

# OBSERVACIÓN AÉREA DE DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN EL MAR

DOCUMENTO DE INFORMACIÓN TÉCNICA

1



## Introducción

El reconocimiento aéreo representa un elemento importante en una respuesta eficaz para la mayoría de los derrames de hidrocarburos con el fin de evaluar la ubicación y extensión de la contaminación y verificar las previsiones del movimiento y destino de las mareas negras en el mar. El reconocimiento aéreo proporciona información para facilitar el despliegue y control de las operaciones en el mar, la oportuna protección de los emplazamientos a lo largo de las franjas costeras amenazadas y la preparación de los recursos para la limpieza de costas.

Este Documento de Información Técnica ofrece asesoramiento y directrices para lograr un reconocimiento aéreo eficaz.

## Estrategia para la observación aérea

En la primera fase de un siniestro, los informes procedentes de vuelos de reconocimiento resultan fundamentales para establecer la naturaleza y magnitud de la contaminación. Cuando sea apropiado, los vuelos de reconocimiento deben tener una prioridad alta en las etapas iniciales de la respuesta. Las estrategias de la observación aérea y los detalles de contacto de las agencias y operadores aéreos pertinentes deben ser entradas clave en los planes de contingencia correspondientes.

Tras la movilización inicial, deben realizarse de forma regular vuelos posteriores (*Figura 1*). Normalmente se suelen planificar al comienzo o final de cada día para que los resultados puedan utilizarse en reuniones de toma de decisiones para planificar las operaciones de respuesta. Los vuelos, incluyendo sus rutas de vuelo y calendario, deben coordinarse para evitar duplicidades innecesarias entre agencias. Cuando se tenga bajo control la situación de la contaminación, la necesidad de los vuelos se reducirá y llegará a su fin.

Las consideraciones sobre la seguridad resultan fundamentales y se consultarán con el piloto de la aeronave todos los aspectos sobre la operación de reconocimiento antes del despegue. Debe informarse de antemano y de forma regular y minuciosa a los integrantes de un vuelo sobre los dispositivos de seguridad de la aeronave y los procedimientos que se seguirán en caso de emergencia. Los equipos de protección personal adecuados, tales como chalecos salvavidas, deben estar disponibles y en buen estado de uso.

Al seleccionar la aeronave más adecuada debe prestarse atención a la ubicación del derrame, la pista de aterrizaje más cercana, el acceso al combustible y la distancia que se cubrirá en un vuelo de reconocimiento. Cualquier aeronave utilizada para la observación aérea debe presentar una excelente visibilidad en todas las direcciones y transportar instrumentos de ayuda a la navegación adecuados. Por ejemplo, para aeronaves de ala fija, la mejor visibilidad se obtiene con alas instaladas en una posición elevada (*Figura 2*). En aguas cercanas a la costa, la flexibilidad de los helicópteros supone una ventaja, por ejemplo para el reconocimiento de una franja costera con acantilados, calas e islas. No obstante, sobre mar abierto, no es tan necesario realizar cambios rápidos en la velocidad de vuelo, dirección y altitud, y la velocidad y autonomía de la aeronave de ala fija son más ventajosas. En la selección de la aeronave debe tenerse en cuenta la velocidad de operación, porque si es demasiado elevada, la capacidad de observación y registro de los hidrocarburos se reducirá, y si es demasiado baja la distancia de vuelo se limitará. Para reconocimientos sobre mar abierto, el margen adicional de seguridad obtenido por una aeronave



▲ *Figura 1: la observación aérea permitirá determinar rápidamente la naturaleza y magnitud de la contaminación. No obstante, se requiere una preparación minuciosa para obtener el máximo beneficio del tiempo de vuelo.*

bimotor o de varios motores resulta fundamental, y en algún caso es posible que lo requieran las normativas gubernamentales.

El tipo y tamaño de una aeronave limitará el número de personas que podrán participar en un vuelo. Para aeronaves pequeñas de ala fija, y helicópteros en particular, el número de pasajeros puede afectar sustancialmente el consumo de combustible y, por lo tanto, la resistencia de la aeronave. Si hay dos o más observadores presentes en un vuelo de reconocimiento, deben colaborar estrechamente para comparar y confirmar las observaciones. El observador jefe que dirija al piloto debe contar con suficiente experiencia en reconocimientos aéreos y tener la capacidad de detectar, reconocer y registrar con fiabilidad la contaminación por hidrocarburos en el mar. Debe aportarse información coherente de al menos un observador a lo largo de una serie de vuelos, de tal manera que las variaciones en los informes reflejen los cambios en el estado de la contaminación por hidrocarburos y no las diferencias entre las percepciones de los observadores.

