

SEGURIDAD

EN LOS

BUQUES PETROLEROS

Para tratar "la seguridad" en los buques petroleros, es necesario hablar primero de los peligros que acechan con claridad. No es cuestión de recrearse en su descripción ni tampoco de sentirse alarmado por ello. Conocer los peligros es ya empezar a combatirlos y el análisis de los fenómenos envueltos es indispensable para saber cómo evitarlos.

Cuanto se haga en este campo podrá conducir a dar una mayor seguridad a los hombres que trabajan en los petroleros, cuya integridad tenemos el deber de guardar.

Para ello, el análisis de los fenómenos, tanto los que la ciencia ya conoce como los que se están investigando, debe ponerse al servicio de esta seguridad, mediante su aplicación en dos etapas complementarias: la primera, en los detalles del proyecto y provisión de equipos que nos proporcionen buques cada vez más seguros técnicamente. La segunda corresponde a la Tecnología operativa del buque, definiendo detalladamente los métodos de trabajo que no pueden quedar al arbitrio del personal que los opera. No debemos olvidar aquello que se ha repetido hasta el cansancio: "se hacen máquinas y equipos a prueba de agua, de gas, de fuego o de explosión, pero aún no se ha inventado una a prueba de tontos". No podemos por otra parte, imaginar siquiera la enorme cantidad de acciones diferentes, incluso disparejas, que se le pueden ocurrir a una mente cualquiera. Por lo tanto, no existe un buque absolutamente seguro, por mucho que sea el esmero con que se ha

construido, si no se opera en forma correcta y esto último sólo puede lograrse mediante la debida información y preparación del personal en los menores detalles de los métodos que van a aplicarse.

Los peligros en los petroleros

Todo buque está sometido a una serie de peligros que comprenden desde los más específicos inherentes a su condición de buque, como colisiones, varaduras y la propia acción de los elementos destacados que pueden perturbar su necesidad de permanecer a flote en condiciones estables, hasta los peligros comunes comparables a los de cualquier industria en que se utilizan equipos eléctricos y máquinas de combustión.

En este último aspecto las cámaras de máquinas son, en particular, las zonas de mayor riesgo y aunque los posibles incendios no han de provocar necesariamente siniestros graves, si se atajan convenientemente, las estadísticas muestran, año tras año, que la mayor parte de los fuegos se inician en los espacios de máquinas.

Tanto las cámaras de máquinas con motores diesel como con instalaciones de vapor tienen posibilidades potenciales de incendio. Los sistemas de combustible y aceite de lubricación pueden proporcionar, con determinadas averías, el material combustible en abundancia y las superficies calientes, como los conductos de exhaustaciones, tuberías de vapor, calentadores, calderas, la fricción mecáni-

ca y los equipos eléctricos constituyen una gran variedad de fuentes de incendio.

Los hidrocarburos pesados como los combustibles habituales, tienen unas temperaturas de autoignición relativamente baja, inferiores a las de ciertas superficies calientes. Siempre que cualquier fuga de estos materiales combustibles pueda cortarse, el fuego será localizado fácilmente y podrá atajarse con eficacia, pero si la aportación de estos materiales combustibles es abundante o no se corta con rapidez, el fuego puede conducir a un siniestro de proporciones con la destrucción de toda una cámara de máquinas y de los espacios de alojamiento que están sobre y alrededor de ella.

Todos estos peligros, para cuya prevención están generalmente bien dotados los buques y que cuando por desgracia se presentan, se dispone de medios eficaces para combatirlos y evitar que pasen a constituir siniestros de importancia, cobran otro cariz en los buques petroleros, como consecuencia de la naturaleza de los productos que éstos transportan.

Digamos que un petrolero ha de llevar en sus tanques miles de toneladas de productos combustibles del petróleo, que tratándose de productos llamados volátiles desprenderán vapores con los que es fácil que se formen mezclas inflamables. Este es el caso de los grandes petroleros (generalmente dedicados al transporte de crudos, que en su mayoría son volátiles).

