

USO DE SKIMMERS EN LA RESPUESTA A LA CONTAMINACIÓN POR HIDROCARBUROS

DOCUMENTO DE INFORMACIÓN TÉCNICA

5



Introducción

Existen diversas opciones para responder a derrames de hidrocarburos en el medio marino. La técnica principal que numerosas autoridades gubernamentales adoptan consiste en la recolección mecánica de los hidrocarburos de la superficie del mar. Esto normalmente se consigue mediante el uso de barreras para concentrar hidrocarburos derramados y permitir que un skimmer (rasera) recolecte selectivamente y bombee los hidrocarburos hasta un almacenamiento. Existen numerosos tipos de skimmers con diseños optimizados para abordar diferentes escalas de operación, tipos de hidrocarburos y condiciones medioambientales.

Este documento describe los requisitos fundamentales para el uso correcto de skimmers en las situaciones más probables que pueden encontrarse durante un derrame de hidrocarburos y debe leerse junto con otros documentos de ITOPE de esta serie, en particular, sobre el uso de barreras, técnicas de limpieza y desecho de hidrocarburos.

Descripción general

El propósito final de cualquier operación de recolección consiste en retirar tanta cantidad de hidrocarburos como sea razonable y económicamente posible. Un sistema de recolección satisfactorio debe superar problemas interrelacionados, como encontrar cantidades importantes de hidrocarburos y su posterior contención, concentración, recolección, bombeo y almacenamiento. Los elementos de recolección y bombeo de la operación general se combinan frecuentemente en un skimmer. Todos los skimmers se diseñan para retirar hidrocarburos en lugar de agua, aunque los diseños varían considerablemente según el uso previsto; por ejemplo, en el mar, en aguas protegidas o en tierra. Los skimmers para uso en agua incluyen ciertos tipos de medidas de flotación o soporte, mientras que diseños más complicados pueden estar autopropulsados y disponer de varios elementos de recolección, depósitos de almacenamiento integrales y/o instalaciones de separación de hidrocarburos y agua (Figura 1).

Al seleccionar los skimmers, es necesario tener en cuenta diversos factores. Los factores más importantes son la viscosidad y propiedades de adhesión de los hidrocarburos derramados (incluyendo cualquier cambio en estas propiedades debido a la "meteorización" con el transcurso del tiempo), junto con el estado del mar y la presencia de residuos. En situaciones relativamente predecibles, como por ejemplo en instalaciones fijas como terminales marinas y refinerías, puede conocerse el tipo de hidrocarburos manipulados y se podrá seleccionar un skimmer específico. Por el contrario, puede resultar preferible utilizar un skimmer versátil para tratar diversas situaciones e hidrocarburos, como por ejemplo dentro de una reserva nacional. Sin embargo, ningún skimmer puede por sí solo tratar todas las situaciones que pueden producirse como resultado de un derrame de hidrocarburos y puede requerirse una selección de skimmers, especialmente a medida que los hidrocarburos se meteorizan (Tabla 1).

Por lo tanto, deben identificarse las condiciones operativas esperadas y el uso previsto, por ejemplo si el skimmer formará parte integral de un sistema de recolección mar adentro instalado en una embarcación, o si se desplegará manualmente en un puerto o costa. Después de esto, pueden evaluarse otros criterios como tamaño, robustez y facilidad de operación, manipulación y mantenimiento.

Imagen de portada gentileza de Ro-Clean Desmi/Armada Danesa.



▲ Figura 1: skimmer tipo vertedero autopropulsado para uso en puertos y aguas cerca de la costa. Las puertas de proa se abren para mejorar el ancho de barrido y permitir la entrada de hidrocarburos flotantes. Los hidrocarburos recolectados se bombean hasta un depósito de almacenamiento interno.

Mecanismos de recolección de hidrocarburos y diseño del skimmer

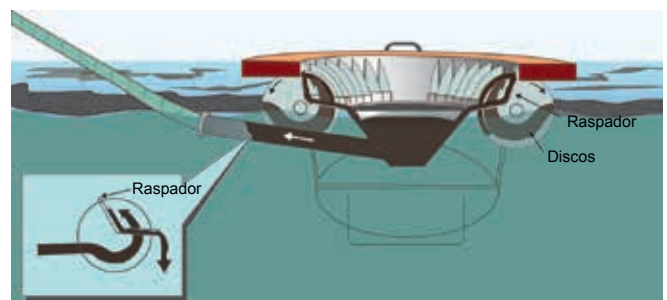
El elemento de recolección de un skimmer desvía o retira los hidrocarburos de la superficie del mar, donde fluye hasta el lado de admisión de un sistema de bombeo para transferirlo al almacenamiento. Los mecanismos con los que se retiran los hidrocarburos del agua incluyen sistemas oleofílicos que se basan en la adhesión de los hidrocarburos a una superficie móvil, sistemas de aspiración, sistemas tipo vertedero que se basan en la gravedad y sistemas que elevan físicamente los hidrocarburos con recogedores mecánicos, correas o cucharas.

Skimmers oleofílicos

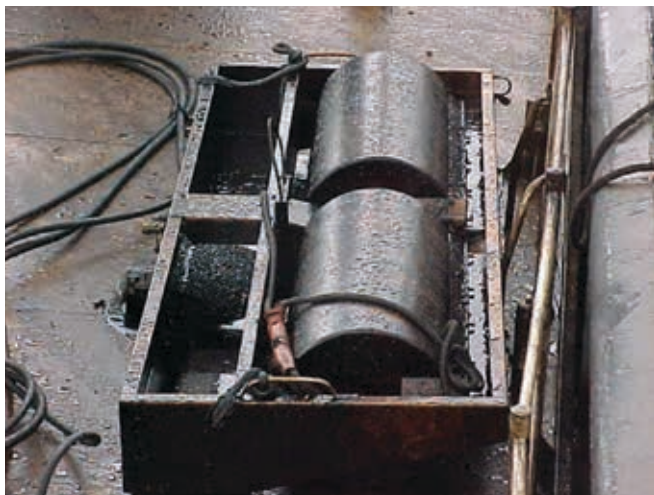
Los skimmers oleofílicos utilizan materiales que presentan una afinidad por los hidrocarburos con respecto al agua. Los hidrocarburos se adhieren a la superficie del material, que adopta habitualmente la forma de un disco (Figuras 2 y 3), tambor (Figura 4), correa, cepillo (Figura 5) o cuerda oleofílica (Figuras 6 y 7) que, a medida que giran, levantan los hidrocarburos de la superficie del agua. Una vez retirados del agua, los hidrocarburos se raspan o escurren del material oleofílico y se depositan en un sumidero desde el que se bombea hasta el almacenamiento. Normalmente, los

