

PREVENCIÓN DE RIESGOS DE INCENDIO, EN TRABAJOS DE REPARACIÓN EN CÁMARAS DE MÁQUINAS DE BUQUES

Fraguela Formoso, José Ángel ⁽¹⁾; Naya Fernández, Salvador ⁽¹⁾; Iglesias Rodríguez Gregorio ⁽²⁾; Troya Calatayud, José ⁽³⁾

(1) Universidad de A Coruña. Escuela Politécnica Superior. Calle Mendizábal s/n 15403 Ferrol. España.

(2) Universidad de Santiago de Compostela. Escuela Politécnica Superior. Campus Universitario s/n, 27002 Lugo. España.

(3) Universidad de A Coruña. Escuela Técnica Superior de Náutica e Máquinas. Paseo de Ronda 51, 15011 A Coruña. España.

RESUMEN

Reparaciones realizadas durante la navegación, en estancias en puerto o en reparaciones en astilleros, provocan situaciones importantes de riesgo de incendio, que en muchas ocasiones ocasionan enormes daños a las tripulaciones, al buque y al medio ambiente marino.

Las causas principales se encuentran en el desconocimiento de los riesgos, la inexistencia de procedimientos de actuación, la falta de adiestramiento en las técnicas de extinción y la ineficacia de ciertos medios de extinción para abordar incendios de rápida evolución.

En este trabajo se realizará un análisis de las causas de incendio en la cámara de máquinas del buque y se aportarán soluciones prácticas para la realización segura de los trabajos habituales con riesgo de incendio.

PALABRAS CLAVE

SEGURIDAD

INCENDIOS

BUQUES

FORMACIÓN

1. Introducción.

Los combustibles existentes en la cámara de máquinas de un buque, se caracterizan por su elevada temperatura de ignición con respecto a la máxima temperatura ambiente que pueden alcanzar estos lugares.

La realización de trabajos peligrosos de corte y soldadura en presencia de combustibles, son causa de riesgo importante de incendio, debido a la coincidencia en el espacio y en el tiempo de los factores de incendio: combustible, comburente y un foco de ignición.

La formación de las tripulaciones o trabajadores externos al buque, es fundamental para que no se produzca el incendio, pero si así ocurriese, su comportamiento en la extinción, marcará la diferencia entre un conato de incendio y una reacción en cadena, que significará un auténtico desastre para el buque, los propios trabajadores e incluso, para el medio ambiente marino.

2. Tipología de combustibles en la cámara de máquinas.

Mediante la destilación fraccionada del petróleo crudo, se obtienen los aceites combustibles (fuel oils), mezclas de hidrocarburos alifáticos y aromáticos, en cuya composición aparecen moléculas de más de veinte átomos de carbono, con pequeñas cantidades de nitrógeno, azufre y otros elementos. De las fracciones más pesadas del petróleo, se obtienen los aceites lubricantes.

La Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) [9], identifica los aceites combustibles (fuel oils) por su número CAS, número único de acceso asignado por el Chemical Abstracts Service, una división de la American Chemical Society (ACS) y por sus sinónimos más habituales, que figuran en la tabla 1. Otras clasificaciones y datos, pueden consultarse en [1], [2], [3], [6], [7] y [8].

Chemical Name	Fuel oil n° 1	Fuel oil n° 1-D	Fuel oil n° 2	Fuel oil n° 2-D	Fuel oil n° 4	Fuel oil UNSP
CAS registry	8008-20-6 70892-10-3	No CAS number	68476-30-2	68476-34-6	68476-31-3	No data
Synonym(s)	Kerosene; Straight-run kerosene; Kerosine; Range oil; JP-5 (jet fuel)	Diesel fuel; Diesel fuel oil n° 1	Home heating oil; Gas oil; n° 2 burner oil	Diesel oil n° 2; Diesel fuel oil n° 2; Diesel fuel n°2;	Diesel fuel oil n° 4; Heavy residual fuel oil; Marine diesel fuel; Residual fuel oil n° 4	Which is not referred to by any synonyms
Flash Point	35-63°C		>52°C	52°C	>60 °C	
Autoignition Temperature	220°C		260°C	254-285°C	>220 °C.	
Lower Explosive Limit-Upper Explosive Limit	0,6-8		0,3-10	0,6 - 6,5	1-6	

Tabla 1. Identificación de los Fuel Oils (ATSDR)

Los fuel oils y los aceites lubricantes en la cámara de máquinas, están almacenados en depósitos, en proceso de purificación, circulando por tuberías, consumiéndose o derramados en algún sitio debido a cualquier circunstancia anómala.

