



Informe técnico S-38/2013

Incendio y pérdida de propulsión del buque OPDR ANDALUCIA a 200 millas al nordeste de Lanzarote, el 17 de enero de 2013

ADVERTENCIA

Este informe ha sido elaborado por la Comisión Permanente de Investigación de Accidentes e Incidentes Marítimos, CIAIM, regulada por el artículo 265 del texto refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante aprobado por Real Decreto Legislativo 2/2011, de 5 de septiembre, y por el Real Decreto 800/2011, de 10 de junio. Sus funciones son:

1. Realizar las investigaciones e informes técnicos de todos los accidentes marítimos muy graves, para determinar las causas técnicas que los produjeron y formular recomendaciones al objeto de tomar las medidas necesarias para evitarlos en el futuro.
2. Realizar la investigación técnica de los accidentes graves y de los incidentes marítimos cuando se puedan obtener enseñanzas para la seguridad marítima y prevención de la contaminación marina procedente de buques, y elaborar informes técnicos y recomendaciones sobre los mismos.

De acuerdo con el Real Decreto 800/2011, las investigaciones no perseguirán la determinación de responsabilidad, ni la atribución de culpa. No obstante, la CIAIM informará acerca de las causas del accidente o incidente marítimo aunque de sus resultados pueda inferirse determinada culpa o responsabilidad de personas físicas o jurídicas. La elaboración del informe técnico no prejuzgará en ningún caso la decisión que pueda recaer en vía judicial, no perseguirá la evaluación de responsabilidades, ni la determinación de culpabilidades.

La investigación recogida en este informe ha sido efectuada sin otro objeto fundamental que determinar las causas técnicas que pudieran haber producido los accidentes e incidentes marítimos y formular recomendaciones al objeto de mejorar la seguridad marítima y la prevención de la contaminación por los buques para reducir con ello el riesgo de accidentes marítimos futuros.

Por tanto, el uso de los resultados de la investigación con una finalidad distinta que la descrita queda condicionada, en todo caso, a las premisas anteriormente expresadas, por lo que no debe prejuzgar los resultados obtenidos de cualquier otro expediente que, en relación con el accidente o incidente, pueda ser incoado con arreglo a lo previsto en la legislación vigente.

El uso que se haga de este informe para cualquier propósito distinto al de la prevención de futuros accidentes puede derivar en conclusiones e interpretaciones erróneas.



DESCRIPCIÓN DETALLADA

El relato de los acontecimientos se ha elaborado a partir de las declaraciones de los testigos y de otros documentos. Las horas a lo largo del informe se refieren a la hora oficial de España.



Figura 1. Localización del accidente

Cronología de los hechos

A las 11:54 horas del 16 de enero de 2013, el buque mercante (B/M) OPDR ANDALUCIA salió del puerto de Arrecife (Lanzarote) rumbo a Sevilla con 16 tripulantes a bordo.

Durante la madrugada del día 17 de enero navegaba a una velocidad aproximada de 14 nudos. En el puente se hallaba de guardia el segundo oficial de puente y un marinero. La sala de máquinas no iba tripulada al estar certificada como "sala de máquinas sin dotación permanente". La instalación propulsora funcionaba en modo automático, con el sistema de control remoto desde el puente.

A las 01:47 horas, hallándose el barco a unas 210 millas al nordeste de Arrecife, se activó en el puente de gobierno la alarma por alta temperatura de gases de exhaustación del motor, que activó el protocolo de reducción de potencia del motor principal, y a su vez la desconexión del generador de cola, provocando la caída de la planta eléctrica del barco, al estar el generador de cola engranado a la reductora de la línea de ejes.

De manera automática, entró en funcionamiento uno de los grupos electrógenos de a bordo para suplir el suministro de energía, con lo que quedó restablecido el servicio eléctrico. A esa alarma le sucedieron otras, hasta que al cabo de unos instantes se activó en el puente la alarma por incendio en la sala de máquinas.

El segundo oficial de puente, a la vez que iba reconociendo las sucesivas alarmas que iban apareciendo en la consola de control, envió al marinero a la zona de popa, donde se hallaba la sala de máquinas para comprobar lo que sucedía. Entretanto, el capitán entró en el puente y se hizo cargo de la guardia. Simultáneamente el primer oficial de máquinas bajó a la sala de control de máquinas y llamó al puente solicitando que le pasaran el control para parar el motor propulsor.

A la 01:50 horas, el marinero comunicó al puente que había fuego y humo en la zona de máquinas.