Llevando los tanques cerrados, con la ligera apertura que suponen las seguridades para evitar la presión o el vacío en el interior de los tanques, un petrolero cargado no sufre mayor peligro que cualquier otro buque; si bien en caso de varada o colisión verá aumentado el riesgo a causa del producto que puede derramar, constituyendo el temido peligro de contaminación de aguas y costas. En cambio, cuando después de descargar inicia su viaje al puerto de carga, los tanques llenos de vapores de hidrocarburos mezclados con aire forman una mezcla generalmente explosiva y que en presencia de una fuente de ignición adecuada puede liberar en un buque de unas

170 mil TPM (si la explosión entraña la totalidad de los gases que puede contener), casi instantáneamente la energía equivalente a la explosión de unas 90 toneladas de nitroglicerina.

La colisión de un petrolero suma al siniestro, ya de por sí grave en cualquier otro buque, la posibilidad de que se produzcan incendios o explosiones, que además de los daños que puedan producir en las vidas de los tripulantes, agravarán los destrozos de la estructura facilitando la inundación y aunque su compartimentado es superior al de otros buques, dependiendo del número de tanques que queden afectados, puede determinar la pérdida de estabilidad y en última instancia el hundimiento.

Este fue el caso del petrolero "Elcano" en que la simetría de la primera explosión y la rápida sucesión de nuevas explosiones en los tanques de Er determinó una escora rápida a este costado, imposibilitando toda maniobra, para adrizarlo, perdiéndose finalmente después de haber escorado totalmente hasta quedar de quilla al sol.

El peligro adicional en un petrolero lo determinan siempre los vapores de hidrocarburos que emanan de sus tanques de carga. En su cámara de máquinas el peligro común a otros buques puede aumentar si llegan a ella los vapores mencionados. Esto puede suceder y tuvo serias consecuencias en el caso del "Pacific Glory".

Generalmente, puede producirse como consecuencia de accidentes que provoquen la inundación de la cámara de bombas con crudo o productos de petróleo, si al tiempo hay fugas en los prensaestopas de mamparo o en la estructura del mismo. En el ambiente de la cámara de máquinas, en la que siempre hay fuentes de ignición, el peligro de estos gases en concentración inflamable pueden apreciarse fácilmente, pero no está tan a la vista que, aún en concentraciones muy por debajo del límite inflamable inferior, el gas puede afectar seriamente a los motores diésel.

Si se mantiene el suministro de combustible, un motor diésel, rodando en una atmósfera que contenga gases a tan

sólo un 10% del límite inflamable inferior, aumentará notablemente su potencia, y aún así, se corta el suministro de combustible; una mezcla gaseosa al 50% del límite inflamable inferior es probable se autoencienda en un motor sobrealimentado. Esto puede llevar a una generación importante de potencia sobre velocidad y desintegración del motor.

En los alojamientos de la tripulación, las fuentes de ignición son también inevitables, incluyendo en ellas desde los fuegos de las cocinas a las chispas de los motores eléctricos y los simples interruptores, aparte de las posibilidades de acciones de los hombres que habitan permanentemente en ellos. De aquí que tanto en las cámaras de máquinas como en los alojamientos, la seguridad, ha de basarse fundamentalmente en evitar rigurosamente la presencia de los gases inflamables.

En otros espacios, principalmente en los tanques de carga, habrá muchos momentos en que será inevitable la existencia de gases inflamables. En ello la seguridad ha de tener como objetivo evitar a toda costa las fuentes de ignición o el aire y mejor aún las dos cosas.

Es sabido que todo fuego requiere la mejor concurrencia de un combustible, un carburante y una fuente de encendido. La diferencia de un petrolero con cualquier otro buque radica en que el primero transporta combustible, el petróleo crudo y sus productos que se caracterizan porque liberan gases de hidrocarburos. También es sabido que cuando el petróleo arde, lo que se quema son los vapores y para ello han de estar mezclados con aire en las proporciones comprendidas entre los llamados "límites inflamables", los cuales se encuentran en porcentajes relativamente bajos de gases en el aire (entre el 1 y el 10% aproximadamente). Siendo muchos crudos de tipo volátil (con punto de inflamación por debajo de los 60% C), los gases que desprenden a la temperatura ambiente son combustibles. El peligro adicional vendrá por tanto determinado por estos gases que ha de contener necesariamente, cuya inflamación, si se produce en un espacio confinado, puede determinar una explosión más o menos violenta, según su cantidad.

