento y vegetación muerta, es probable que se haya producido la absorción del mismo por la vegetación, en cuyo caso se puede considerar la quema de la misma.

Cuando se ven amenazadas determinadas aves y otro tipo de fauna, puede ser conveniente la eliminación de la vegetación impregnada por los hidrocarburos. Si los sedimentos no están muy contaminados o no han sido pisados durante los períodos de limpieza, las plantas tienen una gran capacidad de regeneración. Arrancar la vegetación contaminada sólo se debe considerar cuando los otros recursos disponibles supongan un evidente riesgo de que ésta pueda quedar contaminada.

-Sebadales:

Estos medios son muy vulnerables y difíciles de limpiar, por lo que lo más adecuado es protegerlos inmediatamente con barreras antes de que puedan llegar a estar demasiado contaminados debiéndose tener mucho cuidado al desplegar y anclar las barreras, así como con las hélices de los barcos, para no dañar físicamente las praderas.



Imágen VI.106 \*Marisma afectada por hidrocarburos en las que se retiran los hidrocarburos mediante adsorbentes.

Fuente: [http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_09/Doc\\_07%20Limpieza%20de%20Costas.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_07%20Limpieza%20de%20Costas.pdf)

Se debe evitar que los sedimentos en suspensión se mezclen con el petróleo que flota, recogiénolo lo antes posible, antes de que se degrade y se hunda.

El uso directo de dispersantes se debe aplicar a una distancia prudencial de la costa, ya que la mayor parte de ellos son tóxicos para las fanerógamas y podrían provocarse grandes impactos sobre las comunidades biológicas asociadas. Estos productos pueden prevenir daños graves al litoral si se aplican de la forma anteriormente explicada.

La quema in situ puede aplicarse lejos de las praderas, para evitar daños graves, pero nunca se debe incinerar petróleo sobre las praderas o inmediaciones, ya que los residuos de la combustión pueden hundirse y sus efectos prolongarse gravemente en

el tiempo, dependiendo de la cantidad y de la composición del petróleo quemado.

El corte de las plantas debe desecharse, salvo que hubiera aves acuáticas que se fueran a alimentar de ellas.

-Estructuras artificiales:

La limpieza de este tipo de estructuras es importante no sólo para eliminar la contaminación propia que supone el vertido, sino también por motivos estéticos y económicos, ya que ocupan zonas del frente costero que se utilizan diariamente: puertos, muelles, pantalanes.



Imágen VI.107 \* Limpieza de tetrápodos contaminados por hidrocarburos.

Fuente: [http://www.itopf.com/uploads/translated/TIP7\\_SPCleanupofOilfromShorelines.pdf](http://www.itopf.com/uploads/translated/TIP7_SPCleanupofOilfromShorelines.pdf)

En puertos, es conveniente plantearse cerrar parcialmente la bocana del puerto con barreras para evitar la salida de la contaminación (si se ha producido dentro del puerto) o bien la entrada (si se ha producido fuera del puerto), intentando dirigir la mancha hacia un lugar menos vulnerable. Los skimmers pueden ser herramientas muy útiles en el caso de concentración de la mancha dentro del puerto.

Las partes más expuestas al oleaje y poco contaminadas no requieren, normalmente, ningún tipo de limpieza. La utilización de aparatos de alta o baja presión se considerará cuando el petróleo se encuentre seco y líquido respectivamente.

Es muy importante que se recojan los restos del petróleo desincrustado.



Imágen VI.109 \* Limpieza de escollera con agua a alta presión.

Fuente: [http://www.itopf.com/uploads/translated/TIP7\\_SPCleanupofOilfromShorelines.pdf](http://www.itopf.com/uploads/translated/TIP7_SPCleanupofOilfromShorelines.pdf)

Cuando el petróleo es más viejo y pesado o cuando se ha introducido entre las grietas y rendijas, es más difícil de arrancar, debiéndose utilizar raspadores o agua caliente a presión.

Si no fuera suficiente se podría utilizar vapor de alta presión.

Se intentará limpiar de manera que se afecte lo mínimo a las comunidades que habitan las estructuras..