A partir de ese momento se tomaron a bordo las siguientes acciones encaminadas a luchar contra el incendio:

- Se organizó una brigada de bomberos equipada para inspeccionar el incendio.
- La brigada de bomberos inspeccionó la zona y comunicó la dificultad de atacar el fuego, recomendando el uso del sistema fijo de extinción de incendios por CO₂.
- El capitán se cercioró de que no había ninguna persona en la sala de máquinas y ordenó el disparo del sistema fijo de extinción de incendios por CO₂.

A las 02:15 horas el capitán estableció contacto con el Centro de Coordinación de Salvamento (CCS) de Cádiz vía Inmarsat, informando de la emergencia.



A las 02:44 horas dos tripulantes equipados con equipos de respiración autónoma comprobaron que no se apreciaba fuego en la sala de máquinas. A las 02:50 horas el incendio se declaró extinguido.

En la inspección posterior se comprobó que diversos componentes del sistema de propulsión habían quedado destruidos por el fuego, entre ellos el módulo de control del motor propulsor y el cuadro eléctrico de las bombas del sistema de regulación de paso de la hélice.

Durante el reconocimiento de la sala de máquinas, al extraer las carcasas de protección del motor en la zona de culatas, se advirtió que la bomba de inyección de combustible del cilindro A-4 del motor propulsor tenía rotos todos los pernos de fijación de la tapa superior.

El armador del buque contrató un remolcador para asistir al buque. El día 18 de enero a las 12:50 horas, el remolcador VB ARTICO hacía firme su remolque al B/M OPDR ANDALUCIA, a unas 270 millas al nordeste de Arrecife. A partir de ese momento, el OPDR ANDALUCIA prosiguió su viaje remolcado a una velocidad aproximada de 7 nudos, hasta llegar al puerto de Cádiz el día 21 de enero a las 13:00 horas.

* * *



DATOS OBJETIVOS



Figura 2. B/M OPDR ANDALUCIA

Tabla 1. Características principales del buque

Nombre del buque	OPDR ANDALUCIA
País de bandera	España
Tipo	Mixto de carga rodada y contenedores
Nº IMO	9331206
Puerto de matrícula	Santa Cruz de Tenerife
Armador	OPDR Canarias S.A.
Lugar de construcción	Fujian Mawei Shipbuilding Ltd (Fuzhou)
País de construcción	China
Año de construcción	2006
Material del casco	Acero
Eslora total	145,0 m
Eslora entre perpendiculares	136,7 m
Manga	22,0 m
Puntal	13,9 m
Peso muerto	7300 t
Capacidad nominal de contenedores	500 TEU
Arqueo bruto (GT)	11197
Propulsión	Motor diésel MAK 12VM32
Potencia máxima	6000 kW a 750 rpm
Dotación mínima de seguridad	14 tripulantes

Pormenores del viaje

Tabla 2. Pormenores del viaje

Puerto de salida	Las Palmas
Puertos de escala	Arrecife



Puerto de llegada	Sevilla
Tipo de viaje	Línea regular entre las Islas Canarias y la Península
Carga	Rodada y contenedores
Dotación	14 tripulantes más 2 alumnos en prácticas. Todos los tripulantes disponían de las titulaciones y certificados de especialidad necesarios para el desempeño de sus funciones
Certificados	El buque disponía de los certificados estatutarios en vigor

Información relativa al accidente marítimo

Tabla 3. Información relativa al accidente marítimo

Tipo de accidente	Incendio	
Clasificación	Accidente grave	
Fecha	17 de enero de 2013	
Hora	01:47 hora local	
Localización del accidente	31° 45,0' N; 011° 00,2' W	
Entorno exterior	Viento	NNE con fuerza Beaufort 4 (11 a 16 nudos)
	Estado de la mar	Marejada
	Visibilidad	Buena
Entorno interior	No aplicable	
Operación del buque	En navegación	
Lugar a bordo	Sala de máquinas	
Factores humanos	Ninguno	
Consecuencias	Daños importantes en el sistema propulsor, equipos eléctricos y aparellaje	

Intervención de las autoridades en tierra y reacción de los servicios de emergencia

Tabla 4. Intervención de las autoridades en tierra y reacción de los servicios de emergencia

Organismos intervinientes	SASEMAR
Medios utilizados	No fue necesario movilizar medios de salvamento
Rapidez de reacción	Inmediata
Medidas adoptadas	Ninguna
Resultados obtenidos	No aplicable

* * *



ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

Origen del incendio

La causa más probable del incendio sufrido a bordo es la rotura de los pernos de sujeción de la tapa de la bomba de combustible del cilindro A-4, que causó una pérdida de combustible entre el cuerpo de la bomba y su tapa. Dicho combustible ardió al alcanzar zonas calientes del motor, originando el incendio en la sala de máquinas.