Investigación de siniestros

Si se mantienen los principios de seguridad a que nos referimos, ¿cómo se han podido desarrollar las explosiones que de vez en cuando se producen en los petroleros de todas las nacionalidades?. Las explosiones casi seguidas de tres superpetroleros en diciembre de 1969, todas en condiciones muy semejantes, hizo que se desarrollara un intenso trabajo de investigación en todo el mundo. Es posible que nunca se lleguen a conocer con precisión las causas de estos siniestros, pero es indudable que el análisis exhaustivo de las mismas y de las causas que se estiman posibles, junto con las intensas investigaciones posteriores, han permitido ampliar el conocimiento de los fenómenos que pueden provocar el accidente y establecer normas para continuar con la actividad de los petroleros en un plano de mayor seguridad.

La Cámara Internacional de Navegación (International Chamber of Shipping) está coordinando los esfuerzos en las investigaciones llevadas a cabo en todo el mundo, y en Estados Unidos estos esfuerzos se coordinan a través del (TASC) Tanker Accident Study Committee, constituido bajo los auspicios del Instituto Americano del Petróleo.

De algunos informes publicados y otros datos, podemos ver, como ejemplo, los siguientes siniestros de petroleros:

Comentario

TPM

- | | |
|--------|---|
| 25.900 | Explosión en tanque lateral N° 7 y mientras se efectuaba limpieza de tanques. Se aplicaba ventilación después del lavado. El siniestro ocasionó la pérdida total del petrolero. |
| 32.850 | Explosión en el tanque lateral N° 1, después del lavado y mientras se lavaba el N° 2. Pérdida total. |
| 53.000 | Explosión en tanque lateral N° 1, después del lavado y mientras se lavaba el N° 2. Pérdida total. |

- 113.500 OBO Explosión en la bodega N° 9, utilizada como tanque de sedimento mientras se lavaban las números 2 y 4.
- 151.600 OBO Explosión en la bodega N° 1, mientras se descargaba agua de lastre. La bodega estaba llena a 2/3, en el momento de la explosión.
- 206.800 Explosión inicial en el tanque central N° 5, mientras se lavaba. Pérdida total.
- 208 560 Explosión inicial en el tanque central N° 4, mientras se lavaba.
- 219.000 Explosión inicial en tanque central N° 4, mientras se lavaba.

Los datos anteriormente expuestos denotan la frecuencia con que los siniestros están relacionados con la limpieza de tanques, pero no se ha podido llegar a conclusiones específicas sobre métodos de limpieza, ni se ha conseguido establecer una correlación entre explosiones de petroleros, procedimientos de limpieza y tamaño del buque y no se cree que los nuevos datos disponibles hoy en día puedan aportar más información estadística significativa.

Necesidades de algunas operaciones

Si tantos problemas envuelve la limpieza de tanques, ¿por qué no se abandona? Hoy por hoy esta limpieza ha de llevarse a cabo por una de estas dos razones:

Para tener tanques con lastre limpio, o para desgasificar, preparando la entrada en dique.

En el primer caso el buque ha de llegar lastrado al puerto de carga y allí solamente puede descargar lastre limpio, mientras que el lastre sucio que puede descargar en su ruta, en las zonas en que se permite, está limitado y debe controlarse de acuerdo con el Convenio Internacional para prevenir la Contaminación del Mar. El procedimiento seguido por muchos operadores es el llamado sistema "load on top", que consiste en lastrar temporalmente unos tanques en el puerto

de descarga y lavar en el viaje de retorno al puerto de carga los tanques que se han de llenar de lastre limpio, echando el agua contaminada del lavado y de los lastres temporales a un tanque de residuos donde se efectúa la sedimentación. Después de separarlos del agua limpia, ésta se bombea al mar y los residuos se conservan en el tanque para cargar sobre ellos en el puerto de carga.

El segundo caso se da siempre que hay que llevar el buque a dique, cada uno o dos años, y es necesario porque el buque ha de quedar desgasificado y certificado como tal y hasta hoy no se conoce otro medio de lograrlo sin efectuar la limpieza de los tanques.