### **VI.6.3 Métodos de rehabilitación de las costas**

La fase final de las actuaciones en la costa consiste en reparar el daño causado al medioambiente por la contaminación de los hidrocarburos o por las actividades de limpieza. Independientemente del tipo de restauración que se pretenda realizar se recomienda el asesoramiento de los especialistas para poder escoger la manera óptima de restaurar los lugares afectados.

Los distintos métodos de restauración son:

-Sustitución del material de playa:

El uso de maquinaria pesada para retirar o efectuar la eliminación de los sedimentos

impregnados de hidrocarburos puede causar una perturbación del perfil de playa que dé lugar a problemas de erosión.

Para *"evitarlo se puede reemplazar el sedimento con material limpio que tenga aproximadamente el mismo tamaño de grano"*[44], para conseguir que sea lo más parecido a su estado original y no se produzcan problemas de cambios en perfil y dinámica de la playa.



Imágen VI.110 \* Rellenado de arena en una playa debido a la eroción provocada por el mar.

Fuente: <http://www.teguise.es/tema.asp?sec=Noticias&idCont=6465&idTema=17>

Sin embargo, la mayoría de los litorales recuperan de forma natural su perfil original, especialmente si se retiraron pocos sedimentos y si la limpieza se realizó durante la fase de acreción de la playa, es decir, en el momento en que los sedimentos se estaban depositando en la playa.

-Replantación de la vegetación:

En primer lugar, es *"necesario evaluar la naturaleza de cualquier daño para poder determinar si es o no posible una recuperación natural"*[34]. En caso afirmativo, se debe establecer un programa de vigilancia para observar la velocidad de la recuperación.

La replantación de la vegetación es aconsejable cuando:

-La zona afectada es utilizada por especies raras o endémicas, especies amenazadas o

aves migratorias: la falta de protección durante una estación podría poner en peligro la biota.

-Las zonas pantanosas están expuestas a la erosión.

-Las zonas pantanosas son utilizadas para la pesca, la caza o con finalidad recreativa.

Existen dos técnicas para la restauración de la vegetación:

-Siembra:

Las semillas pueden esparcirse manualmente o desde una avioneta. Esta técnica puede resultar económica pero tiene ciertas limitaciones: las olas y las corrientes pueden arrastrar semillas antes de que germinen, existiendo un cierto retraso antes de que la vegetación haya crecido lo suficiente como para proteger la fauna salvaje e impedir la erosión.

-Trasplante:

Consiste en plantar plantas jóvenes en las zonas limpias. La plantación se realizará manualmente, procurando controlar la profundidad a la que se introducen las plantas, la distancia entre ellas, la época del año y la altura de la marea.

Esta técnica requiere una utilización intensiva de mano de obra, pero proporciona resultados rápidos. Es recomendable concentrarse en aquellos lugares que sean más propensos a la erosión o que ofrezcan hábitats especiales.

### **VI.6.3.1 Programa de Recuperación de la Fauna Protegida Accidentada del Cabildo de Lanzarote**

En este programa *"el Cabildo de Lanzarote tiene atribuidas las competencias relativas a la conservación, protección y mejora de la fauna de Lanzarote, así como la conservación, preservación y mejora de sus hábitats naturales, que ejerce a través de su servicio de medio ambiente"*[48].

Para llevar a cabo las acciones de atención y mantenimiento de las especies de la

fauna silvestre y exótica accidentada que no puedan ser objeto de su suelta en el medio natural, así como su rehabilitación, el Cabildo de Lanzarote firmó en 2011 dos convenios de colaboración con los parques zoológicos "Rancho Texas Park" y "Aquarium Costa Tegui", los cuales pondrán a su disposición sus instalaciones y recursos como centros de recuperación desarrollando funciones de acogida, cuidado y curación de las especies protegidas (catalogadas o no) de la fauna silvestre y exótica accidentada cuya devolución al medio natural sea inviable, así como de aquellas que necesitan un tratamiento especializado previamente a su suelta en el medio natural.