Figura 3. Aspecto de la bomba de inyección de combustible del cilindro A-4 tras el incendio

Bomba de combustible

El B/M OPDR ANDALUCIA, está propulsado por un motor diésel, modelo MAK 12VM32C, de 12 cilindros dispuestos en V, que desarrolla una potencia máxima de 6000 kW a 750 rpm.

El motor propulsor opera normalmente con combustible pesado, del tipo IFO 380, de densidad 0,988 kg/l y con un punto de inflamación >60°C. Su consumo específico de combustible es de 190,6 g/kWh a un régimen de carga del 100%.

El combustible es tratado en separadoras centrífugas para extraerle el agua y los sólidos disueltos. Posteriormente es precalentado a una temperatura de entre 140 y 145°C para obtener una viscosidad de entre 10 y 12 cSt que le permita ser pulverizado convenientemente en el momento de ser inyectado en los cilindros a una presión en torno a 450 bar.



La bomba de inyección de combustible es del modelo PEO G058A. Posee un diámetro de pistón de 28 mm y una carrera sin carga de 6 mm.

La bomba de inyección que originó el accidente, cuyo número de referencia es 512740, había sido desmontada del cilindro A-1 con 7166 horas de funcionamiento desde su última revisión. Tras ser revisada en un taller autorizado fue devuelta al barco el día 4 de enero de 2013, donde fue nuevamente montada en el cilindro A-4 el mismo día.

Pernos de la bomba de combustible

La tapa de la bomba de combustible está fijada al cuerpo y al cilindro de la bomba mediante seis pernos de rosca métrica M10 y seis pernos de rosca métrica M12 respectivamente. Durante el accidente se rompieron los seis pernos de rosca métrica M10 que fijaban la tapa al cuerpo de la bomba (Figuras 3 y 4). Los pernos rotos tenían estampada la marca "FKE 12.9" en la cabeza.

FKE son las siglas del fabricante del perno, la compañía Fwu Kuang Enterprise Co LTD, con base en Taiwán, dedicada a la fabricación de maquinaria y pernos. La marca 12.9 es el código de resistencia mecánica del perno según la norma ISO 898-1 (Características mecánicas de los elementos de fijación de acero al carbono y acero aleado. Parte 1: Pernos, tornillos y bulones con clases de calidad especificadas. Rosca de paso grueso y rosca de paso fino). Los pernos de clase 12.9 tienen una resistencia a la rotura de 1200 N/mm² y un límite elástico del 90% de su resistencia a la rotura, es decir, 1080 N/mm².

Rotura de los pernos de la bomba de combustible

Los seis pernos rotos de la tapa de la bomba de combustible fueron analizados en un laboratorio de *Materials and Failure Analysis* de la compañía *Germanischer Lloyd Prüflabor GmbH* en Hamburgo. Junto con los seis pernos rotos se analizaron también los pernos de rosca métrica M10 y M12 de la bomba de combustible del cilindro A-6 así como tres pernos nuevos de cada tipo.

La investigación proporcionó información sobre el mecanismo de fractura, la microestructura y las propiedades mecánicas de los pernos rotos. De este análisis se desprende lo siguiente:

- Cinco de los seis pernos resultaron fracturados directamente bajo la cabeza. En el sexto perno la fractura se localiza en el tercio superior de la zona roscada.
- Los pernos 1 a 5 de la unidad A-4 se rompieron sin elongación. Los planos de fractura se sitúan justo debajo de las cabezas.
- Los seis pernos rotos presentaban una grieta intergranular circunferencial justo debajo de las cabezas. Dicha grieta no se encontró en los pernos de rosca métrica M10 del cilindro A-6 ni en los pernos nuevos.
- Esta grieta circunferencial es atribuible a un proceso de fragilización por hidrógeno de los pernos.
- El perno 3 presentaba una zona fracturada por fatiga, comenzando por la grieta intergranular. Salvo por ello, todos los pernos fallaron por un mecanismo de fractura forzada. El porcentaje de superficie de fractura afectado por fractura dúctil asciende a 100% (perno 6), 87% (pernos 1,2,4 y 5) y 75% (perno 3).
- El gran porcentaje de superficie afectada por fractura forzada dúctil en el perno 3 así como en el resto de pernos rotos evidencia que el mecanismo de fatiga fue interrumpido por un evento súbito de alta tensión aplicada sobre los pernos. El mecanismo de fatiga se detuvo, interrumpido por la fractura forzada de los pernos.