Debemos pues centrarnos en el análisis de las causas posibles y tratar de eliminarlas por completo.

De todas las causas analizadas la que parece tener mayor probabilidad de ser la fuente de ignición que ha provocado más accidentes es la descarga electrostática.

La carga electrostática es un antiguo fenómeno conocido en la manipulación de algunos productos refinados del petróleo, a su paso por tuberías y en la sedimentación del contenido en agua que puedan arrastrar. Esta forma de carga electrostática y la producida por la entrada de vapor a través de tuberías en los tanques, hace tiempo que se está previniendo en las Guías de Seguridad, recomendando los métodos operativos adecuados para evitar el peligro de que se produzcan descargas ignitivas.

Ultimamente se ha descubierto que los chorros de agua de alta velocidad proyectados por las máquinas de limpieza de tanques crean una niebla de agua cargada electrostáticamente. La enorme cantidad de datos obtenidos durante los dos últimos años han puesto de manifiesto las circunstancias de que esta niebla cargada puede producir una descarga peligrosa. Se trata de que un objeto aislado eléctricamente en contacto con la niebla puede acumular la carga y posteriormente descargarse a tierra por una chispa.

Las descargas directas entre una nube cargada y alguna parte de la estructura

del buque, han sido estudiadas intensamente, y la evidencia actual sugiere con cierta insistencia que estas descargas no son ignitivas.

Las condiciones de una niebla cargada se definen por la densidad de carga del espacio, el potencial y la intensidad de campo en cada punto. Todas pueden variar de punto a punto, aunque parece ser que los datos experimentales señalan que la densidad de carga es bastante uniforme.

El potencial y la intensidad de campo varían considerablemente. El potencial es cero en la estructura metálica del tanque y sobre cualquier proyección que esté puesta a masa y aumente con la separación de los mamparos, alcanzando su máximo en el centro del tanque. La intensidad del campo es baja cerca del centro y aumenta en la proximidad de las paredes. La intensidad mayor se encuentra en el extremo de proyecciones de la estructura del tanque puestas a masa. A mayor distancia de la proyección o menor radio de curvatura, mayor es la intensidad de campo.

Las mediciones se han hecho con medidores de intensidad de campo y un medidor de densidad de carga que se ha empleado en varios estudios.

Debido a lo dicho anteriormente, las lecturas de los medidores de intensidad de campo, que normalmente está puesta a masa y se introduce en el tanque, depende de la distancia y no son comparables si no se tiene en cuenta la geometría del campo.

Un aparato convencional de medida de intensidad de campo aumenta considerablemente con su presencia el valor del campo local.

Introduciendo sondas largas en el tanque se han provocado y medido descargas eléctricas de la niebla. Los experimentos han demostrado que un objeto aislado eléctricamente al entrar en contacto con la niebla puede quedar cargado. Si este acumulador de carga o parte del mismo, es más o menos conductor podrá ceder su carga en una sola chispa al pasar cerca de la estructura puesta a una masa. En una atmósfera inflamable la situación puede ser peligrosa por la energía acumulada en la chispa.

El objeto aislado puede presentarse por ejemplo:

I.—Un hombre aislado por la suela de sus zapatos al hacer descender en el tanque un cabo o una toma de muestra, puede quedar cargado por contacto con la niebla a través de la manguera o cabo que, dadas las condiciones del buque, pueden tener la suficiente conductividad para permitir la carga del hombre en unos segundos.

II.—Una máquina de lavado colgando en el tanque con la manguera que contiene el cable de puesta a tierra desconectado.

III.—Posiblemente un objeto que caiga en el tanque puede acumular carga en su caída y soltarla antes de tocar fondo.

Otras fuentes de ignición, pueden ser:

Autocencendido

Este tipo de ignición puede describirse como la reacción inicial exotérmica de una mezcla inflamable que se autoinicia por la temperatura de los reactantes. Las temperaturas mínimas a que esto ocurre, llamada la temperatura de autoignición, varía con los componentes del gas, pero con los crudos este mínimo es tan alto que, a pesar de que la autoignición es una fuente posible de ignición, cuando se aplican las precauciones normales para evitarlo, no se cree que represente un peligro significativo.