En el caso del "Aquarium Costa Tegui", este consta de unas zonas e infraestructuras adecuadas para poder rehabilitar a los animales que llegan a estas instalaciones en estado de recuperación por accidentes en su medio. En este existen tres zonas diferenciadas:

La zona cuarentena, apta para la primera etapa delicada de la recuperación de los animales.

La zona de rehabilitación, la cual dispone de un tanque específico para tortugas de tamaño intermedio, diseñado acorde a las necesidades de natación de estos animales marinos.

El Oceanario en el que las tortugas después de todo su proceso de recuperación pueden convivir con otras especies antes de ser devueltas al mar.



Imágen VI.111 \* Suelta de tortugas al mar tras su rehabilitación.

Fuente: Web Cabildo de Lanzarote

# Conclusiones

Tras lo descrito anteriormente en este Trabajo de Fin de Grado hemos llegado a las siguientes conclusiones:

-Las medidas de protección y control implantadas reducen notablemente los posibles impactos medioambientales.

-Gracias a la vigilancia aérea se hace mucho más difícil que los buques en navegación descargen residuos al mar.

-Gracias a los programas informáticos de cálculo de la deriva y envejecimiento de los hidrocarburos favorecen a la elección de estrategias de respuestas contra los vertidos y se reduce el tiempo de repuesta ante un derrame.

-Es importante conocer tanto las ventajas como las limitaciones de los equipos contra la contaminación para evitar su utilización en condiciones inadecuadas.

-Un derrame que afecte a la costa del Archipiélago Canario, las consecuencias serían trascendentales para la economía Canaria.

-Es importante tener en cuenta las experiencias obtenidas sobre todos los desastres medioambientales anteriores para el mejoramiento de nuevos equipos y estrategias de lucha contra la contaminación y formación del personal.

-Es de vital importancia trabajar sobre el mejoramiento de los Planes de Contingencias.

-En la prevención de derrames está la clave, de ahí la expresión "más vale prevenir que curar"( revisión de buques al día, dispositivos para hacer los buques más fiables y resistentes, etc... ).

# Bibliografía

[0] Autores: D. J.M. Calvilla-Quintero; D. J.A. González Almeida; Dr. J.I. Gómez Gómez; Dr. J.R. Bergueiro López; Dr. A. Bermejo Díaz; Dra. R. Carrau Mellado; Dr. A. González Marrero; D<sup>a</sup> M.C. Mingorance Rodríguez; D<sup>a</sup>. D. Regueira Fernández; D<sup>a</sup>. S.C. Gómez Correa; D<sup>a</sup>. V. Yanes Martín; D. A.U. Gómez Correa. SISTEMAS INSULARES DE RESPUESTA Y OPERACIONES ANTE CONTAMINANTES OCEÁNICOS (SIROCO). CONAMA9. Equipo investigador de contaminación y seguridad marítima (consemar). Disponible en:

[http://www.conama9.conama.org/conama9/download/files/CTs/paneles/985742\\_panel\\_JCalvilla.pdf](http://www.conama9.conama.org/conama9/download/files/CTs/paneles/985742_panel_JCalvilla.pdf)

[1] MAREAS NEGRAS CATÁSTROFES. Historia accidentes del transporte de crudo por mar.[Página web] [consultado 02 de marzo de 2015]  
URL:[http://www.cetmar.org/documentacion/mareas\\_negras\\_catastrofes.htm](http://www.cetmar.org/documentacion/mareas_negras_catastrofes.htm)

[2] PECMAR. Gobierno de Canarias [página web], 2006 [consultado 10 de marzo de 2015] URL:  
<http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/PECMARDICIEMBRE2006.pdf>

[3] Autor: Selene Caballero. "Cargas peligrosas (IMO)". INFORMAR. Septiembre 2012 / Año 14 / No.12.pag3. Disponible en:  
<http://www.camae.org/Folletos/INFORMAR%20SEPTIEMBRE%202012.pdf>

[4] ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL (OMI). Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable.[Página web] [consultado 03 de marzo de 2015]  
URL:<http://www2.medioambiente.gov.ar/acuerdos/organismos/onu/onuomi.htm>