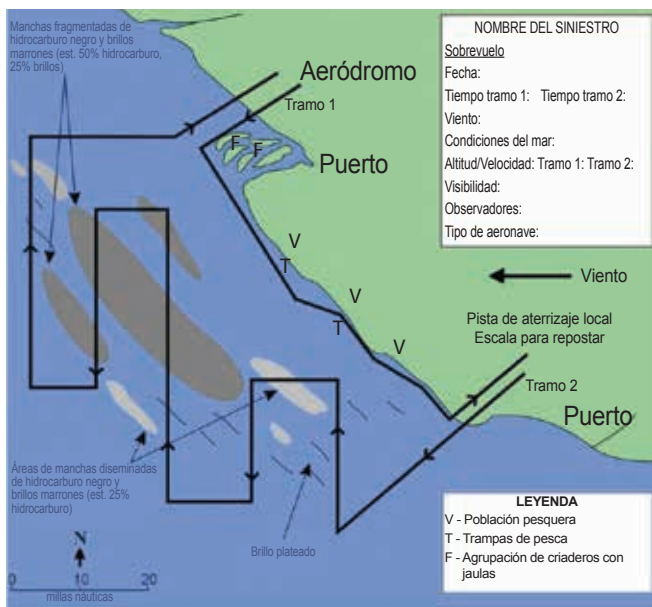




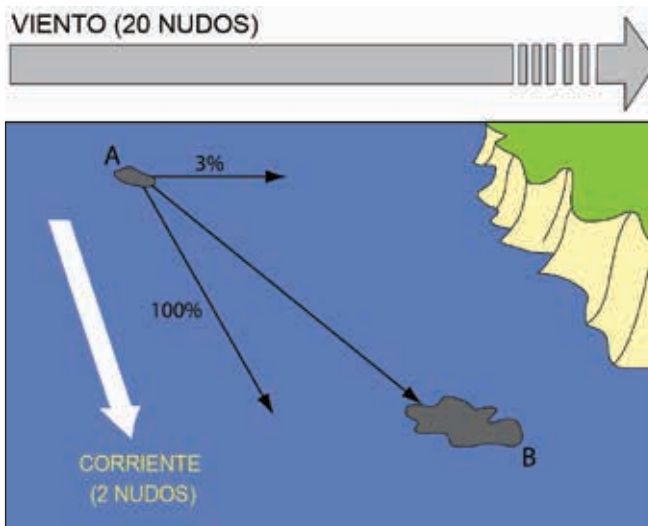
▲ **Figura 2:** las aeronaves bimotor de ala fija con las alas situadas en una posición elevada representan plataformas ideales para la observación aérea de hidrocarburos en el mar. Los helicópteros podrían ser preferibles para una observación más cercana de la costa debido a su mayor capacidad de maniobra y a sus menores velocidades.

## Preparativos para la observación aérea

Los vuelos deben planificarse para que empiecen y terminen con suficiente luz para permitir la observación de la superficie del mar o de la costa. Condiciones meteorológicas como niebla, bruma, nubes bajas, nieve y lluvia intensa también pueden afectar el reconocimiento y podrían provocar que el vuelo resultara impráctico.

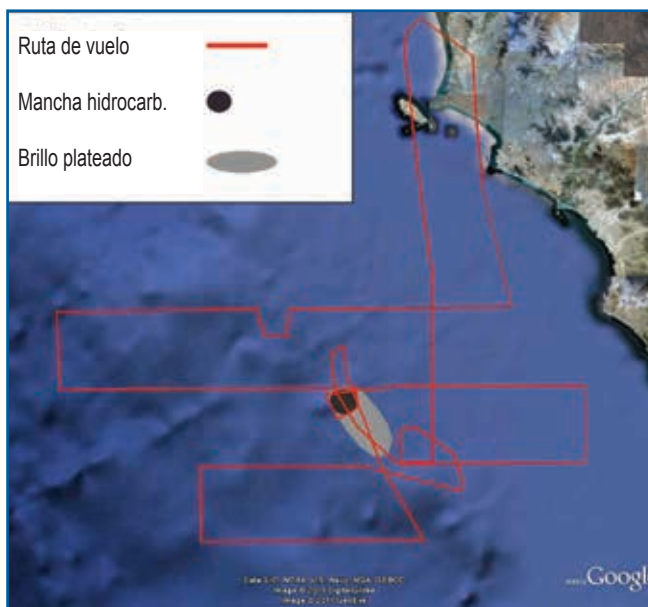


▲ **Figura 4:** un mapa de ejemplo que muestra la ruta de vuelo y el alcance de los hidrocarburos observados. También pueden observarse y registrarse otras características durante un vuelo de reconocimiento. Éstas podrían incluir actividades de respuesta y limpieza en el mar y en la costa, la ubicación de recursos medioambientales sensibles tales como la fauna silvestre y hábitats especiales, así como intereses comerciales que incluyen zonas de recreo, emplazamientos industriales e instalaciones de maricultura. Dibujar la ruta de vuelo en el mapa sirve para mostrar las áreas que han sido reconocidas. El patrón de búsqueda en escalera que se muestra más arriba se adaptó para cumplir la distribución, visibilidad y condiciones de iluminación esperadas de los hidrocarburos.



▲ **Figura 3:** influencia del viento y de la corriente en el movimiento de los hidrocarburos en el mar.

Antes de embarcar, debe prepararse un plan de vuelo de forma anticipada y acordarse con el piloto y las autoridades competentes según corresponda. Este plan debería tener en cuenta cualquier información disponible que pueda reducir el área de búsqueda lo máximo posible, como por ejemplo las últimas observaciones conocidas y la trayectoria esperada de los hidrocarburos. Además, debe considerarse cualquier restricción para el vuelo. Es posible que alguna de estas restricciones pueda ser impuesta especialmente como resultado del derrame. Por ejemplo, puede que se prohíba volar sobre el naufragio del



▲ **Figura 5:** ruta de vuelo de un siniestro en Sudamérica plasmada en un mapa de Google Earth. Se realizó una búsqueda en escalera básica desde el norte para ubicar los hidrocarburos. Por lo tanto, la aeronave se desplazó en círculos alrededor de los hidrocarburos para permitir una observación más cercana, continuando posteriormente con la búsqueda en escalera más al sur para determinar el alcance completo de la mancha.

buque, en espacio aéreo extranjero o militar o en ciertas áreas susceptibles medioambientalmente si pudiera afectar a la fauna silvestre (por ejemplo, reproducción de colonias de aves o focas).

Las observaciones pueden registrarse en un ordenador portátil o tableta con mapas relevantes descargados de sitios web de mapas en línea o utilizando cartas náuticas electrónicas. Puede utilizarse un GPS (Global Positioning System) portátil con conexión para marcar puntos de referencia con el fin de identificar la ubicación de los hidrocarburos observados y otras características notables. Como respaldo a cualquier sistema informático, deben obtenerse extractos o copias de mapas o cartas en papel de una escala apropiada para la anotación durante el vuelo. Algunos datos básicos pueden resaltarse de forma útil, como por ejemplo la ubicación del origen del derrame y los accidentes costeros pertinentes. Puede que sea útil trazar una cuadrícula sobre el mapa en papel para que pueda identificarse fácilmente cualquier posición mediante referencia a la cuadrícula o, de forma alternativa, mediante referencia a la distancia y demora de una radiobaliza.