La tecnología en relación con el autocencendido es bien conocida y las temperaturas a que se produce se mantienen muy alejadas de las que pueden desarrollar los puntos más calientes que pueden encontrarse en la operación normal de un petrolero.

Ignición pirofórica

Puede describirse como una rápida reacción exotérmica inicial que ocurre espontáneamente cuando algunos materiales se ponen en contacto con el aire. El material que puede preocuparnos en este aspecto en la operación de un petrolero es principalmente el sulfuro pirofórico de hierro. Las informaciones de las explosiones de petroleros no indican que la ignición pirofórica constituya un peligro serio en las condiciones normales de operación, a pesar de lo cual esta fuente no puede descartarse por completo.

Arcos inducidos por el equipo de radio

Se ha visto que en ciertas condiciones es posible que un emisor de radio induzca arcos sobre otras partes de la estructura del buque sobre cubierta. Se ha demostrado que una mezcla inflamable puede encenderse por el arco que se forma al cortar el contacto.

En la operación normal de un petrolero, la radio no se utiliza en puerto. Por tanto durante la carga o descarga no debe haber peligro por arcos de RF. En la navegación puede coincidir que haya gases sobre cubierta y transmisión de radio.

El radar, aunque opera con ondas cortas, se dirige sobre el nivel de cubierta y no es probable que cause arcos de RF sobre cubierta.

Chispas por impactos

Algún objeto al caer en el interior del tanque puede levantar chispas. En especial se han investigado los ánodos de protección catódica contra la corrosión. Como consecuencia de ello hace tiempo que los ánodos de magnesio están prohibidos y los de aluminio sólo se permiten a cierta altura máxima, con la que la energía de su caída no es ignitiva; al mismo tiempo han de protegerse para que no pueda caer ningún objeto metálico sobre ellos. Los ánodos de zinc se han lanzado de gran altura, sin conseguir encender una mezcla inflamable. Esta fuente es poco probable, pero tampoco puede descartarse plenamente.

Chispas de chimenea

Siempre cabe la posibilidad de que alguna chispa de chimenea pueda llegar a la zona de gases inflamables, pero esto puede evitarse fácilmente con los cuidados correspondientes.

Otras causas

Se han considerado también otras causas posibles, como las debidas a rozamiento en posibles grietas de la estructura metálica, la compresión adiabática de burbujas causadas en el lavado por los chorros, magnetismo del casco, y efectos atmosféricos, considerándolos todos como muy improbables o prácticamente imposibles.

Lógicamente que no podemos dejar de lado la falla humana.

Seguridad por prevención y por acción

Los petroleros están construidos para transportar productos volátiles que desprenden vapores cuya mezcla con el aire forma gases inflamables. La seguridad en un petrolero, además de comprender todos los requisitos comunes con otros buques, ha de estar dirigida a impedir que los vapores de hidrocarburos puedan entrar en combustión, impidiendo su mezcla con el aire y cuando esto no sea posible, evitando la presencia de gas donde, por necesidad, haya fuentes de ignición y eliminando toda posibilidad de estas últimas donde tenga que haber gases inflamables.

Por ello en la construcción de los petroleros se contempla la separación total de la parte del buque dedicada a la carga de la cámara de máquinas y de los espacios habitados, eliminando toda posible conexión entre ambos espacios.

Dentro de las normas en que se basan los constructores está la disipación de los gases que necesariamente han de salir de un tanque cuando se está llenando de carga o lastre, se está desgasificando o bien por variaciones de temperatura. En este aspecto son mucho más seguros los transportes de gas licuado, cuyo sistema espacio de carga-bombas-tuberías constituye un circuito cerrado del que se extrae totalmente el aire, estando siempre lleno de gas puro, el cual sin mezcla con aire, no es inflamable.

También se trata de eliminar las fuentes de ignición, disponiendo los equipos eléctricos que se necesitan, como motores eléctricos, luces y equipos de medida, de tipo antideflagrante, a prueba de explosión o intrínsecamente seguros, según convenga.