[5] CONVENIOS INTERNACIONALES. Organización marítima internacional (OMI).[Página web] [consultado 03 de marzo de 2015]

URL:[http://www.prefectura naval.gov.ar/web/es/html/dpma\\_convenios\\_internacional.es.php](http://www.prefectura naval.gov.ar/web/es/html/dpma_convenios_internacional.es.php)

[6] NORMATIVA EUROPEA .Ministerio de Fomento. [Página web] [consultado 03 de marzo de 2015]

URL: [http://www.magrama.gob.es/es/costas/legislacion/normativa\\_europea.aspx](http://www.magrama.gob.es/es/costas/legislacion/normativa_europea.aspx)

[7] AGENCIA EUROPEA DE SEGURIDAD MARÍTIMA (EMSA). Asociación Española de Marina Civil.[Página web] [consultado 04 de marzo de 2015]

URL:<http://www.marinacivil.com/index.php/articulo/general/8958-agencia-europea-de-seguridad-maritima>

[8] NORMATIVA NACIONAL. Ministerio de Fomento [Página web] [consultado 03 de marzo de 2015]

URL: [http://www.magrama.gob.es/es/costas/legislacion/normativa\\_nacional.aspx](http://www.magrama.gob.es/es/costas/legislacion/normativa_nacional.aspx)

[9] NORMATIVA DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE CANARIAS. Gobierno de Canarias. [Página web] [consultado 04 de marzo de 2015]

URL: <http://www.gobiernodecanarias.org/cmayer/normativa/medioambiente.html>

[10] DEFINICIÓN DE HIDROCARBURO.[Página web] [consultado 04 de marzo de 2015] URL:<http://definicion.de/hidrocarburos/#>

[11] ESTADO NATURAL Y FUENTES INDUSTRIALES; DESTILACIÓN DEL PETRÓLEO.[Página web] [consultado 04 de marzo de 2015];

URL:<http://ocw.us.es/quimica-organica/quimica-organica->

i/temas/2\_alcanos/13\_hidrocarburos/page\_08.htm

[12] Autor: José María Silos Rodríguez. Manual de lucha contra la contaminación por hidrocarburos. Edición UCA, Cádiz, 1ª 2008, IS BN 978-84-9828-156-9, 39 pp.

[13] EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD. PECMAR. Gobierno de Canarias [Página web], 2006[consultado 10 de marzo de 2015];URL: [http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_03/AN\\_03\\_rev3.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_03/AN_03_rev3.pdf)

[14] ANEJO 8: MEDIOS DE DETECCIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA CONTAMINACIÓN MARINA PECMAR. Gobierno de Canarias [página web], 2006 [consultado 11 de marzo de 2015] URL: [http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_08/AN\\_08\\_rev3.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_08/AN_08_rev3.pdf)

[15] CONTROL DE DERRAME DE HIDROCARBURO. Consecuencias sobre el medio ambiente.[Página web] [consultado 10 de marzo de 2015]; URL:<http://html.rincondelvago.com/control-de-derrame-de-hidrocarburos.html>

[16] EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN POR HIDROCARBUROS EN EL MEDIO MARINO Itopf.[Página web] [consultado 10 de marzo de 2015]; URL: [http://www.itopf.com/uploads/translated/TIP13\\_SPEffectsofOilPollutionontheEnvironment.pdf](http://www.itopf.com/uploads/translated/TIP13_SPEffectsofOilPollutionontheEnvironment.pdf)

[17] ÍNDICE DE SENSIBILIDAD AMBIENTAL DE LA COSTA. Ministerio de Fomento. SOCIB. [Página web], 2014 [consultado 12 de marzo de 2015] URL: <http://www.socib.eu/>

seccion=siasDivision&facility=EnvironmentalSensitivityCoastsMethod&language=es\_ES

[18] SENSIBILIDAD COSTERA ASOCIADA A LA EXPOSICIÓN A DERRAMES DE PETRÓLEO (Clasificación de Costas, NOAA, 2002). MarLIN (Marine Life Information Network) [Página web], 2014 [consultado 12 de marzo de 2015] URL:

[http://www.santacruz.gov.ar/ambiente/audiencia\\_publica/prospeccion\\_flancos\\_eyes/estudio/Cap%20VI%20-%20Sensibilidad%20Ambiental%20y%20Social.pdf](http://www.santacruz.gov.ar/ambiente/audiencia_publica/prospeccion_flancos_eyes/estudio/Cap%20VI%20-%20Sensibilidad%20Ambiental%20y%20Social.pdf)

[19] CANTIDAD Y ORIGEN EL PETRÓLEO DERRAMADO AL MAR. [Página web], 2014 [consultado 12 de marzo de 2015] URL:

<http://www.angelfire.com/vt2/cbtis189/ANEXOS.htm>

[21] PLAN NACIONAL DE CONTINGENCIAS POR CONTAMINACIÓN MARINA ACCIDENTAL. Ministerio de Fomento. [Página web] [consultado 10 de marzo de 2015] URL: [www.cipex.net/Anexo-Plan Cont.Marina.pdf](http://www.cipex.net/Anexo-Plan Cont.Marina.pdf)

[22] ZONA MARÍTIMA ESPECIALMENTE SENSIBLE DE CANARIAS. Ministerio de Fomento. [Página web] [consultado 14 de marzo de 2015]

URL: <https://no0ilcanarias.files.wordpress.com/2012/11/zmes-dossier.pdf>

[23] LISTA DE ZONAS MARINAS ESPECIALMENTE SENSIBLES. OMI. [Página web] [consultado 17 de marzo de 2015] URL:

[http://www.prefectura naval.gov.ar/web/es/doc/dpsn\\_circulares\\_mepc/MEPC.1-Circ.778.pdf](http://www.prefectura naval.gov.ar/web/es/doc/dpsn_circulares_mepc/MEPC.1-Circ.778.pdf)

[24] OBSERVACIÓN AÉREA. Gobierno de Canarias. PECMAR. [Página web] [consultado 17 de marzo de 2015] URL:

[http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_09/Doc\\_01%20Observacion%20aerea.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_01%20Observacion%20aerea.pdf)

[25] VIGILANTES PARA UN MAR LIMPIO. "EL PAÍS".[Página web] [consultado 17 de marzo de 2015] URL:

[http://sociedad.elpais.com/sociedad/2014/08/02/actualidad/1406992612\\_722159.html#](http://sociedad.elpais.com/sociedad/2014/08/02/actualidad/1406992612_722159.html#)

[26]CONDICIONES GENERALES DE VENTA DE COMBUSTIBLES MARINOS DE LA COMPAÑÍA COMPAÑÍA ESPAÑOLA DE PETROLEOS, S.A.U. (CEPSA) .[Página web] [consultado 17 de marzo de 2015] URL:

[http://www.cepsa.com/stfls/CepsaCom/Bunker/Ficheros\\_bunker/CEPSA-Combustibles-Marinos-Condicioness-generales-de-venta%282013%29.pdf](http://www.cepsa.com/stfls/CepsaCom/Bunker/Ficheros_bunker/CEPSA-Combustibles-Marinos-Condicioness-generales-de-venta%282013%29.pdf)

[27] PREDICCIÓN Y VIGILANCIA DE LA EVOLUCIÓN DE VERTIDOS. Ministerio de Fomento. Teledetección. [Página web] [consultado 19 de marzo de 2015] URL:

[http://www.magrama.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/plan-ribera/contaminacion-marina-accidental/prevencion\\_y\\_vigilancia.aspx](http://www.magrama.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/plan-ribera/contaminacion-marina-accidental/prevencion_y_vigilancia.aspx)

[28] VIGILANCIA AÉREA.Cuantificación visual de la mancha de Hidrocarburo. [Página web] [consultado 19 de marzo de 2015] URL:

[http://www.delfinaustral.com/mar\\_limpio/pop\\_vigilancia.html](http://www.delfinaustral.com/mar_limpio/pop_vigilancia.html)

[29] EMPLEO DE DISPERSANTES. Gobierno de Canarias. Pecmar.[Página web] [consultado 10 de abril de 2015] URL:

[http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_09/Doc\\_05%20Dispersantes.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_05%20Dispersantes.pdf)

[30] USO DE DISPERSANTES PARA EL TRATAMIENTO DE DERRAMES DE HIDROCARBUROS.Itopf.[Página web] [consultado 10 de abril de 2015] URL:<http://www.itopf.com/es/knowledge-resources/documents-guides/document/4-uso-de-dispersantes-para-el-tratamiento-de-derrames-de-hidrocarburos/>

[31] GUÍA PARA EL USO DE DISPERSANTES. SEMARNAT. [Página web]

[consultado 10 de abril de 2015] URL:<http://smaas.campeche.gob.mx/wp-content/uploads/2014/02/guia-de-buenas-pr%C3%A1cticas-para-el-uso-de-dispersantes-en-el-control-de-derrames-de-hidrocarburos.pdf>

[32] APÉNDICE 3: MARCO NORMATIVO PARA EL EMPLEO DE DISPERSANTES. PECMAR. Gobierno de Canarias.[Página web] [consultado 10 de abril de 2015] URL:[http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_09/Doc\\_05%20Dispersantes.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_05%20Dispersantes.pdf)

[33] INCINERACIÓN IN SITU DE LOS HIDROCARBUROS EN LA MAR. Ministerio de Fomento.[Página web] [consultado 21 de abril de 2015] URL: <http://www.magrama.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/plan-ribera/contaminacion-marina-accidental/incineracion.aspx>

[34] USO DE BARRERAS. Gobierno de Canarias . Pecmar..[Página web] [consultado 23 de abril de 2015] URL: [http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_09/Doc\\_03%20Barreras.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_03%20Barreras.pdf)

[35] USO DE BARRERAS EN LA RESPUESTA A LA CONTAMINACIÓN POR HIDROCARBUROS. Itopf. [Página web] [consultado 01 de mayo de 2015] URL:[http://www.itopf.com/uploads/translated/TIP3\\_SPUseofBoomsinOilPollutionResponse.pdf](http://www.itopf.com/uploads/translated/TIP3_SPUseofBoomsinOilPollutionResponse.pdf)

[36] BARREAS CONTRA VERTIDO HIDROCARBURO. [Página web] [consultado 01 de mayo de 2015] URL: <http://.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/3935/Pablo%20Ferreiro%20Casado.pdf?sequence=1>

[37]CONTENCIÓN Y PREVENCIÓN. Utilización barreos. [Página web]

[consultado 01 de mayo de 2015]  
URL:[http://www.cethus.org/mar\\_limpio/conservacion\\_s1.html](http://www.cethus.org/mar_limpio/conservacion_s1.html)

[38] USO SKIMMERS. Gobierno de Canarias. Pecmar.[Página web] [consultado 01 de mayo de 2015] URL:  
[http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_09/Doc\\_04%20Skimmers.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_04%20Skimmers.pdf)

[39] USO DE SKIMMERS EN LA RESPUESTA A LA CONTAMINACIÓN POR HIDROCARBUROS. Itopf.[Página web] [consultado 01 de mayo de 2015] URL:  
<http://www.itopf.com/es/knowledge-resources/documents-guides/document/5-uso-de-skimmers-en-la-respuesta-a-la-contaminacion-por-hidrocarburos/>

[40] USO DE MATERIALES ADSORBENTES EN LA RESPUESTA A DERRAMES DE HIDROCARBUROS. Itopf [Página web] [consultado 01 de mayo de 2015] URL:  
[http://www.itopf.com/uploads/translated/TIP8\\_SPUseofSorbentMaterialsinOilSpillResponse.pdf](http://www.itopf.com/uploads/translated/TIP8_SPUseofSorbentMaterialsinOilSpillResponse.pdf)

[41] EXTRACCIÓN DE PÉTROLEO BARCO HUNDIDO EN GUERRA CIVIL ESPAÑOLA: EL WOODFORD (CASTELLÓN). Asociación Canaria de Oficiales de la Marina Mercante[Página web] [consultado 05 de mayo de 2015] URL:  
<http://www.oficialesdelamarinamercante.com/ascanofimmeNew/Woodford.html>