Skimmer	Tasa de recolección	Hidrocarburos	Estado del mar	Desechos	Accesorios	
Oleoíflicos	Disco	Depende del número de discos y del tamaño de los discos. Las pruebas demuestran que los discos ranurados pueden resultar muy eficaces.	Mayor eficacia en hidrocarburos de viscosidad intermedia.	En condiciones de poco oleaje y corrientes bajas puede ser muy selectivo, con poco arrastre de agua. Sin embargo, puede inundarse en aguas agitadas.	Puede obstruirse con desechos.	Se requiere: unidad de potencia independiente, mangueras hidráulica y de descarga, bomba y almacenamiento adecuado.
	Cuerda oleoíflica	Depende del número de cuerdas y de la velocidad. Bajo rendimiento en general.	Más eficaz en hidrocarburos intermedios aunque puede resultar eficaz en hidrocarburos pesados.	Muy poco o ningún arrastre de agua. Puede funcionar en aguas agitadas.	Tolera una cantidad importante de desechos, hielo y otras obstrucciones.	Las unidades pequeñas incluyen suministro de potencia y almacenamiento integrados. Las unidades más grandes requieren accesorios independientes.
	Tambor	Depende del número de tambores y de su tamaño. Las pruebas demuestran que los tambores ranurados son más eficaces.	Más eficaz en hidrocarburos de viscosidad intermedia.	En condiciones de poco oleaje y corrientes bajas puede ser muy selectivo, con poco arrastre de agua. Sin embargo, puede inundarse en aguas agitadas.	Puede obstruirse con desechos.	Se requiere: fuente de potencia independiente, mangueras hidráulica y de descarga, bomba y almacenamiento adecuado.
	Cepillo	El rendimiento depende del número de cepillos y de la velocidad. Rango intermedio en general.	Diferentes tamaños de cepillo para hidrocarburos ligeros, intermedios y pesados.	Se recopila relativamente poca cantidad de agua libre o arrastrada. Algunos diseños pueden funcionar en aguas agitadas, otros se inundarían en las olas.	Eficaz con desechos pequeños aunque puede obstruirse con desechos más grandes.	Se requiere: fuente de potencia independiente, mangueras hidráulica y de descarga, bomba y almacenamiento adecuado.
	Correa	Rango bajo a intermedio.	Más eficaz en hidrocarburos intermedios a pesados.	Puede ser muy selectivo, con poco arrastre de agua. Puede funcionar en aguas agitadas.	Eficaz con desechos pequeños aunque puede obstruirse con desechos más grandes.	Puede proporcionar hidrocarburos directamente hasta el almacenamiento de la parte superior de la correa. Accesorios necesarios para la descarga de una embarcación a tierra.
No oleoíflicos	Succión/aspiración	Depende de la bomba de vacío. Rango bajo a intermedio en general.	Más eficaz en hidrocarburos ligeros a intermedios.	Se utiliza en aguas calmas. Pequeñas olas provocan la recopilación de excesiva cantidad de agua. Más selectivo si se incorpora un vertedero.	Puede obstruirse con desechos.	Los camiones y remolques aspiradores son autónomos en general, con su propio suministro de energía, bomba y almacenamiento integrados.
	Vertedero	Depende de la capacidad de la bomba, tipo de hidrocarburos, etc. Puede ser considerable.	Eficaz en hidrocarburos ligeros a pesados. Es posible que hidrocarburos muy pesados no puedan fluir hasta el vertedero.	Puede ser muy selectivo, en aguas calmas, con poco arrastre de agua. Puede inundarse con facilidad si aumenta la cantidad de agua arrastrada.	Puede obstruirse con desechos grandes, aunque algunas bombas son eficaces con desechos más pequeños.	Se requiere: bloque de alimentación independiente, mangueras hidráulica y de descarga, bomba y almacenamiento. Algunos skimmers incluyen bombas integradas.
	Correa	Bajo a intermedio.	Más eficaz en hidrocarburos pesados.	Puede ser muy selectivo, con poco arrastre de agua. Puede funcionar en aguas agitadas.	Eficaz con desechos pequeños. Se obstruye con desechos más grandes.	Similar al skimmer de correa oleoíflica.
	Tambor	Rango intermedio.	Eficaz con hidrocarburos pesados.	Puede ser muy selectivo, en aguas calmadas, con poco arrastre de agua. Sin embargo, pueden inundarse en oleaje.	Similar al skimmer tipo vertedero.	Similar al skimmer tipo vertedero.

▲ **Tabla 1: características genéricas de tipos de skimmers utilizados habitualmente. La selección de skimmers para realizar operaciones eficaces dependerá de los hidrocarburos derramados. A medida que los hidrocarburos se meteorizan, la eficacia de un tipo particular puede cambiar, requiriéndose un diseño alternativo para mantener una recolección continua. La tasa de recolección supone que el skimmer se encontraría en una mancha homogénea de hidrocarburos que no se han esparcido o diseminado ampliamente.**



◀ ▲ **Figuras 2 y 3: pequeño skimmer de discos oleoíflicos, adecuado para hidrocarburos de viscosidad intermedia. Los hidrocarburos se adhieren a los discos y se raspan de los discos para introducirlos en un sumidero donde se bombea al almacenamiento. Se requiere una bomba adecuada y suministro de potencia hidráulica.**



▲ *Figura 4: skimmer de tambor oleofílico, adecuado para hidrocarburos de viscosidad intermedia. Funciona de forma similar a un skimmer de discos; los hidrocarburos se adhieren a los tambores giratorios y se raspa de los tambores para introducirlos en un sumidero desde donde se bombean al almacenamiento.*



▲ *Figura 5: skimmer de cepillo flotando libremente. Los hidrocarburos se adhieren a los conjuntos de cepillos giratorios y se levantan de la superficie del agua. Un peine retira los hidrocarburos de los cepillos hasta el almacenamiento. Una hélice situada detrás del cepillo atraen los hidrocarburos flotante hacia el skimmer para mejorar la tasa de encuentro y el rendimiento (imagen gentileza de Lamor).*



▲ ▶ *Figuras 6 y 7: skimmers oleofílicos de cuerda horizontal y vertical. Los bucles adsorbentes entretreídos forman una cuerda continua que flota sobre la superficie a la que se adhieren los hidrocarburos. Se tira hacia atrás de la cuerda hacia un rodillo y los hidrocarburos se escurren hasta un depósito de almacenamiento. Los skimmers de cuerda oleofílica resultan útiles para recolectar hidrocarburos entre desechos, hielo y otras sustancias.*



skimmers oleofílicos consiguen la relación de hidrocarburos retirados más alta con respecto al agua libre o arrastrada. Esta relación también se conoce como eficiencia de recolección. Ofrecen su máxima eficacia con hidrocarburos con viscosidad intermedia, entre 100 y 2.000 centistokes. Los productos de hidrocarburos de baja viscosidad, como diesel o queroseno, no se suelen acumular en las superficies oleofílicas en capas suficientemente gruesas como para alcanzar tasas de recolección elevadas. Hidrocarburos de viscosidad más alta, como por ejemplo el fueloil pesado, son excesivamente pegajosos y pueden resultar difíciles de retirar. Por el contrario, las emulsiones de agua en hidrocarburos pueden ser prácticamente no adhesivas y resultar difíciles de recolectar con algunos diseños de skimmers oleofílicos, por ejemplo, los skimmers de discos cortarían a través de la emulsión, en lugar de permitir su recolección. Normalmente, los materiales oleofílicos se fabrican de alguna clase de polímero, aunque las superficies metálicas también han demostrado su eficacia. Los

discos y tambores con superficies ranuradas han demostrado obtener mejores tasas de recolección que las superficies lisas*.

Skimmers de aspiración

En lo que se refiere a los principios de funcionamiento, el diseño más sencillo es un dispositivo de aspiración en el que se retiran los hidrocarburos mediante bombas o sistemas de aspiración de aire directamente desde la superficie del agua. En particular, los camiones o remolques aspiradores, que combinan los elementos de recolección, almacenamiento, transporte y separación de hidrocarburos y agua, a menudo son fáciles de conseguir a nivel local para el emplazamiento de un derrame, bien comercialmente o procedentes de organizaciones municipales o agrícolas, y

* Fuente: *Optimisation of Oleophilic Skimmer Recovery Surfaces: Field Testing at the Ohmsett Facility*, V. Broje, A. Keller, Bren School of Environmental Science and Management, University of California, Santa Barbara, CA, 36 pp., junio de 2006.



▲ *Figura 8: La amplia disponibilidad de sistemas de aspiración los convierte en los dispositivos más idóneos para recolectar hidrocarburos en la costa o cerca de la costa.*



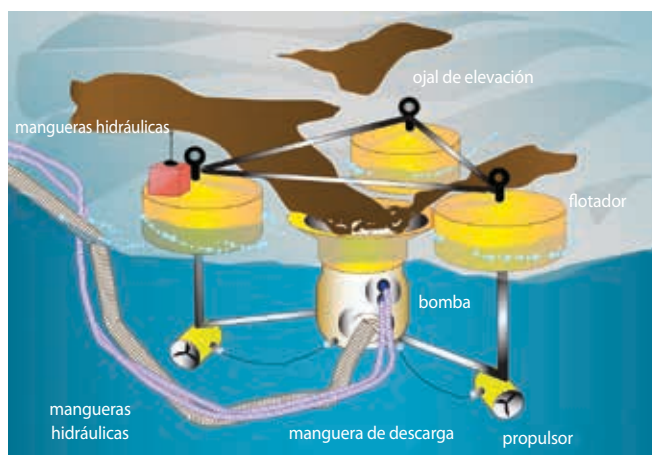
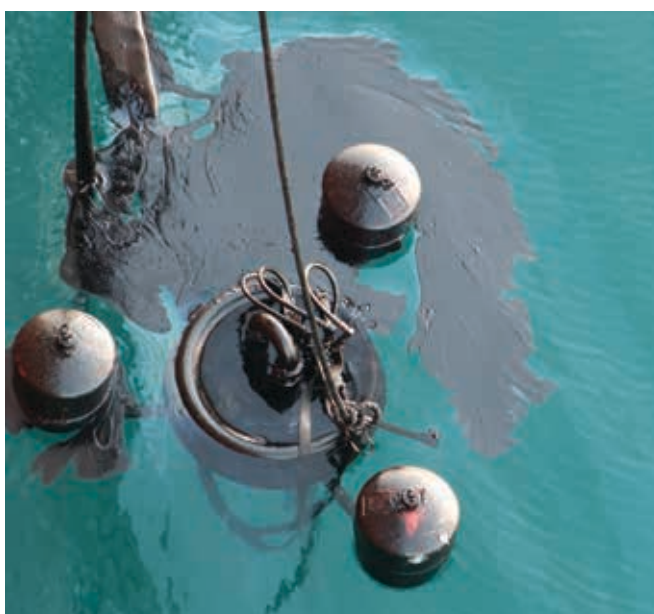
▲ *Figura 9: Los sistemas de aspiración portátiles pueden facilitar la recolección de hidrocarburos en playas arenosas o costas rocosas. El sistema compacto permite trabajar en áreas que, de otra forma, resultarían de difícil acceso, aunque el almacenamiento está limitado.*