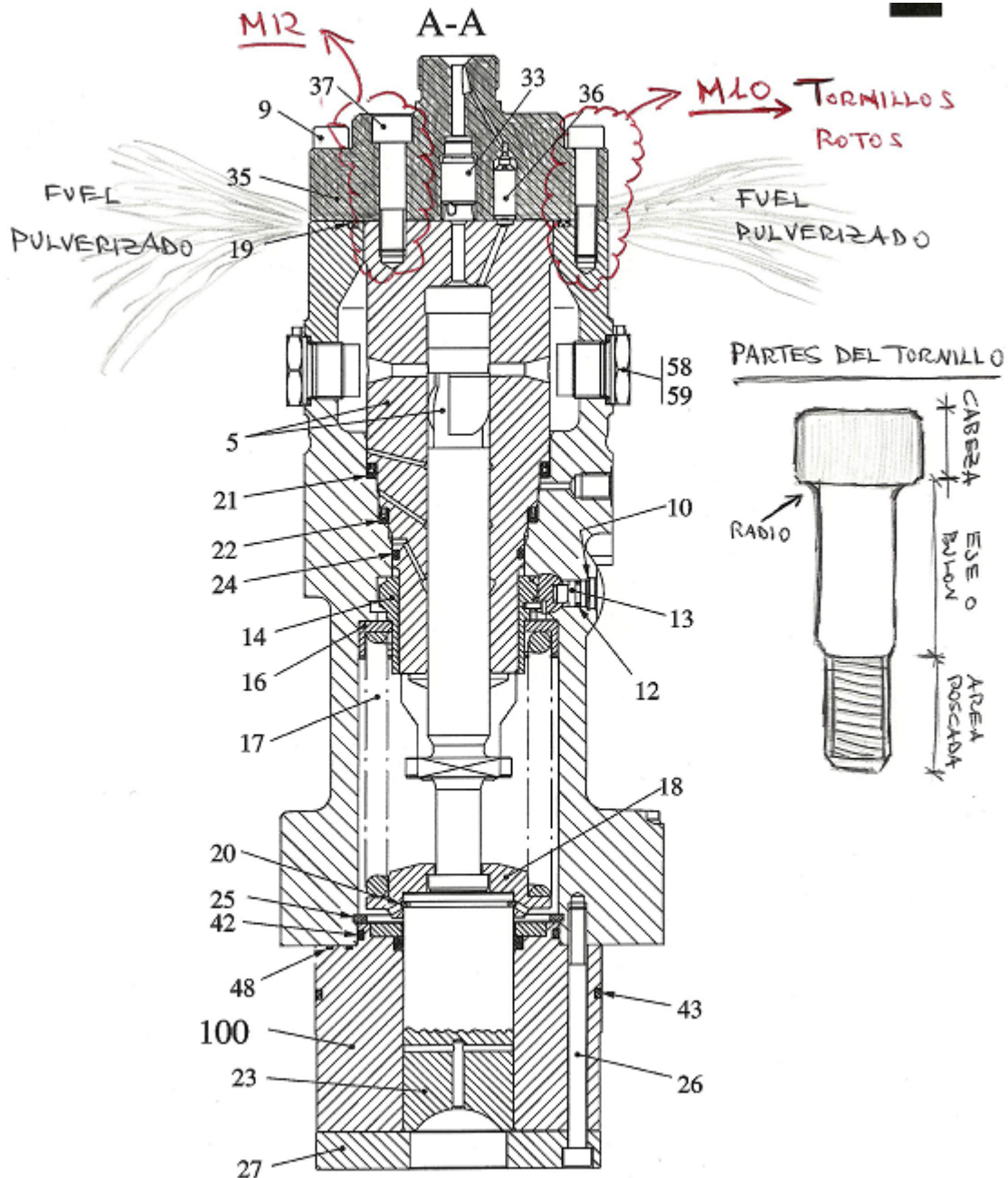


Figura 4. Esquema de la bomba de combustible, con anotaciones manuscritas

Todos los pernos rotos presentaban una grieta intergranular circunferencial bajo la cabeza, originada por un fenómeno de fragilización por hidrógeno. Según el laboratorio, los pernos habían sido sometidos a un proceso de fosfatado para protegerlos contra la corrosión. Algunos autores han relacionado la fragilización por hidrógeno en pernos con defectos en su procedimiento de fabricación y concretamente en los tratamientos de protección contra la corrosión, incluyendo el galvanizado y el fosfatado. También se relaciona con la dureza del perno: la probabilidad de sufrir fragilización por hidrógeno aumenta con la dureza, estimando que en pernos con dureza Vickers superior a HV 390 es



preciso extremar el control del proceso de su fabricación para minimizar el riesgo de aparición de dicho fenómeno. Según el laboratorio que analizó los pernos rotos, todos presentaban valores de dureza similares, en el entorno de HV 470, dentro del rango de dureza exigible a los pernos de clase 12.9. Para reducir la probabilidad de fragilización por hidrógeno se recomienda un tratamiento térmico final para eliminar el hidrógeno absorbido durante la fabricación (ver norma SAE AMS 2759/9).