[42] RECUPERACIÓN DEL FUEL DEL BUQUE PETROLERO PRESTIGE. [Página web] [consultado 08 de mayo de 2015] URL:  
[http://iq.ua.es/MedioAmbiente/Agua,\\_tecnologias\\_de\\_tratamiento\\_y\\_medio\\_ambiente/Contencion\\_files/Prestige-Oper\\_2003\\_20041\\_\\_86964.pdf](http://iq.ua.es/MedioAmbiente/Agua,_tecnologias_de_tratamiento_y_medio_ambiente/Contencion_files/Prestige-Oper_2003_20041__86964.pdf)

[43] EXTRACCIÓN DE PÉTROLEO DEL PESQUERO RUSO "*Oleg Naydeno*". "*EL PAÍS*"[Página web] [consultado 10 de JUNIO de 2015] URL:

[http://politica.elpais.com/politica/2015/06/02/actualidad/1433243337\\_111995.html#](http://politica.elpais.com/politica/2015/06/02/actualidad/1433243337_111995.html#)

[44] LIMPIEZA Y RESTAURACIÓN DE COSTAS CONTAMINADAS. Gobierno de Canarias. PECMAR. [Página web] [consultado 01 de JUNIO de 2015] URL:  
[http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_09/Doc\\_07%20Limpieza%20de%20Costas.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_07%20Limpieza%20de%20Costas.pdf)

[45] PROTOCOLO PARA LA RETIRADA DE HIDROCARBUROS DE LA COSTA. [Página web] [consultado 01 de JUNIO de 2015] URL:  
[http://www.nodo50.org/mareanegra/protocolo\\_adega.pdf](http://www.nodo50.org/mareanegra/protocolo_adega.pdf)

[46] LIMPIEZA DE COSTAS CONTAMINADAS POR HIDROCARBUROS. Itopf. [Página web] [consultado 01 de JUNIO de 2015] URL:  
[http://www.itopf.com/uploads/translated/TIP7\\_SPCleanupofOilfromShorelines.pdf](http://www.itopf.com/uploads/translated/TIP7_SPCleanupofOilfromShorelines.pdf)

[47] BIORREMEDIACIÓN. Gobierno de Canarias. [Página web] [consultado 01 de JUNIO de 2015] URL:  
[http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo\\_09/Doc\\_10%20Biorremediacion.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/descargas/pecmar/anejo_09/Doc_10%20Biorremediacion.pdf)

[48] PROGRAMA DE RECUPERACIÓN DE LA FAUNA PROTEGIDA ACCIDENTADA DEL CABILDO DE LANZAROTE. Cabildo de Lanzarote. [Página web] [consultado 02 de Julio de 2015] URL:

<http://www.cabildodelanzarote.com/tema.aspsec=Noticias&idCont=8688&idTema=1>

7

## Acrónimos

<b>ADIOS 2</b>	Automated Data Inquiry for Oil Spills 2
<b> AIS</b>	Sistema de Identificación Automática

<b>API</b>	American Petroleum Institute
<b>APMUN</b>	Agencia de Protección del Medio Urbano y Natural
<b>BOE</b>	Boletín oficial del Estado
<b>BUNKERS</b>	Convenio Internacional sobre responsabilidad civil por daños
<b>2001</b>	debidos a contaminación por hidrocarburos para combustible de buques
<b>CANREP</b>	Sistema de notificación obligatoria para buques en las islas Canarias
<b>CECOES</b>	Centro Coordinador de Emergencias y Seguridad del Gobierno de Canarias
<b>CECOP</b>	Centro de Control Operativo
<b>CECOPIN</b>	Centro de Coordinación Operativa Insular
<b>CEE</b>	Comunidad Económica Europea
<b>CEOPAL</b>	Órgano de coordinación municipal de actuaciones de preemergencia como de emergencia.
<b>CEPSA</b>	Compañía española de petróleos
<b>CLC 69</b>	Convenio internacional sobre responsabilidad civil nacida de daños debido a contaminación por hidrocarburos
<b>Código IMDG</b>	Código IMDG Código marítimo internacional de mercancías peligrosas
<b>COSS</b>	Comité de seguridad marítima y prevención de la contaminación por los buques
<b>CPMM</b>	Comité de Protección del Medio Marino
<b>CRCS-LCC</b>	Centros de Coordinación Regional de Salvamento Marítimo y Lucha contra la Contaminación
<b>DGSE</b>	GIE-Grupo de Intervención de Emergencias de Canarias
<b>DISA</b>	Empresa petrolífera española
<b>EMGRISA</b>	Empresa para la Gestión de Residuos Industriales
<b>EMSA</b>	Agencia Europea de Seguridad Marítima
<b>ERGOS</b>	Programa de vigilancia de vertidos por satélites
<b>ESI</b>	Índice de Sensibilidad Ecológico
<b>FLIR</b>	Infrarrojo de barrido frontal
<b>FUND/71</b>	Convenio internacional sobre la constitución de un fondo internacional de indemnización de daños debidos a contaminación