▲ *Figura 10: trabajadores sitúan directamente en los hidrocarburos una manguera conectada a una bomba de aspiración. En este caso, se ha retirado el pequeño accesorio vertedero para permitir el flujo de los hidrocarburos viscosos hasta la manguera, lo que puede provocar un mayor arrastre de agua.*



▲ *Figura 11: skimmertipo vertedero fijo conectado a una bomba de aspiración. Diversas entradas pequeñas en el borde del cabezal permiten recolectar hidrocarburos selectivamente. Para uso en aguas calmadas con una cantidad mínima de desechos (imagen gentileza de Lamor).*



◀ *Figuras 12 y 13: un skimmer tipo vertedero recolecta selectivamente hidrocarburos sobre la parte superior del vertedero central, situado justo debajo de la superficie superior de la mancha, por la fuerza de la gravedad hasta un depósito central, donde se bombea al almacenamiento.*



▲ *Figura 14: skimmer tipo vertedero improvisado construido con botellas de plástico y recortes, conectado a una bomba de aspiración. Este dispositivo permite una recolección rudimentaria y puede ajustarse mediante la retirada o incorporación de botellas.*



▲ *Figura 15: skimmer de correa sobre una embarcación grande de recolección. La correa, fabricada con una malla, permite que el agua se escurra y fomenta la adhesión de los hidrocarburos. Los hidrocarburos se levantan para llevarlos a bordo y se raspan para retirarlos de la correa e introducirlos en el almacenamiento.*



▲ *Figura 16: incorporación de un adaptador de correa para mejorar la capacidad del skimmer tipo vertedero base en fueloil muy emulsionado. La elevada viscosidad de los hidrocarburos impedía su flujo hacia, y sobre, el labio del vertedero. Para evitar esto, los hidrocarburos de la correa dentada “agarraban” los hidrocarburos para mejorar la eficiencia; la energía de cohesión de los hidrocarburos hace que los hidrocarburos restantes fluyan hacia el skimmer (imagen gentileza de Ro-Clean Desmi/Armada Danesa).*

resultarían muy idóneos para la recolección de hidrocarburos en la costa o en sus proximidades (Figura 8). También se dispone de dispositivos más pequeños y portátiles (Figura 9). El método de recolección más sencillo consiste en colocar la manguera de aspiración directamente en los hidrocarburos flotantes o varados, equipada con una malla para evitar la introducción de restos (Figura 10). Sin embargo, el carácter imprevisible que suele presentar esta operación puede provocar que también se retiren proporciones de agua muy altas. Cuando las normativas lo permitan, y se disponga de los equipos necesarios, se debe decantar este exceso de agua para aprovechar al máximo el almacenamiento disponible.

Skimmers tipo vertedero

En ocasiones, puede mejorarse la selección de hidrocarburos mediante la conexión de un vertedero a la manguera de aspiración (Figura 11). Los skimmers tipo vertedero utilizan la gravedad para drenar hidrocarburos selectivamente de la superficie del agua. Al

colocar el labio del vertedero en la interfaz entre los hidrocarburos flotantes y el agua, o justo por debajo de ésta, los hidrocarburos fluyen sobre el vertedero para ser recolectados selectivamente con cantidades mínimas de agua. Versiones avanzadas de skimmers tipo vertedero presentan vertederos ajustables y normalmente se consigue una colocación vertical precisa del vertedero mediante una construcción autonivelante (Figuras 12 y 13). Alternativamente, los skimmers tipo vertedero pueden ser dispositivos muy simples y rudimentarios (Figura 14), aunque el nivel de arrastre de agua puede ser mayor. Ningún skimmer tipo vertedero es eficaz con oleaje excesivo, aunque en general las marejadas no interfieren en el funcionamiento del skimmer. Para superar las pérdidas por fricción a lo largo de las mangueras de transferencia, algunos skimmers tipo vertedero disponen de una bomba integrada para empujar los hidrocarburos recolectados a lo largo de la manguera.

Otros tipos de skimmers

Se han adaptado otros diseños de skimmer para afrontar mejor las olas y mares más picados. Las correas de giro ascendente, por ejemplo, pueden bajarse parcialmente debajo de la interfaz hidrocarburos/agua para reducir la influencia de las olas en la superficie. A continuación, se raspan los hidrocarburos para retirarlos de la correa a medida que suben por encima de la superficie y caen en un depósito de almacenamiento u otros contenedores. Las correas pueden construirse de un material oleofílico, como se describió anteriormente, y el sistema se basa en la adhesión de los hidrocarburos a los elementos naturales de un cepillo giratorio (Figura 5), eslabón de cadena o malla (Figura 15). Otros utilizan cubetas o paletas en la correa para ayudar a levantar los hidrocarburos de la superficie del agua. Algunos diseños de correa pueden incluir una combinación de estas características. Por el contrario, las correas de giro descendente empujan los hidrocarburos hacia abajo en el agua y los capturan a continuación cuando vuelven a emerger dentro de un área de recolección en reposo situada detrás de la correa.

Las corrientes de agua localizadas inducidas por discos, correas y tambores giratorios pueden bastar para permitir el flujo natural de hidrocarburos de viscosidad ligera a moderada hasta un skimmer cuando se inicia la recolección. Los diseños que utilizan discos dentados para “agarrar” los hidrocarburos pueden mejorar el flujo de los hidrocarburos más viscosos y atraerlos hasta el skimmer. Algunos diseños de skimmers tipo vertedero incluyen adaptadores intercambiables para prolongar su uso a medida que los hidrocarburos se meteorizan y aumentan su viscosidad



▲ *Figura 17: skimmer de tambor mecánico desplegado en un área portuaria. Los dientes en el tambor giratorio arrastran los hidrocarburos hasta el dispositivo, donde se recolectan en el tambor y se bombean al almacenamiento. El tambor se construye de malla para minimizar la recolección de agua.*

(Figura 16). Un diseño pensado para recolección de hidrocarburos muy pesados se compone de un tambor giratorio o malla cilíndrica que permite retener los hidrocarburos dentro de la malla mientras se drena el agua (Figura 17). Sin embargo, la elevada viscosidad de algunos hidrocarburos o emulsiones puede impedir finalmente el flujo hacia el dispositivo y solo se podrá continuar la recolección si se proporciona algún tipo de propulsión para permitir que el skimmer se desplace hasta los hidrocarburos o si estos se empujan hacia el skimmer.

Se han diseñado varios sistemas de skimmer para que funcionen en aguas turbulentas o a velocidades de remolcado más altas. El método que se sigue habitualmente consiste en aumentar el área detrás de la abertura de recolección, lo que provoca que se ralentice la velocidad de entrada del agua y los hidrocarburos en el skimmer y que estos se encuentren en la superficie para la recolección. Para mejorar la eficacia, estos sistemas deben tener la capacidad de afrontar grandes volúmenes de agua agitada y superar la turbulencia creada.

Limitaciones de la recolección de hidrocarburos

De forma similar a numerosas técnicas de respuesta a derrames, la recolección mecánica satisfactoria está limitada por factores tales como condiciones meteorológicas adversas, viscosidad de los hidrocarburos y los efectos de corrientes y olas. El esparcimiento y fragmentación de una mancha limita la cantidad de hidrocarburos que se retirarán dentro de un intervalo de tiempo definido, lo que se denomina tasa de encuentro. De forma similar, la capacidad de un sistema para recolectar hidrocarburos selectivamente puede representar una preocupación importante si la capacidad de almacenamiento es limitada. Un factor limitador adicional puede ser la capacidad de la bomba, que afecta a la distancia que se pueden desplazar los hidrocarburos hasta el almacenamiento. Los criterios de prueba del rendimiento, como por ejemplo eficiencia de rendimiento, eficiencia de recolección y tasa de recolección de hidrocarburos, ofrecen una indicación del rendimiento potencial de un sistema de recolección, aunque cada uno de estos criterios está limitado principalmente por la tasa de encuentro.