La tarea de anticipación de la posición de los hidrocarburos se simplifica si se dispone de datos sobre el viento y las corrientes, ya que ambos contribuyen al movimiento de los hidrocarburos flotantes. Se ha demostrado empíricamente que los hidrocarburos flotantes se moverán a favor del viento a aproximadamente un 3% de la velocidad del viento. En presencia de corrientes de agua de superficie, se superpondrá un movimiento adicional de los hidrocarburos al 100% de la velocidad de la corriente a cualquier movimiento dirigido por el viento. Cerca de tierra, debe considerarse la intensidad y dirección de cualquier corriente de las mareas al anticipar el movimiento de los hidrocarburos, mientras que en el mar predomina la contribución de otras corrientes oceánicas sobre la naturaleza cíclica del movimiento de las mareas. Por lo tanto, si se conocen los vientos y corrientes predominantes, es posible anticipar la velocidad y dirección del movimiento de los hidrocarburos flotantes a partir de una posición conocida, tal y como se ilustra en la Figura 3. La diversa sofisticación de los modelos informáticos de cálculo de trayectorias de derrames de hidrocarburos representará las trayectorias anticipadas. No obstante, la precisión de los modelos informáticos y de los simples cálculos manuales dependerá de la exactitud de los datos hidrográficos utilizados y de la fiabilidad de las previsiones de velocidad y dirección del viento.

En vista de los errores inherentes en la anticipación del movimiento de los hidrocarburos, suele ser necesario



▲ *Figura 7: la comunicación entre la tripulación de la aeronave y todos los observadores es importante para confirmar las observaciones y discutir los cambios en el plan de vuelo en función de las observaciones.*

planificar una búsqueda aérea sistemática para determinar la presencia o ausencia de hidrocarburos sobre una amplia zona del mar. Una “búsqueda en escalera” suele ser el método más económico de reconocimiento de un área (Figuras 4 y 5). Al planificar una búsqueda, debe prestarse debida atención a la visibilidad y altitud, a la duración posible del vuelo y a la disponibilidad del combustible, así como a cualquier otra información que pudiera indicar el piloto. Los hidrocarburos flotantes tienden a estirarse y alinearse en paralelo con la dirección del viento en “hileras” largas y estrechas, normalmente separadas entre 30 – 50 metros de distancia. Resulta aconsejable realizar una búsqueda en escalera transversalmente al viento predominante para aumentar la posibilidad de detección de los hidrocarburos. La visibilidad durante el vuelo determinará la distancia entre los “peldaños” de la búsqueda en escalera.

Otras consideraciones son la bruma y el reflejo de la luz en el mar, que pueden afectar la visibilidad de los hidrocarburos. La detección de los hidrocarburos suele resultar más fácil con el sol detrás del observador y podría ser más productivo volar en un patrón de búsqueda con una dirección diferente de la planificada originalmente. Las gafas de sol con lentes polarizadas pueden ayudar a detectar los hidrocarburos en el mar bajo ciertas condiciones de luz.

## Registro e informes

A pesar de realizar previsiones minuciosas y planificar una búsqueda en escalera sistemática, la contaminación real observada durante el vuelo podría seguir siendo diferente de la situación prevista. Por lo tanto, es importante tener en cuenta las contingencias y realizar ajustes durante el vuelo para optimizar las posibilidades de detectar los hidrocarburos y representarlo en su totalidad, siempre y cuando se mantenga un plan de vuelo lógico y eficiente.

La altitud de la búsqueda suele estar determinada por la visibilidad predominante. Sobre áreas de mar abierto y en días despejados, una altitud de 1.000 – 1.500 pies (300 – 450 metros) suele ser óptima para optimizar el área de exploración sin perder claridad visual. No obstante, es necesario ascender hasta la mitad de esta altura o incluso más para confirmar cualquier observación de hidrocarburos flotantes o para analizar su aspecto. En el caso de los helicópteros, cuando se utilicen cerca de la costa, y en



▲ *Figura 6: accidentes geográficos y marcas terrestres (como por ejemplo promontorios y faros) proporcionan puntos de referencia claros al reconocer la costa.*

Característica	Datos	Comentario		
<b>Ubicación y alcance</b>	<p>Latitud y longitud (preferiblemente con GPS) para la ubicación de las manchas</p> <p>Lecturas de GPS para el centro o bordes de manchas grandes</p>	Es importante mantener una idea de la escala para que lo que se observe en el agua no se exagere cuando se registre. Resulta útil establecer una imagen mental de la distancia en el tramo de ida de un vuelo observando y considerar los accidentes geográficos terrestres reconocibles. Al observar grandes áreas afectadas por hidrocarburos, la presencia de alguna embarcación resulta útil para medir la magnitud de las manchas. La referencia regular a las lecturas del GPS resulta útil para confirmar las estimaciones realizadas visualmente.		
<b>Color</b>	<p>Para manchas de hidrocarburos: Negro, marrón, naranja</p> <p>Para brillos: Plateado, iridiscente (arco iris)</p>	El color ofrece una indicación importante del grosor de los hidrocarburos. En el caso de las manchas de hidrocarburos, es probable que un color marrón o naranja indique la presencia de emulsión de agua en hidrocarburos. En términos de respuesta a derrames de hidrocarburos, los brillos pueden desestimarse ya que representan una cantidad despreciable de hidrocarburos que no puede recolectarse o tratarse de otra forma significativamente mediante las técnicas de respuesta existentes y es probable que se disipen de forma rápida y natural. Dependiendo de las circunstancias, los brillos suelen omitirse del informe final elaborado tras el vuelo.		
<b>Carácter</b>	Hileras, mancha de hidrocarburos, mancha, traza	Los observadores deben evitar el uso de frases demasiado descriptivas y deben aplicar los términos que seleccionen de forma coherente.		
<b>Características</b>	Borde anterior	Si puede identificarse los hidrocarburos gruesos que caracteriza el borde anterior de una mancha, debe indicarse con una línea más gruesa en los mapas y mencionarse en los informes complementarios.		
<b>Extensión</b>	 <p>25%      50%      75%</p>	<p>Para que los esfuerzos de la respuesta se centren en las áreas más significativas de la contaminación por hidrocarburos, es importante disponer de información sobre las concentraciones relativas y más densas. Para evitar visiones distorsionadas, es necesario observar verticalmente hacia abajo sobre los hidrocarburos al evaluar la distribución. Resulta difícil realizar una evaluación precisa del % de extensión y se aconseja evitar intentar ser demasiado preciso con la estimación. Los diagramas pueden servir como guía de referencia. Los observadores más experimentados pueden tener la capacidad de interpolar la extensión intermedia.</p> <p>La adopción de términos comunes también puede ofrecer una indicación de la cantidad de hidrocarburos presentes en un área determinada. Conjuntamente, la estimación del % de extensión junto con los términos seleccionados, proporcionan un método coherente y flexible para describir la cantidad de hidrocarburos en un área con un grado de precisión suficiente para que se puedan tomar las decisiones de respuesta.</p>		
<b>Trazas &lt;10%</b>	<b>Discontinua 25%</b>	<b>Manchas desiguales 50%</b>	<b>Manchas discontinuas 75%</b>	<b>Continua &gt;90%</b>