Estos productos solo entrarán en ignición en fase vapor y debido a que tienen un punto de ignición muy alto, a temperatura ambiente no emitirán vapores inflamables. Por lo tanto, desde el punto de vista de la química del incendio, serán potenciales combustibles, pero no en circunstancias normales de funcionamiento de la cámara de máquinas.

3. La química del incendio y su prevención.

Para que un combustible emita fracciones volátiles, tendrá que estar expuestos a un foco de ignición (mecánico, eléctrico, térmico), capaz de elevar su temperatura hasta la temperatura de ignición, es decir, hasta la mínima temperatura a la cual ese combustible emite fracciones volátiles o vapores.

Aunque un combustible emita vapores inflamables, no existirá riesgo de ignición, si su concentración no alcanza un valor entre el límite inferior de inflamabilidad (L.I.I.) y el límite superior de inflamabilidad (L.S.I.). El primero de ellos representa la mínima concentración de combustible en aire a partir de la cual puede producirse la ignición de la

mezcla combustible-comburente. El segundo representa el límite superior a partir del cual no es posible la ignición [5].

Pero aunque exista una atmósfera entre el límite inferior y superior de inflamabilidad, no se podría producir tampoco la ignición, si dicha mezcla no alcanza la temperatura de auto ignición, mínima temperatura a partir de la cual, una mezcla entre el límite inferior y superior de inflamabilidad, sería capaz de entrar en ignición. Para los productos de la tabla, esta temperatura está entre 220 y 285 °C, temperatura que puede ser aportada por llamas, sopletes, procesos de soldadura, cortocircuitos y algunas partes de la maquinaria principal y auxiliar.

Conocida la química del incendio, las medidas preventivas deberán incidir sobre una o varias de estas condiciones, dado que la ausencia de una de ellas elimina la posibilidad de que se produzca la ignición. Muchas de estas medidas son tomadas en la fase de diseño, contribuyendo a la seguridad intrínseca del buque. Otras tendrán que ser tomadas durante el servicio normal del buque, y sobre todo, durante las reparaciones.

A efectos de prevención de incendios, en la cámara de máquinas se pueden realizar dos tipos de trabajos: los trabajos en frío y los trabajos en caliente, cada uno de ellos con sus procedimientos de trabajo, en los que se incluyen medidas de prevención de incendios.

A pesar de todo, a veces fracasan las medidas preventivas y no queda otro remedio que actuar con medios de protección, fijos o móviles, para que el incendio no se propague y si lo hace, que las lesiones a personas, instalaciones y equipos, sean los menores posibles. Son actuaciones preventivas sobre el combustible, el comburente u oxígeno del aire, el foco de ignición y/o la reacción en cadena.

La mayor eficacia en la extinción, se consigue con instalaciones fijas de agua nebulizada, rociadores automáticos o agentes gaseosos, que deberían funcionar según las condiciones de diseño, siempre y cuando su mantenimiento sea correcto. Para el manejo de los medios portátiles de extinción, es fundamental el buen entrenamiento del personal de cámara de máquinas, dado que su rápida intervención, puede ser fundamental para evitar la propagación del incendio.

4. Tipos de trabajos con riesgo de incendio en cámara de máquinas.

Las tripulaciones de los buques realizan durante la navegación numerosos trabajos de mantenimiento y reparación en cámara de máquinas. Aunque algunos no tienen demasiada trascendencia, otros resultan sumamente peligrosos y totalmente desaconsejables para los medios existentes a bordo y para la formación de los trabajadores, como son aquellos trabajos en caliente, de soldadura, corte con soplete u otros, en zonas y espacios con presencia de líquidos combustibles.

Nuestra experiencia en cientos de reparaciones en un gran astillero, nos permite analizar ciertas situaciones de riesgo de incendio y recomendar que su ejecución sea realizada por trabajadores expertos y siguiendo procedimientos de trabajo estudiados y experimentados con anterioridad en un astillero de reparaciones. Otros trabajos resultarán imposibles de realizar por las tripulaciones.

