



INFORME CIAIM-19/2019

Accidente operacional a bordo del buque CEMENTOS CANTABRICO
en el puerto de Gijón (Asturias), el 26 de febrero de 2018,
resultando un tripulante fallecido

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.

El objetivo de la CIAIM al investigar los accidentes e incidentes marítimos es obtener conclusiones y enseñanzas que permitan reducir el riesgo de accidentes marítimos futuros, contribuyendo así a la mejora de la seguridad marítima y la prevención de la contaminación por los buques. Para ello, la CIAIM realiza en cada caso una investigación técnica en la que trata de establecer las causas y circunstancias que directa o indirectamente hayan podido influir en el accidente o incidente y, en su caso, efectúa las recomendaciones de seguridad pertinentes.

La elaboración del presente informe técnico no prejuzga en ningún caso la decisión que pueda recaer en vía judicial, ni persigue la evaluación de responsabilidades, ni la determinación de culpabilidades.



Figura 1. Buque CEMENTOS CANTABRICO



Figura 2. Zona del accidente

1. SÍNTESIS

En la noche del 26 de febrero de 2018, se produjo un accidente operacional a bordo del buque CEMENTOS CANTABRICO mientras su tripulación realizaba la maniobra de atraque en el puerto de El Musel, Gijón.

El contraмаestre y dos marineros viraban la última estacha para pasarla a la bita en el castillo de proa cuando el eje de un guía cabos que reenviaba dicha estacha se rompió. La estacha, al perder la tensión, golpeó en el brazo de uno de los marineros que estaban realizando la maniobra, causándole un traumatismo leve. El rolín del guía cabos, junto con la parte fracturada del eje, salió despedido y golpeó violentamente en la cara al otro marinero, que falleció una hora después debido a las lesiones que le produjo el golpe.

1.1. Investigación

La CIAIM recibió la notificación del suceso el día 27 de febrero de 2018. El mismo día el suceso fue calificado provisionalmente como “accidente muy grave” y se acordó la apertura de una investigación. El pleno de la CIAIM ratificó la calificación del suceso y la apertura de la investigación de seguridad. El presente informe fue revisado por el pleno de la CIAIM en su reunión de 12 de marzo de 2020 y, tras su posterior aprobación, fue publicado en septiembre de 2020.

* * *

INFORME CIAIM-19/2019

Accidente operacional a bordo del buque CEMENTOS CANTABRICO en el puerto de Gijón (Asturias), el 26 de febrero de 2018, resultando un tripulante fallecido

2. DATOS OBJETIVOS

Tabla 1. Datos del buque / embarcación

Nombre	CEMENTOS CANTABRICO
Pabellón / registro	España
Identificación	Matrícula de Gran Canaria GC-1-20-95 Número IMO: 7400443 Distintivo de llamada: EHCV
Tipo	Buque de transporte de cemento a granel
Características principales	<ul style="list-style-type: none">• Eslora total: 104,73 m• Eslora (L): 99 m• Manga: 15,9 m• Arqueo bruto: 3375 GT• Material del casco: acero• Propulsión: motor Deutz de 2941 kW a 430 rpm
Propiedad y gestión	El buque era propiedad de la compañía CEMENTOS TUDELA VEGUIN SA, y era operado por la compañía armadora ERSHIP S.A.U.
Sociedad de clasificación	Lloyd's Register
Pormenores de construcción	Construido el año 1976 en Astilleros Cantábrico y Riera SA, Gijón
Dotación mínima de seguridad	13 tripulantes

Tabla 2. Pormenores del viaje

Puertos de salida / escala / llegada	Salida de Runcorn (Reino Unido) y llegada a Gijón, sin escalas
Tipo de viaje	Internacional
Información relativa a la carga	En lastre
Dotación	Dieciséis tripulantes. Disponían de los títulos y certificados de especialidad necesarios en vigor
Documentación	El buque estaba correctamente despachado y disponía de los certificados exigibles en vigor

INFORME CIAIM-19/2019

Accidente operacional a bordo del buque CEMENTOS CANTABRICO en el puerto de Gijón (Asturias), el 26 de febrero de 2018, resultando un tripulante fallecido

Tabla 3. Información relativa al suceso

Tipo de suceso	Accidente operacional
Fecha y hora	26 de febrero de 2018, 22:50 hora local de Gijón
Localización	Puerto de El Musel, Gijón 43° 33,93' N; 005° 41,72' O
Operaciones del buque y tramo del viaje	Maniobra de atraque
Lugar a bordo	Cubierta del castillo de proa
Daños sufridos en el buque	Rotura del eje de un guía cabos
Heridos / desaparecidos / fallecidos a bordo	Un marinero fallecido y un marinero herido leve por contusión
Contaminación	No
Otros daños externos al buque	No
Otros daños personales	No

Tabla 4. Condiciones marítimas y meteorológicas

Viento	Beaufort fuerza 5 a 6 (17 a 27 nudos) del W
Estado de la mar	Mar llana (en calma). Buque en puerto
Visibilidad	Buena (20 km)
Marea	Media marea