▲ *Tabla 1: características principales que deben registrarse durante un vuelo de reconocimiento.*

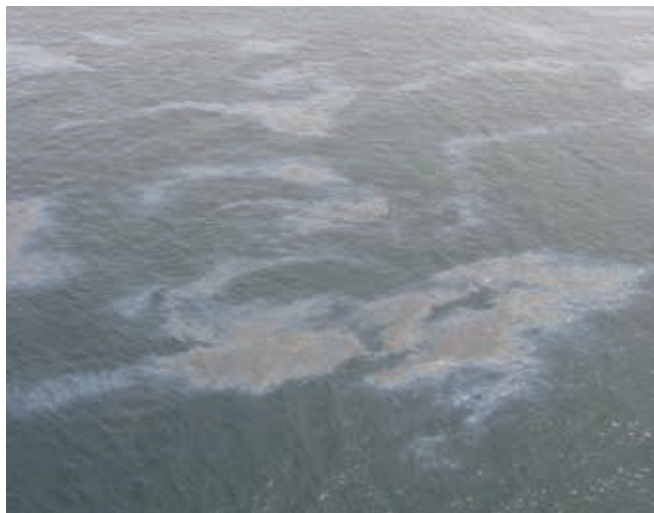
ausencia de cualquier restricción impuesta por el piloto o por el carácter de la franja costera, una velocidad de vuelo de 80 – 90 nudos y una altitud de 400 – 500 pies (120 – 150 metros) suelen representar un punto de partida útil. Pueden realizarse ajustes posteriores según resulte conveniente durante el transcurso del vuelo.

Los receptores GPS portátiles o GPS de a bordo permiten a los observadores realizar el seguimiento de la posición geográfica de la aeronave para que sea posible monitorizar el progreso con margen para realizar cualquier cambio que pudiera ser necesario en función de las circunstancias detectadas durante el vuelo.

Pueden comprobarse los accidentes geográficos y puntos de referencia a lo largo de la costa con las cartas al reconocer la costa, aunque sobre aguas abiertas, lejos de cualquier punto de referencia evidente, es fácil desorientarse (*Figura 6*). Como respaldo, los observadores pueden tener la oportunidad de consultar la instrumentación de la aeronave para cerciorarse de la velocidad y dirección. Resulta útil verificar de antemano que la lectura de estos instrumentos no planteará dificultades.

Durante el vuelo, la comunicación con los compañeros observadores y el piloto resulta importante para monitorizar el progreso, confirmar las observaciones y analizar y acordar





▲ Figuras 8 y 9: manchas grandes de brillos de un derrame de fueloil intermedio (IFO 180) observadas desde una aeronave (parte izquierda) y posteriormente el mismo día de cerca desde un buque (parte derecha). Las manchas contienen áreas de capas finas de hidrocarburos que se esparcen hasta formar áreas de brillos iridiscentes y posteriormente brillos plateados.



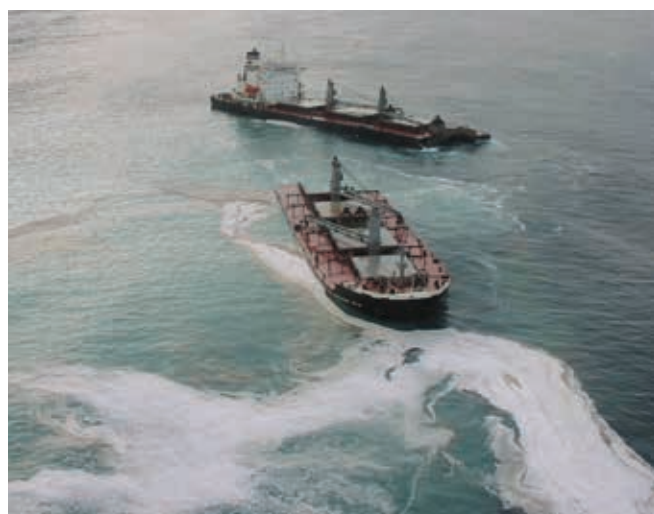
▲ Figura 10: se observa una banda de hidrocarburos negros de izquierda a derecha en la imagen. El viento, que sopla a través de los hidrocarburos, empuja esta banda lejos del observador, lo que genera hileras con brillos diferentes.



▲ Figura 11: manchas discontinuas muy grandes de fueloil pesado; observe la ausencia de brillos.



▲ Figura 12: parte de una mancha grande de fueloil pesado emulsionado marrón/naranja (IFO 600). Tras 3 a 4 semanas en el mar, la mancha empezó a fragmentarse y finalmente se disgregó en un gran número de pequeñas placas y bolas de alquitrán.



▲ Figura 13: fueloil pesado derramado como resultado del fallo catastrófico de un granelero. La carga se ha mezclado con los hidrocarburos, lo que ha dificultado la realización de estimaciones realistas del volumen de los hidrocarburos derramados.