Tasa de encuentro

La tasa de encuentro tiene dos componentes: el área de la superficie del agua "barrida" por el sistema de recolección, que

a su vez es una combinación del ancho de barrido, es decir, de la anchura sobre la que se retiran hidrocarburos y la velocidad de avance del sistema de recolección, y el grado de esparcimiento y fragmentación de las manchas. En el mar, las manchas grandes de hidrocarburos recién derramadas pueden recolectarse en condiciones adecuadas sin contención, siempre y cuando los hidrocarburos se mantengan suficientemente gruesos, uniformes y homogéneos (Figura 18). En estas situaciones, es posible que la capacidad de un skimmer solo esté limitada por su capacidad de recolección y por la presencia de almacenamiento adecuado y suficiente. Como consecuencia de ello, la movilización inmediata de recursos representa un factor importante para asegurar que los skimmers puedan funcionar con la máxima eficacia en hidrocarburos recién derramados.

El motivo principal por el que a menudo no pueden conseguirse las tasas de recolección publicadas por los fabricantes de skimmers es la tendencia inherente de los hidrocarburos a esparcirse, fragmentarse y meteorizarse una vez derramado (Figuras 19 y 20). La experiencia de numerosos derrames ha demostrado sistemáticamente que no puede esperarse que los hidrocarburos se mantengan suficientemente concentrados como para mantener las tasas de recolección conseguidas bajo condiciones de prueba. Por lo tanto, los resultados de las pruebas pueden resultar engañosos y deben emplearse únicamente para fines comparativos.

Cuando los hidrocarburos se han esparcido, la eficacia de un sistema de recolección se vuelve más dependiente de la tasa de encuentro con los hidrocarburos. Esta tasa depende de factores tales como la velocidad de la embarcación de recolección, su ancho de barrido eficaz, así como el grosor y el alcance de diseminación de los hidrocarburos. Estos últimos factores están determinados por la tasa de esparcimiento, tiempo transcurrido, condiciones meteorológicas, tipo de hidrocarburos y grado de emulsificación, sobre los que existe poco margen de control. Sin embargo, el ancho de barrido y velocidad de operación pueden cambiar en función de ciertas limitaciones. Por ejemplo, la tasa de encuentro mejora con frecuencia gracias a la ayuda de una barrera, que permite obtener un ancho de barrido más amplio y concentrar y retener los hidrocarburos flotantes para una recolección posterior. Por lo tanto, las estrategias de despliegue de barreras determinarán en gran medida las prácticas operativas para muchos skimmers. En particular, cuando un sistema de recolección es estático con respecto al movimiento del agua, el rendimiento de la mayoría de los skimmers se ve perjudicado por la tendencia de los hidrocarburos flotantes a escapar del confinamiento realizado mediante barreras si las corrientes son superiores a $0,35\text{--}0,5\text{ ms}^{-1}$ ($0,7\text{--}1$ nudo). Esta limitación se supera en parte en ciertos tipos de skimmers autopropulsados, en los que se hace girar una correa o conjunto de cuerdas adsorbentes, normalmente entre cascos de catamaranes, para que su velocidad relativa con respecto a los hidrocarburos flotantes se reduzca de forma eficaz, o se anule, cuando la embarcación se desplace. Esto puede presentar la ventaja añadida de minimizar la turbulencia en los hidrocarburos y, por lo tanto, reducir el potencial de emulsificación.

En cierta medida, la necesidad de un ancho de barrido amplio se compensa por la tendencia de los hidrocarburos a formar hileras en el mar, en las que los hidrocarburos se concentran en bandas estrechas alineadas con la dirección del viento. Cualquiera de estos tipos de hidrocarburos puede recolectarse mediante un dispositivo de recolección con un ancho de barrido relativamente estrecho e, idealmente, con la orientación desde una aeronave de avistamiento. El aumento de la concentración y grosor dentro de las hileras y el hecho de que el agua entre las hileras se encuentre relativamente libre de hidrocarburos, implica que la tasa de encuentro que puede conseguirse sea comparable con



▲ *Figura 18: embarcación de recolección en una mancha grande y homogénea de hidrocarburos gruesos, lo que permite un uso muy eficaz de los recursos*



▲ *Figura 19: a medida que los hidrocarburos se extienden y comienzan a fragmentarse, la tasa de encuentro se reduce y se necesita un mayor esfuerzo para la recolección.*



▲ *Figura 20: Después de algunas semanas en el mar, los hidrocarburos se han fragmentado y meteorizado en pequeñas placas de un metro de diámetro o menores (en forma de anillos) y en bolas de alquitrán sobre una extensa área, lo que reduce considerablemente la eficiencia general. En este momento de la respuesta, la embarcaciones de recolección deberían haberse desmovilizado puesto que es posible que el mantenimiento de las operaciones no ofrezca resultados satisfactorios.*

la de un dispositivo con un ancho de barrido superior.

En áreas confinadas, como puertos, puertos deportivos, vías navegables o cerca de la orilla, la tasa de encuentro puede verse más afectada por la presencia de obstáculos, como por ejemplo cascos de buques, pilares y otras infraestructuras portuarias, rocas o residuos y si los hidrocarburos acceden a aguas poco profundas o quedan varados en tierra. Los hidrocarburos atrapados con un grosor suficiente contra obstáculos naturales, como escolleras y otros accidentes de la costa, puede retirarse con cierta rapidez, aunque si los hidrocarburos se encuentran en movimiento, puede verse limitada la capacidad de seguimiento de los hidrocarburos por parte de los skimmers.

A medida que se reduzca el volumen de hidrocarburos que permanece en la superficie del mar, bien como resultado de la evaporación, dispersión u otros procesos de meteorización, o porque se haya retirado la mayor parte, la tasa de encuentro disminuirá de forma similar y llegará el momento de tomar la decisión de desmovilizar recursos.

Criterios de rendimiento

Pueden establecerse diversos criterios de rendimiento mediante pruebas de los sistemas de skimmers dentro de los límites de depósitos experimentales. Un importante factor que determina el rendimiento general de un sistema es la eficiencia de recolección, es decir, la medición de la selectividad con la que se retiran los hidrocarburos con respecto al agua. Se expresa como la proporción entre la cantidad de hidrocarburos recolectada y la cantidad total de hidrocarburos y agua recolectada.

La eficiencia de rendimiento compara la cantidad de hidrocarburos recolectada con la encontrada y, por lo tanto, destaca las pérdidas que se producen en la barrera de contención y en el propio dispositivo. La eficiencia de rendimiento tiende a reducirse si aumentan las velocidades de operación y empeora el estado del mar, lo que aumenta considerablemente la altura del oleaje y, más importante aún, reduce la longitud de onda, y si el estado del mar es agitado. En otras palabras, a velocidades más altas, existe una relación de compensación entre la reducción de la eficiencia de rendimiento y el aumento de la tasa de encuentro.

Las olas provocan la pérdida de hidrocarburos de una barrera, bien como resultado del escape por encima o debido a la escasa capacidad de seguimiento de las olas, de modo que las crestas entran en contacto entre sí. De forma similar, con frecuencia se produce la entrada de grandes cantidades de agua si un dispositivo de recolección, en especial los skimmers tipo vertedero, no consigue permanecer en la interfaz hidrocarburos/agua óptima. Además, la turbulencia que provoca el movimiento del skimmer en relación con cualquier ola puede provocar la pérdida de hidrocarburos por debajo del skimmer. Idealmente, un dispositivo de recolección debe ser pequeño y con una masa baja para que pueda seguir fielmente los movimientos de las olas. Los dispositivos se conectan rígidamente o se integran en una embarcación y, por lo tanto, no pueden moverse independientemente y son menos eficaces cuando el oleaje es más alto debido a que pueden perder el contacto con la superficie del agua. Por otra parte, es improbable que incluso una fuerte marejada resulte perjudicial siempre que la longitud de onda sea suficientemente larga.

Un parámetro adicional de interés es la tasa de recolección de hidrocarburos, es decir, la cantidad de hidrocarburos que el skimmer recolecta por unidad de tiempo, por ejemplo m^3/h . La tasa de recolección de hidrocarburos es el producto de la tasa de encuentro y la eficiencia de rentabilidad siempre y cuando todas las partes del sistema (particularmente bombas y almacenamiento) tengan capacidad para manipular este caudal. Con frecuencia, se toma la capacidad máxima de la bomba, ajustada para la viscosidad típica de los hidrocarburos y la pérdida de carga, como el único indicador de la capacidad de un skimmer. Evidentemente, aunque esto resulta importante, también es

necesario tener en cuenta otros elementos, como la cantidad de hidrocarburos que el sistema no ha conseguido recolectar y la cantidad de agua recolectada con los hidrocarburos. El rendimiento general de un sistema debe evaluarse a partir de una combinación de capacidad de la bomba, tasa de recolección de hidrocarburos y eficiencia de recolección, que definen en conjunto la tasa de recolección de los hidrocarburos y la cantidad de agua libre relacionada.