Visto lo anterior, no se puede descartar que la rotura de los pernos fuera debida a un deficiente proceso de fabricación. La secuencia de acontecimientos sería la siguiente:

- Todos los pernos de rosca métrica M10 de la bomba inyectora del cilindro A-4 presentaban fragilización por hidrógeno a causa de un deficiente proceso de fabricación.
- Al ser instalados estos nuevos pernos defectuosos en la bomba de inyección, las cargas operativas normales pudieron iniciar una grieta intergranular bajo sus cabezas.
- Esta grieta daría lugar a fractura por fatiga, iniciada en la grieta.
- Se rompió un primer perno. Según el informe del laboratorio, se produjo un evento súbito de alta tensión aplicada sobre los pernos que causó su rotura por fractura forzada dúctil. Tras el accidente se revisó la bomba de combustible sin encontrar otros defectos, lo que induce a pensar que las cargas operativas pudieron haber sido suficientemente elevadas para causar la fractura del primer perno, ya debilitado a causa de las fracturas por fatiga.
- Tras la rotura del primer perno se produjo una pérdida de simetría axial en las fuerzas actuantes sobre la tapa de la bomba, que causó que las cabezas de los pernos trabajasen de forma desequilibrada.
- Simultáneamente, se produjo un incremento de tensión sobre los cinco pernos restantes, al tener que soportar la misma fuerza que antes era aguantada por seis pernos.
- Como consecuencia de estas circunstancias, los cinco pernos, que estaban debilitados por sendas grietas circunferenciales bajo sus respectivas cabezas, se rompieron rápidamente en cascada.

Según algunas fuentes consultadas, esta secuencia de rotura (rotura de un perno por la rosca y rotura en cascada del resto de pernos) es un tipo habitual de fallo en sistemas similares.

Inicio del fuego

La pérdida de combustible se produjo en la parte de baja presión del sistema de combustible del motor. Se estima que la presión del combustible sería suficiente para que éste saliera proyectado en todas direcciones, alcanzando alguna zona caliente del motor.

La CIAIM ha consultado a la empresa representante del fabricante del motor en España el posible origen del fuego. Esta empresa proporciona servicios de mantenimiento a estos motores. En opinión de la empresa, después de analizar la información disponible y reconocer el motor, el incendio pudo originarse al proyectarse combustible sobre la válvula de purga del cilindro nº4, ya que esta válvula es un elemento caliente con capacidad para inflamar el combustible proyectado, que debe ser protegida con su correspondiente tapa. Según fotografías tomadas por técnicos de esa empresa, dicha válvula de purga no tenía colocada su tapa de protección (Figura 5).

De acuerdo con la opinión de esta empresa, la falta de colocación de las tapas de protección de las válvulas de purga está bastante generalizada, con el correspondiente riesgo de incendio.



Figura 5. Fotografía del motor, tras el incendio, donde se aprecia la falta de las tapas de protección de las válvulas de purga en varios cilindros

Conclusiones

El incendio a bordo del B/M OPDR ANDALUCIA fue causado por la rotura de los pernos de la bomba de inyección del cilindro A-4 del motor principal, causada posiblemente por un defecto de fabricación de dichos pernos. La proyección de combustible sobre zonas calientes del motor originó su combustión y provocó el incendio.

* * *



RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD

Al fabricante del motor principal MAK:

1. Que revise la idoneidad de los pernos de clase 12.9 para su uso en la bomba de combustible del motor.

A la empresa representante en España del fabricante del motor:

2. Que recuerde a los usuarios de este modelo de motor la obligación, ya recogida en el manual del motor, de colocar las tapas de las válvulas de purga en evitación del riesgo de incendio que supone operar el motor con zonas calientes desprotegidas.

Al fabricante de los pernos FKE:

3. Que revise el procedimiento de fabricación de los pernos de clase 12.9 para minimizar el riesgo de fragilización por hidrógeno.

* * *