▲ *Figura 14: nubosidad que simula manchas de hidrocarburos flotantes negros.*



▲ *Figura 15: fueloil pesado llegando a la costa. Los lechos de hierbas marinas bentónicas y las formaciones de rocas en el lecho marino pueden desvirtuar las estimaciones de la cantidad de hidrocarburos.*



▲ *Figura 16: las áreas de franjas de arrecifes de coral podrían provocar notificaciones erróneas sobre la presencia de hidrocarburos.*



▲ *Figura 17: penachos de sedimentos afectados por corrientes en áreas poco profundas, que simulan manchas de petróleo crudo emulsionado ligero.*



▲ *Figura 18: escorrentías de agua dulce procedentes de un riachuelo que se mezcla con agua salobre turbia, dando la apariencia de una contaminación local significativa.*



▲ *Figura 19: fueloil pesado emulsionado retenido contra la costa por el viento y las olas. Resulta difícil estimar el espesor de la capa de hidrocarburos ya que el alcance de la concentración en las grietas entre las rocas no puede determinarse fácilmente desde el aire.*





▲ *Figura 20: resulta útil incluir buques u otros puntos de referencia en una fotografía para proporcionar una idea de la escala de la contaminación.*



▲ *Figura 21: a veces, el reflejo de la luz en el mar puede plantear un problema al tomar fotografías aéreas; los filtros de UV y de polarización pueden ayudar a perfeccionar la definición visual de los hidrocarburos.*

cualquier ajuste adecuado en el vuelo (Figura 7). Deben recibirse instrucciones del piloto sobre el uso de los auriculares antes del despegue para evitar la interrupción de las comunicaciones con otra aeronave y con las autoridades de control de tráfico aéreo.

Las fotografías digitales proporcionan un registro inestimable de la contaminación por hidrocarburos. Siempre que sea posible, deben incluirse puntos de referencia tales como embarcaciones y la costa para proporcionar una idea de la escala (Figura 20). Se recomiendan velocidades de obturador relativamente rápidas (1/500 segundos) para evitar que las fotografías salgan borrosas por el movimiento y la vibración de la aeronave. Los filtros UV y de polarización suelen ser útiles para reducir el reflejo y a veces pueden ayudar a mejorar la definición visual de los hidrocarburos en el agua, aunque algunos filtros de polarización producen distorsión del color a través de las ventanas de plástico de la aeronave (Figura 21). Cámaras con GPS integrado resultan útiles para mantener un registro de las fotografías tomadas. Las imágenes digitales pueden divulgarse rápidamente a una amplia audiencia para ayudar al mando y control de la respuesta.

Las observaciones y conclusiones sobre el alcance de los hidrocarburos deben comunicarse inmediatamente después del vuelo y deben proporcionar una descripción clara de la naturaleza y el alcance de la contaminación por hidrocarburos en el mar y cerca de la costa. La comparación de los registros de vuelos anteriores también puede permitir una mejor comprensión sobre la evolución de la situación con el tiempo. La naturaleza de la información recopilada y la forma en la que debe registrarse y presentarse variará en función de la magnitud del siniestro y del nivel de detalle necesario para satisfacer el propósito pretendido del vuelo de reconocimiento. Las características principales de

los hidrocarburos observados que deben registrarse se incluyen en la Tabla 1 (página 5). Es necesario formalizar los dibujos y anotaciones de trabajo a mano o electrónicamente para generar un mapa final de presentación. Los dibujos y notas originales deben guardarse para futura consulta.

Las videocámaras pueden proporcionar una herramienta adicional para registrar observaciones, aunque la filmación de los observadores puede verse dificultada por las turbulencias o las maniobras de la aeronave. El uso de cámaras portátiles también está restringido por el campo de visión limitado a través de la lente ocular, lo que reduce la capacidad del observador para explorar rápidamente la superficie del mar. Por lo tanto, resulta preferible utilizar un observador adicional para la grabación de video. Si estuvieran disponibles, pueden utilizarse de forma alternativa las videocámaras integradas en una aeronave para grabar.

Las videocámaras portátiles permiten añadir comentarios que, si no se incluyen con suficiente detalle y con referencias adecuadas sobre la ubicación, podrían dificultar la coordinación posterior del video con otras observaciones, especialmente si se ha realizado una grabación extendida y no se dispone de tiempo de edición. El video debe utilizarse como complemento en lugar de sustituir los informes realizados por observadores experimentados.

## Aspecto de los hidrocarburos

Los fueloils e hidrocarburos crudos derramados en el mar experimentan cambios en su aspecto con el transcurso del

Tipo de hidrocarburos	Aspecto	Grosor aproximado	Volumen aproximado (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> )
Brillos de hidrocarburos	Plateado	>0,0001 mm	0,1
Brillos de hidrocarburos	Iridiscente (arco iris)	>0,0003 mm	0,3
Petróleo crudo y fueloil	Marrón a negro	>0,1 mm	100
Emulsiones de agua en hidrocarburos	Marrón/naranja	>1 mm	1.000

▲ *Tabla 2: una guía de la relación entre el aspecto, grosor y volumen de los hidrocarburos flotantes. Aunque las cifras de los grososres y volúmenes incluidas son puramente indicativas, sirven para mostrar que incluso amplias áreas de brillos contienen cantidades relativamente pequeñas de hidrocarburos. Por lo tanto, las acciones deben centrarse en áreas de emulsión e hidrocarburos negros y marrones para aumentar al máximo la eficacia de la respuesta.*



tiempo como resultado de los procesos de meteorización. Es importante que los observadores se familiaricen con estos procesos para que pueda detectarse con fiabilidad la presencia de hidrocarburos derramados e informarse con precisión de su naturaleza.\*

La mayoría de los hidrocarburos se esparcen rápidamente sobre amplias áreas de la superficie del mar. Aunque los hidrocarburos pueden formar inicialmente una mancha continua, ésta se suele romper en fragmentos e hileras debido a las corrientes de circulación y a la turbulencia (Figuras 8–12). A medida que los hidrocarburos se esparcen y se reduce el grosor, su aspecto cambia de la coloración negra o marrón oscura de las manchas de hidrocarburos gruesas al brillo iridiscente y plateado en los bordes de la mancha (Figuras 8 y 9). Los brillos consisten en películas muy finas de hidrocarburos y aunque estas áreas pueden ser amplias, representan una cantidad despreciable de hidrocarburos (Tabla 2). Por el contrario, algunos petróleos crudos y fueloils pesados son excepcionalmente viscosos y tienden a no esparcirse de forma apreciable, sino que permanecen en manchas consistentes rodeadas por muy pocos brillos o sin presencia de los mismos. Una característica común de los derrames de petróleo crudo y algunos fueloils pesados es la rápida formación de emulsiones de agua en hidrocarburos, que se suelen caracterizar por un color marrón/naranja y por manchas compactas (Figura 12).