Viscosidad de los hidrocarburos

La viscosidad de los hidrocarburos representa una limitación importante en la eficiencia de la mayoría de los dispositivos de recolección. En general, los hidrocarburos con puntos de fluidez altos, incluidos algunos petróleos pesados y fueloils, no fluyen fácilmente. Si la temperatura ambiente se encuentra por debajo del punto de fluidez, los hidrocarburos se volverán semisólidos y, por lo tanto, serán difíciles de retirar, puesto que no fluirán con facilidad hacia el skimmer.

La viscosidad también se ve afectada por la tendencia de numerosos hidrocarburos a formar emulsiones de agua en hidrocarburos, lo que aumenta en tres o cuatro veces, o más, el volumen general de contaminante. A medida que se forman emulsiones, la viscosidad también aumenta bruscamente y es habitual encontrar viscosidades del orden de 100.000 centistokes (cSt) y superiores. En algunas situaciones puede emplearse la inyección y mezcla completa de agentes desemulsificantes o rompedores químicos de emulsión para reducir este problema, lo que facilita el bombeo y reduce al mínimo el volumen de almacenamiento necesario.

Los problemas que provoca el aumento de la viscosidad con el tiempo debido a la meteorización de los hidrocarburos obligan a reevaluar de forma continua las estrategias de respuesta, incluyendo el uso de los skimmers y sistemas de bombeo más idóneos. Por ejemplo, los skimmers oleofílicos pueden utilizarse con eficiencia en hidrocarburos recién derramados y que no han sufrido una meteorización importante. Sin embargo, el aumento de la viscosidad y la posible inclusión de residuos reducen la eficacia de la recolección, lo que posiblemente requiera una sustitución por skimmers tipo vertedero que utilicen bombas helicoidales con cortadores de residuos (consulte la portada). Sin embargo, cualquier skimmer puede llegar a ser ineficaz con el tiempo y requerir el uso de pinzas mecánicas o excavadoras (*Figura 21*). A menudo, es posible adaptar con facilidad embarcaciones de pesca u otras embarcaciones equipadas con grúas para manipular redes y capturas, para que utilicen cucharas. Sin embargo, aunque las cucharas y excavadoras suelen ser fáciles de conseguir, su uso resulta lento y, a menos que se utilicen con cuidado, pueden recolectar grandes cantidades de agua junto con los hidrocarburos. Uno de los métodos más sencillos y eficaces para la recolección de estos hidrocarburos de gran viscosidad y semisólidos es el uso de recogedores manuales desplegados desde pequeños botes de pesca (*Figura 22*). Las perforaciones realizadas en los recogedores permiten que el agua se escape y los hidrocarburos se transfieren a bidones o bolsas de una tonelada a bordo.

Bombas, mangueras y suministros de potencia

La fase de bombeo determina con frecuencia el rendimiento general de un skimmer porque todas las bombas pierden eficiencia, aunque a diferentes regímenes a medida que aumenta la viscosidad del hidrocarburo. En general, las bombas de desplazamiento positivo son más adecuadas para la manipulación de los hidrocarburos recolectados. Las bombas centrífugas están limitadas por la viscosidad de los hidrocarburos que pueden procesar y tienden a estimular la formación de emulsiones de agua en hidrocarburos. Algunas bombas especializadas, incluidas las diseñadas para bombear hormigón o lodo y las que se basan en el principio del tornillo de Arquímedes, presentan una tolerancia a la viscosidad



▲ *Figura 21: uso de una excavadora para recolectar fueloil muy viscoso. La concentración de hidrocarburos recolectados se optimizó al ordenar al operario que mantuviera la pala por encima de la superficie del agua durante un breve periodo de tiempo para permitir la evacuación del agua arrastrada. Esto redujo los costes de eliminación posteriores a cambio de reducir la eficiencia de recolección.*



▲ *Figura 22: pescador utilizando un recogedor mallado para recolectar pequeñas masas de fueloil muy viscoso.*



▲ *Figura 23: manguera estallada como resultado de la excesiva presión interna del bombeo de hidrocarburos muy viscosos (imagen gentileza de NOFO).*

muy elevada, aunque las resistencias internas de las mangueras de descarga pueden convertirse en un factor limitador.

En general, debe minimizarse la cantidad de agua recolectada con los hidrocarburos para optimizar el almacenamiento y reducir los costes de procesamiento posteriores. Sin embargo, con hidrocarburos de alta viscosidad, la recolección de agua libre o arrastrada puede proporcionar una ventaja inicial al reducirse la contrapresión que ejerce la resistencia de los hidrocarburos mientras se bombea y la potencia necesaria para bombear a lo largo de una distancia especificada. Esto reducirá el desgaste de los componentes (Figura 23). Los skimmers que recolectan grandes cantidades de agua gracias a su diseño pueden ser ventajosos en estas situaciones, siempre que se disponga de almacenamiento suficiente o que se pueda escurrir el agua posteriormente. El flujo también puede aumentar calentando con vapor para reducir los bloqueos de bombas y mangueras. Se han demostrado descensos considerables de la presión de admisión de la bomba mediante el uso de un anillo de inyección de agua anular. El agua inyectada actúa como medio de lubricación entre los hidrocarburos y la pared de la manguera (Tabla 2). Cuando estén disponibles, el uso de mangueras de descarga más cortas y/o de mayor diámetro también puede servir para mejorar la eficiencia del bombeo.

Las mangueras de transferencia y mangueras hidráulicas deben incorporar dispositivos de flotación para evitar arrastrar el skimmer, lo que puede provocar que flote con una orientación incorrecta. Los flotadores también aseguran la rápida identificación de las mangueras para minimizar la suciedad y el riesgo de enredos con la hélice de la embarcación. La manipulación de todas las mangueras, incluidas las mangueras hidráulicas, puede resultar problemática cuando estén manchadas de hidrocarburos y deben incorporar acoplamientos sencillos aunque eficaces. Una selección de adaptadores puede resultar útil para conectar mangueras de diferentes diámetros y unir diferentes conectores.

Muchos skimmers se diseñan con una unidad de potencia para alimentar el bombeo y, cuando resulte necesario, los componentes de recolección del sistema. Por ejemplo, las unidades de potencia diesel pueden emplearse directamente o para accionar sistemas eléctricos, hidráulicos o neumáticos. Pueden integrarse todos los motores, excepto de gasolina, para cumplir las normativas sobre seguridad que se imponen en refinerías, parques de depósitos y otras zonas restringidas en las que pueda existir riesgo de incendio y explosión. En el bombeo de hidrocarburos de alta viscosidad, es posible que las unidades de potencia tengan que funcionar a plena capacidad y, por ese motivo, es importante seleccionar los suministros de potencia necesarios para satisfacer la gama completa de capacidades de las bombas.

Equipo	Presión de descarga (psi)	Caudal (m ³ /h)
Bomba únicamente	181	4,5 – 5,9
Bomba con inyección de agua	7 – 9	46,7 – 58,2

▲ *Tabla 2: mejoras en la capacidad de bombeo a través del uso de inyección de agua en la entrada y salida de la bomba, lo que proporciona una reducción del 95% en la presión de descarga y un aumento de 10 veces en el caudal. Se bombearon hidrocarburos con una viscosidad de 210.000 cSt a lo largo de una manguera de 92 metros, mediante diversas bombas helicoidales. (Fuente: Floating Heavy Oil Recovery – Current State Analysis, US Coast Guard, Research and Development Centre/David Cooper, SAIC Canada, 27 de julio de 2006.)*

Almacenamiento

El almacenamiento de hidrocarburos recolectados y agua contaminada por hidrocarburos suele ser un factor limitador importante de la operación general. En muchas embarcaciones, especialmente en las de oportunidad, el almacenamiento estará limitado a bordo (Figura 24), por lo que pueden verse rápidamente superados por cualquier sistema en el que se encuentren grandes volúmenes de hidrocarburos. Puede emplearse un separador de hidrocarburos/agua para concentrar hidrocarburos recolectados y optimizar el uso del espacio limitado. Normalmente, resulta adecuada la simple separación por gravedad en depósitos de decantación. Sin embargo, la capacidad de descargar el agua separada puede estar limitada por las normativas locales. Las embarcaciones con gran capacidad de almacenamiento interno (Figura 25), o con instalaciones adecuadas de separación de hidrocarburos/agua, pueden dedicar más tiempo a recolectar hidrocarburos en el mar aunque, por necesidad, son más grandes y puede que no sean suficientemente maniobrables en muchas situaciones, en particular cerca de la orilla.