La situación de mayor riesgo se produce cuando coinciden tripulaciones y numerosos trabajadores del astillero en la cámara de máquinas, realizando trabajos distintos, sin coordinación entre ellos y con presencia de productos combustibles derramados, procedentes de diversos desmontajes. En esta situación cualquier incendio en la cámara de máquinas, puede resultar mortal para algún trabajador.

Como medidas generales de protección contra incendios durante las reparaciones en la cámara de máquinas, indicamos las siguientes: en todos los niveles de la cámara de máquinas, deberán instalarse en cada costado a proa y popa, dos extintores de polvo BC (para fuegos de líquidos y gases) de 12 kilogramos y eficacia extintora 233 B [4]. Además en los techos de sentina y en la plataforma de acceso a cámara de máquinas, se instalará en cada costado y permanentemente presurizada, una manguera de agua de 45 milímetros, con lanza de triple efecto y con una presión dinámica de al menos 5 bares en punta de lanza, para su uso inmediato en caso de incendio.

4.1. Trabajos en tanques con líquidos inflamables o combustibles.

Como norma general, se podrán realizar **trabajos en frío** en el exterior de un tanque de cualquier tipo de fuel oil o aceite lubricante.

La realizar **trabajos en caliente**, como soldadura de poros, pequeñas grietas o soldadura de un doble forro por el exterior del tanque, en tanques de fuel oils del tipo fuel oil n° 2, fuel oil n° 2-D, fuel oil n° 4 y de aceites lubricantes, nuestra amplia experiencia en la reparación de buques, nos permite decir que no es necesario vaciar los tanques, aunque hay que procurar que el punto de trabajo no coincida con la superficie del líquido y para ello una de las medidas preventivas a tomar es llenar todavía más el tanque, para que la temperatura producida por el foco de ignición se disipe en gran parte a través de la masa líquida, de tal modo que no llegue a su punto de inflamación.

En particular, es imprescindible seguir las siguientes actuaciones preventivas:

- Conocer las características físicas del producto existente en el tanque, especialmente su punto de inflamación y su temperatura de autoencendido.
- Comprobar con explosímetro, introduciendo su manguera con boya de protección por el atmosférico del tanque, previo desmontaje de su protección, que la concentración combustible-comburente en aire en el interior del tanque, no pasa del 0% del L.I.I.
- Conocer las características de los focos de ignición que nos orientan sobre la temperatura, extensión y duración de la energía aportada.
- Controlar constantemente durante todo el proceso de soldadura, la atmósfera del tanque mediante un explosímetro, para asegurar que la concentración de combustible-comburente no pasa del 0% de L.I.I.
- Mantener ventilación en el tanque, siendo la forma más efectiva, introduciendo una manguera de aire a presión por el atmosférico del tanque.
- Puede interesar un control de la temperatura de la zona de trabajo, que nos permita conocer la evolución de temperaturas y saber si la temperatura del líquido supera la temperatura de ebullición del mismo.
- Las soldaduras de tramos largos deberán realizarse con paradas intermitentes, para que no haya gran elevación de temperatura en la zona y pueda ser disipada a través de la masa del combustible.

Si las mediciones realizadas con el explosímetro, no dan 0 % del L.I.I., habrá que ventilar el tanque hasta que de este valor, ventilación que podrá realizarse, introduciendo una manguera

de aire comprimido por el interior del atmosférico del tanque, previo desmontaje de su protección.

Otra solución alternativa a la ventilación, es la inertización de la superficie libre del tanque con nitrógeno o anhídrido carbónico. Esta solución requiere instalar en la boca del atmosférico una conexión de obra que permita conectar la manguera del gas inerte y la comprobación de las condiciones de inertización y su mantenimiento.

Para combustibles del tipo Fuel oil nº 1, nuestra experiencia aconseja vaciar los tanque y seguir el procedimiento que se describirá en el apartado 4.2.

4.2. Trabajos en tanques vacíos, con residuos de líquidos inflamables o combustibles.

En algún momento de la vida de un buque, será necesario realizar trabajos en el interior de los tanques de fuel-oil y aceites combustibles de la cámara de máquinas. Estos trabajos requieren experiencia y aparatos de comprobación de atmósferas tóxicas por hidrocarburos, presencia de oxígeno en cantidad suficiente y un explosímetro. Son trabajos que deben realizarse en un astillero y controlados por trabajadores cualificados en la prevención de riesgos laborales.