Grandes cantidades de desechos en el agua o cargas derramadas (Figura 13) pueden mezclarse con el hidrocarburo para enmascarar su aspecto. Además, desde el aire resulta difícil distinguir entre hidrocarburos y una amplia variedad de fenómenos diferentes que pueden confundirse con los hidrocarburos (Figuras 14–18). Los fenómenos que suelen inducir a la notificación errónea de la presencia de hidrocarburos incluyen: sombras de nubes, diferencias en el color de dos masas de agua adyacentes, sedimentos suspendidos, materia orgánica flotante o suspendida, algas marinas flotantes, floraciones de plancton/algas, lechos de hierbas marinas y áreas de coral en aguas poco profundas y aguas residuales y desechos industriales.

La cuantificación de la contaminación por hidrocarburos de la costa desde el aire presenta problemas adicionales (Figura 19). La medida en la que los hidrocarburos hayan penetrado en los sustratos de la costa, concentrado en grietas rocosas, introducido en manglares, etc., no puede establecerse desde el aire. Además, muchas características de la costa, por ejemplo vegetación o cambios en los estratos rocosos, pueden confundirse con hidrocarburos vistas a cierta distancia.\*\*

Las presuntas observaciones iniciales de hidrocarburos deben verificarse con vuelos a una altitud suficientemente baja para permitir una identificación positiva. Cuando existan dudas, las observaciones aéreas deben confirmarse con una inspección más cercana desde un bote (Figuras 8 y 9) o a pie.

## Cuantificación de los volúmenes de hidrocarburos

Puede que no sea posible realizar una evaluación precisa de la cantidad de hidrocarburos observados en el mar debido a las dificultades para medir el grosor y la extensión. No obstante, teniendo en cuenta ciertos factores podría ser posible estimar el volumen de hidrocarburo en una mancha hasta un orden de magnitud para poder planificar la escala requerida de la respuesta. Debido a las incertidumbres del caso, todas estas estimaciones deben contemplarse con una precaución considerable.

Los hidrocarburos con baja viscosidad se esparcen muy rápidamente y, por lo tanto, las capas de hidrocarburos alcanzan



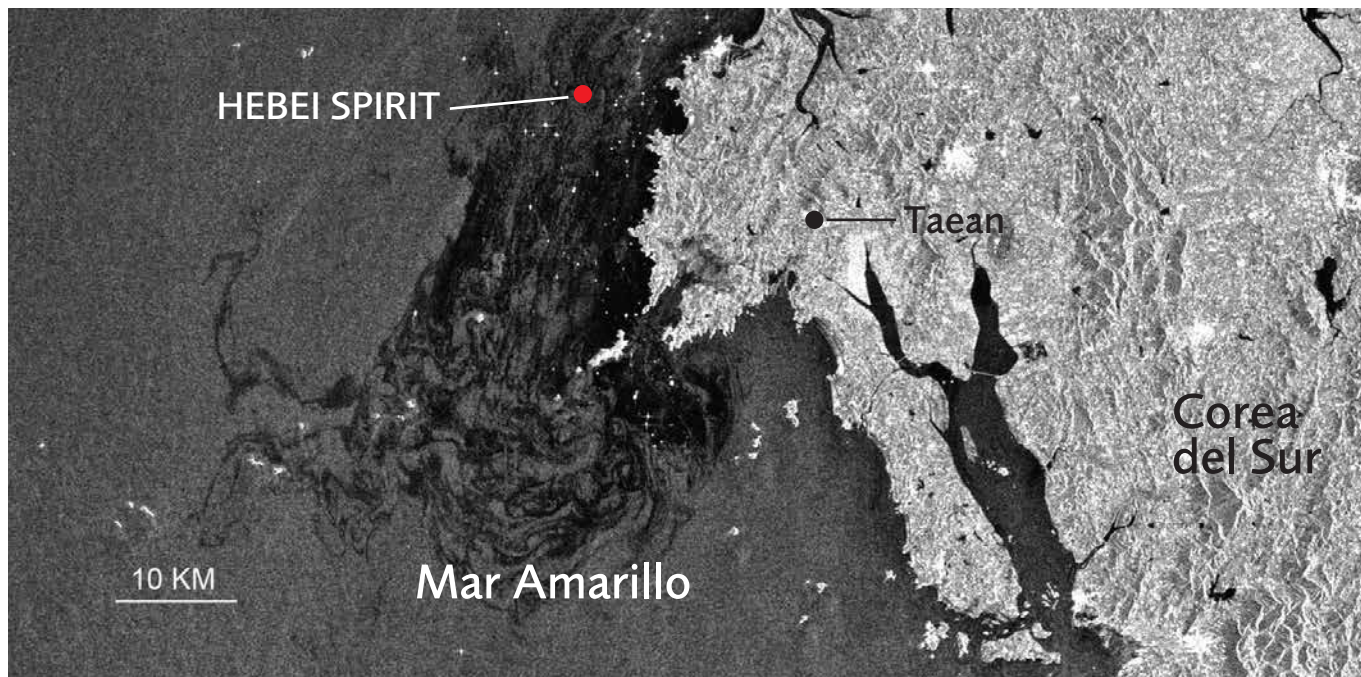
▲ Figura 22: los derrames en aguas heladas resultan difíciles de cuantificar.