La logística de una operación de recolección puede mejorarse mediante la provisión de barcasas de almacenamiento especializadas para recibir los hidrocarburos recolectados en el mar. De forma alternativa, pueden emplearse sistemas de almacenamiento temporales flotantes improvisados, como por ejemplo barcasas inflables (Figura 26). Sin embargo, debe considerarse que estas embarcaciones pueden verse superadas en condiciones de mar picado una vez cargadas. Deberían emplearse draconas, depósitos flexibles u otros almacenamientos cerrados con cautela debido a las posibles dificultades para el vaciado y limpieza posteriores. Finalmente, será necesario descargar a tierra los hidrocarburos recolectados, por lo que debe identificarse el depósito adecuado u otras unidades de almacenamiento cerca de muelles disponibles con equipos de descarga idóneos. Cuando las embarcaciones no incorporen depósitos de almacenamiento con calefacción, el uso de serpentines de calefacción portátiles puede facilitar el flujo posterior a tierra a través de las tuberías y mangueras, lo que minimiza los plazos para que las embarcaciones regresen al mar y reanuden las operaciones de recolección (Figura 27).

De forma similar, el almacenamiento local de los hidrocarburos recolectados en la orilla o cerca de ella puede resultar un factor limitador y, con frecuencia, es preferible transferirlos a vehículos cisterna para su posterior transporte. Los camiones cisterna aspiradores industriales o agrícolas resultan útiles para combinar muchos de los elementos individuales que se utilizan en la



▲ *Figura 24: barco de trabajo con almacenamiento limitado para los hidrocarburos retirados sobre la cubierta.*



▲ *Figura 25: hidcarburos recolectados muy viscosos en un depósito de almacenamiento a bordo de una embarcación de recolección (imagen gentileza de NOFO).*



◀ *Figura 26: skimmer de tambor recolectando hidrocarburos hasta una barcaza de almacenamiento inflable.*



▲ *Figura 27: uso de un serpentín de calefacción para ayudar a la descarga de hidrocarburos viscosos desde embarcaciones de recolección hasta la orilla.*



▲ *Figura 28: fueloil emulsionado recolectado de la orilla mediante skimmers y bombas hasta depósitos de almacenamiento temporales situados sobre un acantilado.*

operación de recolección de hidrocarburos. De forma alternativa, depósitos de almacenamiento portátiles, contenedores o piscinas impermeabilizadas, situados por encima de la altura máxima del agua, pueden proporcionar soluciones intermedias (Figura 28). Para estas últimas, es posible que se requieran permisos de las autoridades locales antes de la construcción. El plan del emplazamiento debe tener en cuenta la capacidad de escurrir el agua separada.

Despliegue de skimmers

Recolección en el mar

Cuando se planifica una respuesta, debe considerarse el conjunto completo de requisitos logísticos necesarios para respaldar una operación de recolección en el mar. Se requieren aeronaves de reconocimiento para localizar las áreas de hidrocarburos más gruesas y orientar a las embarcaciones de recolección para optimizar la eficacia. Un aspecto importante es la disponibilidad inmediata de las embarcaciones apropiadas para el despliegue de barreras y skimmers, antes de que los hidrocarburos se hayan

esparcido y las manchas se hayan fragmentado demasiado y la recolección deje de ser viable. La coordinación desde el aire requiere que las aeronaves estén equipadas con comunicaciones aire-mar para contactar directamente con las embarcaciones de recolección y permitir una rápida respuesta a las condiciones cambiantes. Se requiere suficiente capacidad de almacenamiento en el mar para satisfacer la tasa de recolección prevista y, tal y como se describió anteriormente, deben planificarse medidas en tierra para recibir los hidrocarburos recolectados. Las dificultades que plantea asegurar que todos estos componentes estén disponibles con la suficiente rapidez implican que solo muy ocasionalmente se recolecte más del diez por ciento de los hidrocarburos derramados en el mar, y que porcentajes muy inferiores sean la norma, a pesar de la participación de un número considerable de embarcaciones de respuesta en muchos siniestros.

Pueden remolcarse barreras en configuraciones en U, V o J, normalmente mediante el uso de dos embarcaciones, para concentrar los hidrocarburos flotantes en el mar. El dispositivo de recolección se despliega desde una embarcación (Figura 29), o es remolcado dentro del conjunto de barreras (Figura 30). El skimmer debe colocarse sobre capas de hidrocarburo gruesas, aunque debe evitarse el contacto



▲ *Figura 29: barrera remolcada en una configuración en U con un skimmer desplegado desde la embarcación de recolección principal.*



▲ *Figura 30: barco de recolección con correa desplegado con barrera y remolcadores en una configuración en V.*



◀ *Figura 31: un sistema de recolección con una única embarcación que se compone de una barrera inflable conectada a un tangón y un skimmer de alta capacidad flotando libremente instalado sobre un buque guardacostas. El elevado franco-bordo permite el despliegue en el lado de sotavento en aguas más calmas (imagen gentileza de USCG).*



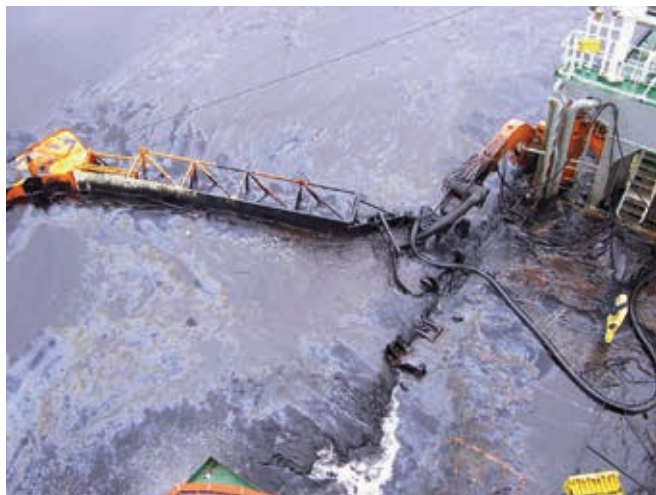
▲ *Figura 32: sistema de recolección integrado en una única embarcación. La barrera almacenada en un compartimiento en el costado de la embarcación se despliega a través de una abertura mediante una grúa instalada a bordo. La abertura también permite que el skimmer de a bordo recolecte los hidrocarburos arrastrados; en este caso se compone de seis conjuntos de cepillos en una configuración de cinta transportadora (imagen gentileza de Lamor).*

entre el skimmer y la barrera para proteger la barrera de la abrasión y otros daños mecánicos. La reflexión del oleaje contra grandes skimmers puede obstaculizar el flujo de hidrocarburos hasta el elemento de recolección. Se requiere realizar una manipulación hábil de los equipos, junto con ajustes continuos a medida que cambien las condiciones. La pericia necesaria para remolcar barreras a las bajas velocidades necesarias se obtiene a través de la experiencia en derrames y mediante ejercicios periódicos. En la práctica, mantener la configuración requerida en los sistemas de recolección con varias embarcaciones puede resultar problemático, debido principalmente a las dificultades de coordinación entre las embarcaciones participantes. Una solución alternativa consiste en combinar las funciones de concentración, recolección y almacenamiento de hidrocarburos en un sistema con una única embarcación que utilice una configuración de barrido rígida o flexible.

Los sistemas flexibles emplean una barrera conectada a un tangón (Figura 31). Sin embargo, si el ancho de barrido es demasiado amplio, la configuración puede ser propensa a daños bajo condiciones meteorológicas adversas o de gran marejada y la maniobrabilidad puede verse limitada, lo que afecta el manejo de la embarcación. En estos sistemas, el skimmer se coloca en el vértice de la barrera, donde existe una alta concentración de hidrocarburos, y puede

encontrarse flotando libremente o integrado en el costado de la embarcación con una abertura adecuada para permitir la entrada de hidrocarburos (Figura 32). Los sistemas rígidos se componen de un obstáculo flotante sólido o brazo de barrido desplegado desde una embarcación mediante grúas o brazos hidráulicos (Figura 33). El skimmer, normalmente un vertedero o cepillo en función de los hidrocarburos a recolectar, se integra en el brazo, cerca de la embarcación para facilitar la recolección. La relativa facilidad de despliegue y la sencillez del diseño representan factores convincentes que contribuyen al éxito de los sistemas de barrido rígidos.