En estos tanques, aunque en un momento determinado no tengan una atmósfera inflamable, existe un riesgo potencial de incendio debido a los residuos que impregnan sus chapas, a los lodos que siempre habrá en su fondo y hasta en los combustibles que puedan haber penetrado en el interior de los serpentines de calefacción deteriorados. El riesgo comenzará cuando la temperatura en alguna de estas partes, alcance la temperatura de ignición y comiencen a emitirse vapores inflamables. Esto ocurrirá cuando se realicen limpiezas con vapor, cortes de los serpentines de calefacción, o soldaduras.

No hay problema en la realización de trabajos en frío en el interior del tanque y áreas peligrosas alrededor del mismo, siempre y cuando la atmósfera del tanque no sea peligrosa por insalubridad (oxígeno por encima del 18 % y no tóxica) o se utilicen equipos autónomos o semiautónomos y que la concentración combustible-comburente sea inferior al 15% de L.I.I... Los valores de salubridad e inflamabilidad deberán ser medidos y en caso de que los resultados no sean positivos, habrá que utilizar ventilación por dilución mediante manguera

de aire o ventilador con protección antiexplosiva, hasta alcanzar los valores de salubridad y no inflamabilidad.

En el interior del tanque o zonas adyacentes a las aberturas del mismo, no se permiten los trabajos en caliente, a no ser que se limpie de residuos todo el tanque, o bien un área suficientemente grande alrededor del punto de trabajo, que determinará un experto en prevención de riesgos laborales con experiencia en estos trabajos, además de tomar otras medidas complementarias de actuación sobre el combustible, el comburente y/o la energía de activación.

La mejor actuación complementaria, consiste en la separación del combustible y el comburente: inundando con agua el fondo del tanque para que se apaguen las chispas que puedan caer desde el punto de trabajo; cubriendo el fondo del tanque con espuma contra incendios de media expansión o espuma formadora de película acuosa.

Siempre hay que tener presente, la posibilidad de que se produzca un incendio, en cuyo caso tendremos que actuar cuanto antes sobre la reacción en cadena para que el fuego no progrese y se traslade a otras zonas de la cámara de máquinas. Estos trabajos de gran riesgo, justifican la presencia de un bombero en las inmediaciones del trabajo, dotado con los medios necesarios para extinguir el incendio, como pueden ser extintores de polvo BC (líquidos y gases), lanza de agua de triple efecto. Esta misma lanza de agua de triple efecto puede utilizarse con dosificador de espumógeno, para formar espuma de película acuosa. Tiene la ventaja sobre las lanzas para generación de espuma de media expansión, de alcanzar zonas más distantes y de fluir este tipo de espuma muy bien hacia zonas que no se pueden alcanzar con chorro directo.

No hay que olvidar el control de las condiciones ambientales: manteniendo ventilación forzada del tanque mediante mangueras de aire y ventiladores neumáticos axiales preferentemente y comprobando que la concentración de la atmósfera combustible comburente no pasa del 0% del L.I.I.

4.3. Trabajos en tanques sin líquidos ni residuos inflamables o combustibles

Este es el caso ideal de tanque y podrán realizarse trabajos en frío o en caliente en cualquier área del tanque o su exterior, siempre y cuando se compruebe previamente que la atmósfera del tanque es salubre, no inflamable y que esta condición se mantiene a las 6 horas de la primera comprobación.

4.4. Trabajos en las zonas cercanas a la sentina.

Una reparación importante en la cámara de máquinas, implica la presencia de muchos trabajadores a distintos niveles y muchos y variados desmontajes y operaciones. Hemos visto y sufrido reparaciones de buques, con abundantes restos de aceites combustibles y lubricantes en las sentinas, sobre los techos, escaleras y plataformas. Cualquier corte con soplete o soldadura, será suficiente para que tengamos un pequeño incendio, que si no es apagado inmediatamente con los medios generales que hemos indicado al principio del apartado 4, evolucionará rápidamente con gran producción de calor, humos y productos tóxicos.