rápido un grosor promedio de 0,1 mm aproximadamente. No obstante, el grosor de la capa de hidrocarburos puede variar considerablemente dentro de una mancha de hidrocarburos, desde menos de 0,001 mm a más de 1 mm. Para hidrocarburos más viscosos, el grosor de los hidrocarburos podría superar perfectamente 0,1 mm. El aspecto de los hidrocarburos puede indicar el grosor (Tabla 2). Algunos hidrocarburos forman una emulsión por la inclusión de gotas diminutas de agua, lo que aumenta su volumen. No puede realizarse una estimación fiable del contenido de agua sin el análisis de laboratorio, aunque son habituales cifras entre el 50 - 75%. El grosor de la emulsión puede variar considerablemente dependiendo del tipo de hidrocarburos, las condiciones del mar y si la emulsión se encuentra flotando libremente o se encuentra retenida contra un obstáculo, como por ejemplo una barrera o la costa. Puede utilizarse la cifra de 1 mm como guía, aunque a veces pueden encontrarse grosores de 1 cm y significativamente mayores. La medición del grosor de la emulsión y de otros hidrocarburos viscosos resulta particularmente difícil debido a su esparcimiento limitado. Si el mar estuviera picado, también puede resultar difícil o imposible ver tipos de hidrocarburos menos flotantes, particularmente si se encuentran meteorizados, ya que pueden hundirse por el efecto de las olas y permanecer justo debajo de la superficie la mayor parte del tiempo. En agua fría, algunos hidrocarburos con puntos de fluidez elevados se solidificarán en formas impredecibles y el aspecto de las porciones flotantes podría ocultar el volumen total de los hidrocarburos presentes. La presencia de bloques de hielo y nieve podría ocultar grandes cantidades, o la totalidad, de los hidrocarburos y complicará la imagen aún más (Figura 22).

Para estimar la cantidad de hidrocarburos flotantes, no solo es necesario determinar el grosor, sino también la extensión de los diferentes tipos de contaminación por hidrocarburos observados (Tabla 1). Es necesario tener en cuenta la incidencia desigual de los hidrocarburos flotantes para poder realizar una estimación del área real de extensión con respecto al área de mar total afectada. Durante el vuelo es necesario determinar el alcance del área de mar afectada. Los receptores de GPS portátiles también son útiles en este caso para registrar con precisión los límites de las áreas principales. Si el equipo de

\* Consulte el Documento de Información Técnica específico sobre el Destino de los derrames de hidrocarburos en el medio marino.

\*\* Consulte el Documento de información técnica específico sobre el Reconocimiento de hidrocarburos en costas.



▲ *Figura 23: una imagen de satélite de Radar avanzado de apertura sintética (ASAR) del Mar amarillo oriental, tomada aproximadamente 3,5 días después de la liberación de petróleo crudo desde el buque tanque HEBEI SPIRIT, después de una colisión en aguas del condado de Tae'an en Corea del Sur. Los hidrocarburos se desplazan principalmente en dirección sur con el viento y la corriente para esparcirse sobre una amplia zona. La imagen fue tomada por el satélite Envisat el 11 de diciembre de 2007 y ha sido cedida amablemente por la Agencia Espacial Europea (ESA). Todos los derechos reservados.*

GPS no estuviera disponible, el alcance de los hidrocarburos debe establecerse mediante un sobrevuelo cronometrado a una velocidad constante.

El siguiente ejemplo ilustra el proceso de estimación de las cantidades de hidrocarburos.

Durante el reconocimiento aéreo a una velocidad constante de 250 km/h, se observó una emulsión de petróleo crudo y brillos plateados flotando en un área del mar, y se requirieron 65 segundos y 35 segundos para sobrevolar su longitud y anchura, respectivamente. Se estimó que el porcentaje de extensión de las manchas de emulsión era del 10% y que el porcentaje de extensión de los brillos era del 90%. A partir de esta información, puede calcularse que la longitud del área contaminada del mar es:

$$\frac{65 \text{ (segundos)} \times 250 \text{ (km/hr)}}{3600 \text{ (segundos en una hora)}} = 4,5 \text{ km}$$

De manera similar, la anchura del área del mar medida es:

$$\frac{35 \times 250}{3600} = 2,4 \text{ km}$$

Esto proporciona un área total de aproximadamente 11 kilómetros cuadrados o 3,2 millas marinas cuadradas.

Para el ejemplo indicado: el volumen de la emulsión puede calcularse como el 10% (extensión) de 11 (km<sup>2</sup>) x 1.000 (volumen aproximado en m<sup>3</sup> por km<sup>2</sup> de la Tabla 2). Ya que el 50 - 75% de esta emulsión sería agua, el volumen de hidrocarburos presentes totalizaría aproximadamente 275 - 550 m<sup>3</sup>. Un cálculo similar para el volumen de los brillos daría como resultado un 90% de 11 x 0,1, lo que equivale a aproximadamente 1 m<sup>3</sup> de hidrocarburos.

Este ejemplo también sirve para demostrar que, aunque

los brillos podrían cubrir un área relativamente grande de la superficie del mar, representarían una contribución despreciable al volumen de los hidrocarburos presentes. Por consiguiente, para poder informar de manera precisa, un observador debe tener la capacidad de distinguir entre brillos y manchas más gruesas de hidrocarburos.

## Teledetección

Las cámaras que se basan en el espectro de luz visible se utilizan ampliamente para grabar la distribución de hidrocarburos en el mar, aunque pueden complementarse mediante equipos aéreos de detección remota que detectan radiación fuera del espectro de la luz visible y proporcionan información adicional sobre los hidrocarburos. Los sistemas aerotransportados de detección remota suelen emplearse para detectar, monitorizar e identificar el origen de los restos marinos aunque también pueden utilizarse para monitorizar derrames accidentales de hidrocarburos. Estos sensores detectan diferentes propiedades de la superficie del mar que se ven modificadas por la presencia de hidrocarburos. Las combinaciones de sensores que se utilizan más habitualmente incluyen el Radar aerotransportado de barrido lateral (SLAR), sistemas de captación de imágenes de Infrarrojo (IR) térmico y Ultravioleta (UV) de barrido descendente. Otros sistemas tales como Infrarrojos de barrido frontal (FLIR), Radiómetros de microondas (MWR), Sensores de fluorescencia láser (LF) y Captadores de imágenes espectrográficas aerotransportados compactos (CASI) pueden proporcionar información adicional. Todos los sensores requieren personal altamente formado para utilizarlos e interpretar sus resultados, particularmente cuando desechos diferentes a los hidrocarburos o fenómenos naturales pueden proporcionar resultados similares. Aunque los avances tecnológicos han reducido el tamaño de los equipos, muchos sistemas de detección remota son voluminosos y solo pueden utilizarse desde aeronaves especializadas en las que se instalan. No obstante, existen cámaras FLIR portátiles que pueden proporcionar un sistema de detección remota portátil cuyo uso no está limitado a una aeronave especializada.