Los sistemas flexibles o rígidos pueden emplearse desde embarcaciones diseñadas especialmente o desde embarcaciones de oportunidad con accesorios adecuados. En un caso ideal, la embarcación que se utilice como plataforma de trabajo dispondría de equipos de manipulación adecuados y maniobrabilidad suficiente para asumir rápidamente, y mantener, una posición seleccionada frente a la fuerza de vientos y corrientes. Las grandes cubiertas abiertas de los buques remolcadores y de suministro de anclaje (AHTS) o buques de suministro para plataformas (PSV) son adecuadas para el almacenamiento, manipulación, despliegue, mantenimiento y limpieza de equipos. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que las cubiertas expuestas de



▲ *Figura 33: brazo de barrido rígido conectado mediante una grúa hidráulica a la embarcación de recolección. El bajo francobordo y la fuerte marejada encontrada provocaron que las condiciones en cubierta resultaran peligrosas para la tripulación de la embarcación (imagen gentileza de WSA Cuxhaven).*



▲ *Figura 34: skimmer tipo vertedero autopropulsado recolectando hidrocarburos en una entrada rocosa protegida. El poco calado de la embarcación permite trabajar cerca de la orilla. Los operarios asisten moviendo los hidrocarburos hacia la boca del vertedero.*



▲ *Figura 35: embarcación autopropulsada que se utiliza habitualmente para recolectar desechos en un puerto. En este caso, la baja temperatura y el punto de fluidez relativamente alto de los hidrocarburos provocaron que estos se volvieran semisólidos, y que tuvieron que ser retirados mediante recogedores y cucharas hasta un contenedor flotante.*

estas embarcaciones resultan peligrosas para la tripulación en condiciones de mar gruesa. Otros tipos de embarcaciones con francobordo bajo pueden experimentar problemas similares con grandes cantidades de agua e hidrocarburos arrastrándose a bordo en condiciones de fuerte marejada (Figura 33).

Ciertos tipos de embarcaciones han resultado especialmente eficaces para la recolección de grandes volúmenes de hidrocarburos flotantes. En particular, las grandes capacidades de almacenamiento de dragas, buques tanque de cabotaje y barcas de combustible de buques les permiten permanecer en el mar durante mayores periodos de tiempo antes de que se requiera la descarga. El francobordo relativamente alto de estas embarcaciones, y de otros tipos de embarcaciones, puede contribuir a facilitar la recolección en el lado de sotavento (Figura 31), aunque el despliegue de equipos desde cierta altura puede introducir problemas de resistencia al viento. La manipulación de hidrocarburos recolectados se verá ayudada por bombas de alta capacidad que suelen incorporar estas embarcaciones y por el hecho de que los depósitos

de almacenamiento suelen estar equipados de serpentines calentadores. En el caso de las dragas, puede resultar viable el uso de tubos de draga o cubetas directamente en los hidrocarburos en circunstancias limitadas, y el carácter no selectivo y los grandes diámetros de los tubos de estos sistemas reducen la posibilidad de que desechos o hidrocarburos muy emulsionados provoquen obstrucciones.

Recolección cerca de la costa y en tierra

Los skimmers autopropulsados pueden resultar eficaces en las aguas más calmas de los puertos y áreas protegidas (Figuras 34 y 35), donde también pueden realizar alguna función secundaria, por ejemplo como recolectores de desechos. Con frecuencia, estas embarcaciones forman parte integral de medidas de respuesta para terminales petroleras y refinerías, ya que puede valorarse y conocerse el riesgo de contaminación y el tipo de hidrocarburos, y puede planificarse una respuesta con relativa facilidad. Los skimmers autopropulsados construidos para ese fin son comparativamente costosos, aunque resultan eficaces en áreas confinadas, especialmente cuando no sea posible acceder desde la orilla.

En el caso de los skimmers portátiles, el uso de embarcaciones de poco calado puede proporcionar plataformas de trabajo óptimas cerca de la orilla (Figura 6). En esos casos, pueden transportarse a bordo depósitos de almacenamiento portátiles o recipientes intermedios para graneles (RIG) para recibir los hidrocarburos. Sin embargo, debe extremarse la atención para asegurar que los volúmenes de hidrocarburos almacenados, junto con la presencia de unidades de potencia y otros equipos, no afecten la estabilidad de la embarcación.

Los hidrocarburos, al igual que otros materiales flotantes, se acumulan en ciertos lugares a lo largo de la orilla bajo la influencia del viento y el movimiento del agua. Estos puntos de acumulación naturales pueden resultar de utilidad en las operaciones de recolección (Figura 10), siempre que los skimmers puedan tratar con eficacia los desechos que normalmente están presentes, a menudo en grandes cantidades, en estas zonas. Los skimmers de cuerdas oleofílicas, que experimentan menos limitaciones con los desechos que otros tipos de skimmers, pueden proporcionar mayor eficacia (Figura 6). La recolección puede mejorar con la ayuda de barreras para concentrar aún más los hidrocarburos y reducir la posibilidad de un nuevo desplazamiento cuando se produzcan cambios en el viento o las corrientes. Los skimmers

de cuerdas oleofílicas también pueden desplegarse con eficacia dentro de una barrera para retirar pequeñas cantidades de hidrocarburos a lo largo de su longitud.

Cuando sea posible, normalmente resultará más fácil manejar skimmers desde la orilla, particularmente si se dispone de acceso por carretera, una superficie dura o un área de trabajo plana cerca del punto en el que deben recolectarse los hidrocarburos. Los skimmers pueden manejarse desde grúas en muros de diques y muelles (Figura 7) o, si los hidrocarburos son suficientemente gruesos, pueden situarse ciertos tipos de bomba directamente en el hidrocarburo.

Cuando se haya identificado el emplazamiento de trabajo, un sencillo plano del emplazamiento puede agilizar la manipulación los hidrocarburos recolectados y reducir los peligros del trabajo. Debe planificarse cuidadosamente el aprovisionamiento del soporte logístico necesario a los operadores, incluyendo combustible, provisiones, refugio y comunicaciones con el centro de mando del siniestro.

Cuando los hidrocarburos se encuentren varados en orillas arenosas o lodosas, las condiciones pueden permitir la concentración de los hidrocarburos en zanjas para realizar su recolección, muy habitualmente mediante dispositivos de aspiración (Figura 8). Los hidrocarburos acumulados entre rocas o en hendiduras puede recolectarse de forma similar. En playas arenosas compactadas, la recolección puede acelerarse mediante tambores oleofílicos u otros dispositivos instalados en tractores para retirar bolas de alquitrán (Figura 36). Otros skimmers especializados pueden resultar eficaces en ciertas situaciones en tierra. Sin embargo, en la mayoría de los casos, serán más adecuadas otras técnicas, incluida la recolección manual.

La recolección de hidrocarburos en ríos y lagos estará sujeta a las mismas limitaciones, en especial de acceso y provocadas por las corrientes. Sin embargo, la recolección de hidrocarburos en hielo presenta diversos problemas específicos, principalmente porque los hidrocarburos pueden encontrarse atrapados dentro del propio hielo. Se realiza una investigación continua para mejorar los dispositivos que permiten romper el hielo y efectuar la recolección. Sin embargo, un problema fundamental con este método es que, normalmente, la concentración de hidrocarburos el hielo contaminado recolectado es muy baja y, en esos casos, pueden obtenerse mejores tasas de recolección después de un periodo de deshielo. El uso de skimmers de cuerdas oleofílicas puede permitir la recolección de los hidrocarburos que floten libremente entre hielo a la deriva, aunque la maquinaria corre el riesgo de agarrarse en el frío.

Gestión de las operaciones de recolección

La experiencia obtenida en derrames previos sugiere que las operaciones de recolección más satisfactorias normalmente implican una organización bien preparada con toda la logística disponible, tripulaciones bien formadas y la capacidad de realizar una rápida movilización. En todos los casos, la eficacia de la organización de respuesta general es tan importante como el rendimiento de los equipos. El despliegue correcto de un sistema requiere la monitorización continua de todos los componentes de contención, recolección y almacenamiento, y que el sistema mantenga suficiente maniobrabilidad como para seguir los cambios en la distribución de los hidrocarburos.