En estos casos, la rapidez en la extinción evitará males mayores, pero para ello los trabajadores deberán estar formados y adiestrados en las técnicas de extinción. De otra forma, escapan inmediatamente de la cámara de máquinas, el incendio se convertirá en algo de difícil control y las pérdidas materiales serán muy grandes.

5.- Conclusiones

Durante la vida útil de un buque, se realizan continuos trabajos de mantenimiento y reparación en la cámara de máquinas. Su nivel de dificultad es variable. Unos son triviales, pero otros presentan un nivel de peligrosidad importante.

Los trabajos de soldadura, corte oxiacetilénico o uso de una revarbadora, en estos espacios en los que pueden existir restos de aceites combustibles y lubricantes, deben de considerarse como de la máxima peligrosidad, por su riesgo de incendio.

En particular, los trabajos que afectan a los tanques de aceites combustibles y lubricantes, tanto si es en su exterior como en su interior, deberán considerarse trabajos del más alto

riesgo de incendio y deberán realizarse por personal especialmente adiestrado y con procedimientos de trabajo experimentados. No deben ser realizados por las tripulaciones de los buques, si no en un astillero de reparaciones.

Los incendios de líquidos combustibles tienen una evolución muy rápida en el espacio y en el tiempo. Esta característica hace necesaria una buena formación de las tripulaciones, para controlar con medios de extinción manuales cualquier incendio en su fase inicial.

Las instalaciones fijas de extinción de incendio de cámara de máquinas, pueden ser de gases inertes o químicos, de agua o de espuma. Lo que no ocurre nunca puede ocurrir dos veces seguidas, por lo que recomendamos sistemas de extinción que puedan estar operativos de nuevo en un tiempo mínimo. Este requisito solo lo cumple un sistema de agua nebulizada, con depósito de almacenamiento de agua y presurización por bomba.

En numerosa bibliografía, no es bien considerada el agua pulverizada para la extinción de incendios de líquidos combustibles e inflamables. Nuestra experiencia en la extinción de numerosos incendios de buques en reparación, demuestran lo contrario. Una lanza de triple efecto, alimentada con manguera de 45 milímetros de diámetro, con 5 bares en punta de lanza, es capaz de suministrar 200 litros por minuto de agua pulverizada, durante el tiempo necesario, solo superada por bocas de incendio equipadas de agua nebulizada, que hoy por hoy representan el último grito en la eficacia extintora en extinciones directas.

Las sentinas de cámara de máquinas, presentan una dificultad añadida al ataque al fuego, por ser obstáculos reales interpuestos entre el fuego y el agua proyectada. Esta dificultad hace que la espuma formadora de película acuosa, proyectada con lanza de triple efecto, adquiera un gran protagonismo, al ir cubriendo sin pausa toda la superficie de los combustibles presentes en la sentina y realizando la extinción por separación del combustible y el oxígeno del aire y por refrigeración.

6.- Bibliografía

1. ASTM D 975-10c, Standard Specification for Diesel Fuel Oils. American Society for Testing and Materials. Philadelphia, PA.

2. ASTM D 2155, auto ignición Temperature of Liquid Petroleum Products. American Society for Testing and Materials. Philadelphia, PA.
3. Concawe-European Organization for Environment, Health and Safety. www.concawe.be
4. EN 3-7:2004+A1:2008. Portable fire extinguishers. Characteristics, performance requirements and test method.
5. International Chamber of Shipping Oil Companies International Marine Forum. International Association of Ports and Harbors. International Safety Guide for Oil Tankers & Terminals. ISBN 0-948691-34-6. London.
6. International Chemical Safety Cards" (ICSC). International Programme on Chemical Safety (IPCS).
7. National Fire Protection Association. Code 321 Standard on Basic Classification of Fammable and Combustible Liquids.
8. Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and the Council of 18 December 2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH), establishing a European Chemicals Agency, amending Directive 1999/45/EC and repealing Council Regulation (EEC) No 793/93 and Commission Regulation (EC) No 1488/94 as well as Council Directive 76/769/EEC and Commission Directives 91/155/EEC, 93/67/EEC, 93/105/EC and 2000/21/EC ([OJ L 396, 30.12.2006](#))
9. U.S. Department of Health and Human Services. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). www.atsdr.cdc.gov/es