Los sensores UV, IR térmico, FLIR, MWR y CASI son sensores pasivos que miden radiación emitida o reflejada. Con la posible excepción de MWR, son incapaces de penetrar en la nubosidad espesa, niebla, bruma o lluvia. Por este motivo, su uso está limitado a periodos con condiciones meteorológicas despejadas. SLAR y LF incorporan una fuente activa de radiación y se basan en el análisis electrónico sofisticado de la señal de retorno para detectar los hidrocarburos y, en el caso de LF, proporcionar alguna indicación del tipo de hidrocarburos. MWR puede proporcionar información sobre el grosor de la capa de hidrocarburos en la superficie del mar aunque no puede ofrecer resultados si se han emulsionado. Los sistemas de captación de imágenes MWR y LF son herramientas de investigación y, con más frecuencia, los sensores que se basan en esta tecnología, solo pueden proporcionar información sobre los hidrocarburos a lo largo de un estrecho recorrido inmediatamente debajo de la aeronave. Todos los sensores MWR, LF e IR pueden emplearse por la noche en cielos despejados. Los sistemas de radar pueden penetrar en nubes y niebla, de día o de noche, y pueden funcionar en la mayoría de las condiciones aunque resultan menos eficaces en condiciones de calma y de vientos fuertes.

Normalmente se suele adoptar una combinación de diferentes dispositivos para superar las limitaciones de los sensores individuales y proporcionar mejor información sobre el alcance y naturaleza de los hidrocarburos. La combinación de sistemas SLAR e IR/UV se ha utilizado ampliamente durante la observación de derrames de hidrocarburos. SLAR puede transportarse a suficiente altitud para proporcionar un rápido barrido sobre una amplia zona de hasta 20 millas marinas en cualquier lado de la aeronave. No obstante, SLAR es incapaz de distinguir entre capas muy finas de brillos y manchas de hidrocarburos más gruesas y, por lo tanto, es necesario interpretar las imágenes con cautela. Las aeronaves equipadas con una combinación de SLAR e IR pueden definir el alcance total de la mancha utilizando SLAR y, una vez que se han localizado los hidrocarburos, proporcionan información cualitativa sobre el grosor de la mancha y las áreas de contaminación más densa con imágenes de los sensores IR. En luz diurna, una combinación de sensores IR/UV puede cumplir una función similar aunque el alcance es limitado con respecto a SLAR. El sensor UV detecta todo el área cubierta de hidrocarburos, independientemente del grosor, mientras que el sensor IR térmico es capaz, bajo ciertas condiciones, de delinear las capas relativamente gruesas.

Normalmente, es posible visualizar y registrar señales de todos los tipos de sensores en equipos de a bordo de la aeronave. Para que las imágenes resultantes puedan utilizarse de forma eficaz en la gestión de las operaciones de respuesta, tendrían que transmitirse al centro de mando, interpretarse correctamente y presentarse en un formato conciso y comprensible. Para que los resultados de los sistemas de detección remota se interpreten correctamente, suele ser aconsejable confirmar los hallazgos con observaciones visuales.

Los sensores remotos vía satélite también pueden detectar hidrocarburos en el agua y, ya que las imágenes cubren amplias áreas de mar, pueden proporcionar una imagen integral de todo el alcance de la contaminación (*Figura 23*). Se utilizan sensores que funcionan en regiones de luz visible e infrarroja del espectro, así como el radar de apertura sintética (SAR). La observación óptica de los hidrocarburos requiere la presencia de cielos despejados durante el día, lo que limita considerablemente la aplicación de estos sistemas. SAR no está limitado por la presencia de nubes y, ya que no se basa en la luz reflejada, también puede emplearse por la noche. No obstante, las imágenes de radar suelen incluir diversas características anómalas, o falsos positivos, que pueden confundirse con hidrocarburos, como por ejemplo hielo en el mar, floraciones de algas, sombras de viento y chubascos, y por lo tanto requieren la interpretación de expertos. Una limitación adicional de las imágenes de satélite es que la frecuencia con la que un satélite pasa sobre las mismas áreas oscila de algunos días a semanas dependiendo de la órbita en particular. Este retardo puede superarse parcialmente utilizando más de una plataforma de satélites y, si fuera posible, posicionando selectivamente el ángulo de la antena de un satélite. Por otra parte, los sistemas de a bordo suelen requerir formación para captar las imágenes del área de interés, lo que requiere un elemento de planificación anticipada.

Una vez captadas, las imágenes se transmiten desde una estación receptora en tierra para realizar la interpretación necesaria que permita eliminar cualquier falso positivo. No obstante, para muchos satélites, este retardo inherente es mínimo, lo que permite un servicio prácticamente en tiempo real. En consecuencia, las imágenes de satélite podrían proporcionar una herramienta operativa eficaz en la gestión de la respuesta a derrames.

## Puntos clave

- Una evaluación inicial de un derrame resulta fundamental para determinar el alcance de la contaminación que permita a los responsables de la respuesta definir la estrategia de limpieza. Los mejores resultados se obtienen desde el aire.
- Las observaciones aéreas pueden permitir que se determine el movimiento de los hidrocarburos, su aspecto y volumen estimado.
- Una preparación minuciosa antes de embarcar en una aeronave garantizará que se obtengan los máximos beneficios del vuelo.
- La correcta interpretación de las observaciones de hidrocarburos puede verse obstaculizada por fenómenos no relacionados y por dificultades en la estimación del grosor de la capa de hidrocarburos.
- Los equipos de detección remota pueden complementar las observaciones visuales, aunque deben utilizarse con precaución ya que estos sistemas también detectan otras características que pueden confundirse con hidrocarburos.

# 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](mailto:central@itopf.org)  
Web: [www.itopf.org](http://www.itopf.org)