Todas las operaciones de recolección requieren supervisión para asegurar que el hidrocarburo llegue al skimmer y que los desechos no se acumulen o se introduzcan en el dispositivo para reducir la eficiencia o provocar daños. Numerosos skimmers incorporan cribas de desechos que con frecuencia pueden llegar a obstruirse

con hidrocarburo o desechos. Para mantener un alto rendimiento, debe ajustarse la velocidad de recolección para que se adapte a las condiciones vigentes y a la tasa de llegada de hidrocarburos al emplazamiento de recolección. Si únicamente estuvieran presentes pequeñas cantidades de hidrocarburos, la recolección debe realizarse a intervalos para evitar una excesiva recolección de agua y, si fuera posible, los hidrocarburos deben concentrarse mediante barreras.

En general, los skimmers y equipos relacionados, como unidades de potencia, suelen ser robustos aunque, inevitablemente, se producen averías por daños, obstrucciones con desechos, uso incorrecto o desgaste. Normalmente, la reparación requerirá conocimientos especializados, acceso a piezas de repuesto y herramientas adecuadas. Los retrasos se pueden reducir con la participación de personal de operaciones debidamente formado, consciente de las limitaciones de los equipos y con capacidad para desmontar y volver a montar las máquinas según sea necesario. Si los equipos se someten a un programa de mantenimiento periódico, es más probable que se encuentren inmediatamente disponibles para el servicio cuando se retiren de las reservas de almacenamiento y que se reduzca el riesgo de averías sobre el terreno. Este tipo de programa podría constar de un calendario fijo que incluya la sustitución de superficies desgastadas después de un periodo de servicio definido, el llenado o sustitución de lubricantes y el arranque de equipos para comprobar fallos.

La aplicación de dispersantes junto con las operaciones de recuperación resulta muy desaconsejable, ya que los principios básicos de ambos métodos son mutuamente excluyentes y no pueden recolectarse los hidrocarburos dispersos en la columna de agua mediante skimmers en la superficie. Asimismo, los dispersantes modifican las propiedades superficiales de los hidrocarburos y, cuando se aplican cerca de skimmers oleofílicos en particular, pueden inutilizar estos dispositivos. De forma similar, la distribución de materiales adsorbentes sobre la superficie del mar, en particular sueltos o como almohadas, junto con operaciones de recolección, puede generar obstrucciones en los sistemas de recolección.

Las operaciones de recolección nocturnas pueden resultar viables en ubicaciones específicas, como por ejemplo puertos, cuando se hayan identificado y contenido los hidrocarburos previamente y se disponga de la iluminación adecuada. Sin embargo, resulta improbable que los intentos de localización y recolección de hidrocarburos en el mar durante la noche ofrezcan resultados eficaces y pueden poner en peligro al personal operativo.



▲ *Figura 36: skimmer de tambor oleofílico instalado en un tractor, que se utiliza para retirar bolas de alquitrán frescas sobre una playa arenosa compactada (imagen gentileza de Le Floch Dépollution).*

El registro de la actividad diaria, detallando el uso de recursos de recolección, cantidades de hidrocarburos recolectadas y cualquier daño sufrido o reparaciones realizadas, contribuirá a la monitorización del avance de los trabajos dentro del centro de mando y ayudará a redactar las reclamaciones de indemnización posteriores. En embarcaciones de recolección de mayor tamaño, la información se incluirá de forma periódica en las bitácoras de navegación que normalmente exigen las autoridades marítimas.

La desmovilización de skimmers y los recursos asociados debe realizarse a medida que se reduzca la eficacia de la operación, es decir, a medida que las tasas de encuentro y de recolección de hidrocarburos se reduzcan o sean insignificantes. Después del uso, será necesario limpiar y revisar los skimmers y equipos auxiliares para identificar y rectificar cualquier desgaste y daño (Figura 37). Pueden emplearse lanzas de vapor o disolventes para eliminar los hidrocarburos, aunque no se utilizarán productos químicos de limpieza sobre discos oleofílicos o cuerdas adsorbentes, porque las propiedades oleofílicas de estos dispositivos de recolección pueden verse perjudicadas. Cuando se devuelvan los equipos al almacenamiento, debe garantizarse la protección frente a daños y atmósferas salobres y húmedas que provocan corrosión. Las cuerdas adsorbentes, correas de goma y materiales plásticos incorporados en skimmers se deteriorarán si se exponen a la incidencia directa de la luz solar durante periodos prolongados. El almacenamiento de los equipos debe permitir un rápido acceso para facilitar inspecciones, mantenimiento y pruebas periódicas, en especial si es probable que su uso sea infrecuente.



▲ *Figura 37: skimmer tipo vertedero trasladado a tierra después de la recolección de hidrocarburos pesados. Después de la desmovilización, los equipos deben limpiarse y revisarse para que estén listos para futuros usos.*

Puntos clave

- Deben evaluarse las cualidades de las opciones de recolección en el mar o en tierra con respecto a las condiciones predominantes, como por ejemplo estado del mar, viento, corrientes y ubicación de áreas sensibles.
- El tipo de hidrocarburos a recolectar, su viscosidad a temperaturas ambiente y cualquier cambio con el transcurso del tiempo determinarán qué tipo de skimmer resultará más eficaz.
- Al seleccionar el skimmer más adecuado, deben considerarse los criterios de capacidad, fiabilidad, robustez, rendimiento en campo, peso, manipulación, versatilidad, unidad de potencia, mantenimiento y coste.
- Los camiones aspiradores y otros sistemas de aspiración suelen estar rápidamente disponibles para recolectar capas gruesas de hidrocarburos en la orilla o cerca de la orilla.
- La eficacia de la coordinación de las operaciones de recolección en el mar mejora con el uso de aeronaves para monitorizar los hidrocarburos y el progreso de la limpieza y para orientar a las embarcaciones de recolección hacia las manchas aisladas más gruesas de hidrocarburos y conseguir la eficiencia óptima.
- Debe monitorizarse de forma continua el rendimiento del skimmer para asegurar la eficiencia óptima.
- Debe abordarse la logística de bombeo, almacenamiento y eliminación de los hidrocarburos para asegurar que se reduzcan al mínimo los retrasos en la recolección.
- Deben organizarse inspecciones y pruebas periódicas de los equipos para mantener el nivel de formación del personal y rectificar cualquier fallo en los equipos.

DOCUMENTO DE INFORMACIÓN TÉCNICA

- 1 Observación aérea de derrames de hidrocarburos en el mar
- 2 Destino de los derrames de hidrocarburos en el medio marino
- 3 Uso de barreras en la respuesta a la contaminación por hidrocarburos
- 4 Uso de dispersantes para el tratamiento de derrames de hidrocarburos
- 5 Uso de skimmers en la respuesta a la contaminación por hidrocarburos
- 6 Reconocimiento de hidrocarburos en costas
- 7 Limpieza de costas contaminadas por hidrocarburos
- 8 Uso de materiales adsorbentes en la respuesta a derrames de hidrocarburos
- 9 Eliminación de hidrocarburos y desechos
- 10 Liderazgo, control y gestión de derrames de hidrocarburos en el medio marino
- 11 Efectos de la contaminación por hidrocarburos en el sector de la pesca y acuicultura
- 12 Efectos de la contaminación por hidrocarburos en las actividades sociales y económicas
- 13 Efectos de la contaminación por hidrocarburos en el medio marino
- 14 Muestreo y monitorización de derrames de hidrocarburos en el medio marino
- 15 Preparación y presentación de reclamaciones de contaminación por hidrocarburos
- 16 Planificación de contingencias para derrames de hidrocarburos en el medio marino
- 17 Respuesta a siniestros relacionados con productos químicos en el medio marino



ITOPF es una organización sin ánimo de lucro constituida en nombre de los armadores de todo el mundo y sus aseguradoras para fomentar la respuesta eficaz a los derrames marinos de hidrocarburos, productos químicos y otras sustancias peligrosas. Los servicios técnicos incluyen respuesta a emergencias, asesoramiento en materia de técnicas de limpieza, evaluación de daños, análisis de reclamaciones, asistencia en la planificación de la respuesta a derrames y la prestación de servicios de capacitación. ITOPF es una fuente de información integral sobre contaminación marina por hidrocarburos y este documento pertenece a una serie basada en la experiencia del personal técnico de ITOPF. La información que se incluye en este documento puede reproducirse con la autorización expresa previa de ITOPF. Para obtener información adicional póngase en contacto con:



ITOPF Ltd

1 Oliver's Yard, 55 City Road, London EC1Y 1HQ, United Kingdom

Tel: +44 (0)20 7566 6999
Fax: +44 (0)20 7566 6950
24hr: +44 (0)20 7566 6998

E-mail: central@itopf.org
Web: www.itopf.org