Por otra parte, el Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar establece otra serie de medidas relacionadas con la construcción de los petroleros y que propenden a dar mayor seguridad a los hombres que los operan, y cuentan con los medios adecuados para facilitar el combate de un posible fuego o inundación.

Todas estas medidas preventivas hacen del buque petrolero una base teóricamente segura, pero teniendo que ser operado por hombres, el más seguro de todos podría verse envuelto en un siniestro, si éstos no siguen estrictamente una tecnología depurada y puesta al día en la que se recoge la experiencia de tantos hombres de mar y la aportación de las investigaciones que continuamente se están llevando a cabo.

Las normas preventivas son muy numerosas y comprenden muchos aspectos de la vida diaria a bordo, desde la regulación de la inveterada costumbre de fumar hasta los que se han de aplicar en las operaciones específicas propias del buque.

Teniendo en cuenta que la operación del buque viene combinada en muchas ocasiones con la de los terminales y en éstos las compañías que los dirigen tenían una serie de reglamentos que no eran rigurosamente iguales, el IOTTSG, (Grupo Internacional de Terminales Petroleros) ha unificado los criterios en una guía única que también se ha facilitado a los capitanes de los buques petroleros. La Guía de la Cámara Internacional de Navegación a que nos referimos ha sido redactada de acuerdo con la Guía del IOTTSG.

Siguiendo las recomendaciones de la Guía, ya hemos dicho que un petrolero navegando cargado es tan seguro como cualquier otro buque por llevar el producto cerrado sin más evolución de gas que el que pueda desprenderse por una variación de temperatura, saliendo el gas por válvulas adecuadas de seguridad llamadas válvulas de presión/vacío y que con la marcha del buque debe dispersarse fácilmente. Se contempla en la Guía y se dan recomendaciones generales también para el desarrollo de las operaciones específicas, como la carga, descarga, lastrado, limpieza de tanques y desgasificación. Todas ellas pueden realizarse con seguridad, siguiendo dichas recomendaciones.

La limpieza de tanques y la desgasificación merecen una mención más detallada, pues de acuerdo a las estadísticas, los accidentes se producen generalmente en una de estas faenas. Y ello tiene una

explicación. Al terminar la descarga de los tanques que han contenido crudos, el ancestro en ellos y los gases quedan teóricamente estratificados en una capa muy rica en vapores de hidrocarburos sobre el fondo, otra de aire en la parte alta y una mezcla de ambos en la zona intermedia, pero en la mayor parte de los casos que se han investigado, se observa cómo los gases tienden a mezclarse en el interior del tanque. La mezcla homogénea puede quedar en la gama super-rica o sea, conteniendo una proporción de vapores de hidrocarburos superiores al límite explosivo superior, es decir que aún en presencia de una fuente de ignición no se inflama. En esta fase los restos del crudo que quedan adheridos en los mamparos y en el fondo del tanque pueden aportar mayor cantidad de vapores, pero siendo la mezcla la super-rica, esto no supone ningún problema adicional; en cambio, cualquier entrada de aire por cualquier registro puede determinar la reducción de la mezcla a la proporción explosiva, por lo menos en una zona determinada del tanque.

Durante mucho tiempo se ha considerado esta situación como segura por ser la mezcla super-rica, pero las últimas investigaciones han demostrado que, dependiendo de los tipos crudos, temperaturas y otros factores, hay muchos casos en que la mezcla homogénea se encuentra en proporción explosiva. Se ha comprobado, efectivamente, mezcla en proporción explosiva. Este tipo de atmósfera es lo que se denomina "Atmósfera incontrolada" y cuando se tiene es esencial evitar a toda costa cualquier posible fuente de ignición en ella.

Para eludir este tipo de atmósfera, hay dos procedimientos: el de desgasificación y el inertización. El primero consiste en ventilar enérgicamente los tanques hasta reducir su proporción de vapores de hidrocarburos muy por debajo del límite explosivo inferior, y el segundo eliminando el contenido de oxígeno mediante la inyección de un gas inerte. En aquel se llega a una atmósfera "muy pobre" en gases, pero que ha de seguir controlándose hasta que se hayan eliminado todos los residuos que pueden aportar nuevas cantidades de vapores que hagan subir la mezcla de nuevo.