	por hidrocarburos
<b>GNOME</b>	General NOAA Oil Modelling Environment
<b>GPS</b>	Sistema de Posicionamiento Global
<b>HOT-TAP</b>	Válvulas de extracción sin interrupción de flujo ni derrames
<b>IRLS</b>	Exploradores de líneas por rayos infrarrojos
<b>LC 72</b>	Convenio sobre la prevención de la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias
<b>LIC</b>	Lugares de interés comunitario
<b>LRIT</b>	Sistema de seguimiento marítimo remoto vía satélite
<b>MARPOL</b>	Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques
<b>MWR</b>	Radiómetro de microondas
<b>NAV</b>	Subcomité Seguridad de la Navegación de la Organización Marítima Internacional
<b>NOAA</b>	Agencia Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos
<b>OILPOL 54</b>	Convenio internacional para prevenir la contaminación de las aguas del mar por hidrocarburos
<b>OMI</b>	Organización Marítima Internacional
<b>OPRC 90</b>	Convenio internacional sobre cooperación, preparación y lucha contra la contaminación por hidrocarburos
<b>OSPAR 92</b>	Convenio para la protección de medio ambiente marino del Atlántico Nordeste
<b>PAH</b>	compuestos aromáticos policíclicos
<b>PAIN</b>	Planes de Actuación Insulares para Contaminación Marina
<b>PAM</b>	Planes de Actuación Municipales para Contaminación Marina
<b>PAM</b>	Plan de Actuación Municipal
<b>PECMAR</b>	Plan Específico de Cotingencias por Contaminación Marina Accidental de Canarias
<b>PEIN</b>	Plan de Emergencia Insular
<b>PMA</b>	Puesto de Mando Avanzado
<b>POLREP</b>	Marine Pollution Incident Report
<b>PU</b>	Poliuretano

<b>PVC</b>	Cloruro de Polivinilo
<b>REPSOL</b>	Multinacional de energía española, con especial presencia en el mercado de hidrocarburos
<b>ROV</b>	Vehículo de inspección submarina de control remoto
<b>SAR</b>	Servicio de Búsqueda y Salvamento Aéreo
<b>SASEMAR</b>	Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima
<b>SLAR</b>	Radar aerotransportado de exploración lateral
<b>SNP</b>	Convenio Internacional sobre responsabilidad e indemnización de daños en relación con el transporte marítimo de sustancias nocivas y potencialmente peligrosas
<b>SOLAS</b>	Convenio SOLAS Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar
<b>SUC</b>	Servicio de Urgencias Canario
<b>UCADE</b>	Unidad Canaria de Apoyo ante Desastres
<b>UE</b>	Unión Europea
<b>UIT</b>	Unidades de Intervención de Tierra
<b>UNELCO</b>	Empresa española dedicada a la generación de energía eléctrica
<b>UNESCO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
<b>UVLS</b>	Exploradores de líneas por rayos ultravioletas
<b>ZEE</b>	Zonas Exclusivas Económicas
<b>ZEPA</b>	Zonas de especial protección para las aves
<b>ZMES</b>	Zonas Marinas Especialmente Sensibles