Tabla 5. Intervención de las autoridades en tierra y reacción de los servicios de emergencia

Organismos intervinientes	<ul style="list-style-type: none">• Servicio de Asistencia Médica Urgente del Principado de Asturias (SAMU)• Policía portuaria de El Musel
Medios utilizados	<ul style="list-style-type: none">• Ambulancia del SAMU• Vehículos de la policía portuaria
Rapidez de la intervención	Inmediata
Medidas adoptadas	Movilización de vehículos con personal sanitario al lugar del accidente
Resultados obtenidos	Las maniobras de reanimación de la persona accidentada no evitaron su fallecimiento

3. DESCRIPCIÓN DETALLADA

El relato de los acontecimientos se ha realizado a partir de los datos, declaraciones e informes disponibles. Las horas referidas son locales.

El día 24 de febrero de 2018, el buque CEMENTOS CANTABRICO salió del puerto de Runcorn (Reino Unido), en condición de lastre y con 16 tripulantes a bordo, con destino al puerto de El Musel, Gijón.

El día 26 de febrero de 2018 a las 22:10 horas, cuando el buque llegó a las proximidades del puerto de destino, el capitán del buque dio la orden atención máquina y el buque moderó la velocidad para entrar en el puerto de El Musel. A las 22:18 el práctico embarcó y el buque entró por la bocana del puerto para atracar a estribor en el segundo tramo del muelle Ingeniero Olano (ver Figura 3).

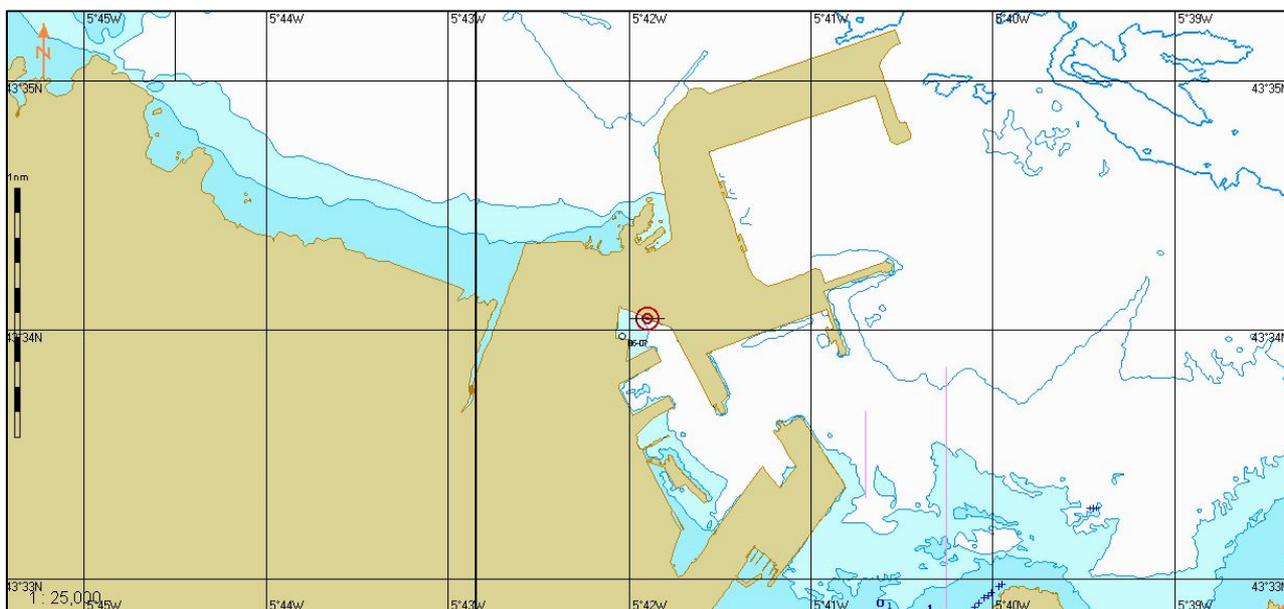


Figura 3. Localización del muelle del Ingeniero Olano en el puerto de El Musel, Gijón

El conteraestre y dos de los marineros del buque se encontraban en la cubierta del castillo para llevar a cabo la maniobra de atraque. En la operativa normal el buque quedaría amarrado al muelle con seis cabos en total, un esprin¹ y dos largos² en popa y en proa. Las condiciones no eran malas en ese momento, pero existía previsión de empeoramiento. Además, estaba prevista una estancia prolongada en ese atraque que no era el habitual, por lo que el Capitán dio la orden de reforzar cabos, utilizando cinco cabos en total en la proa, tres largos y dos esprines.

¹ Cabos que saliendo por la proa o por la popa trabajan hacia popa o hacia proa respectivamente.

² Cabos que saliendo por la proa o por la popa trabajan hacia proa o hacia popa respectivamente.

Accidente operacional a bordo del buque CEMENTOS CANTABRICO en el puerto de Gijón (Asturias), el 26 de febrero de 2018, resultando un tripulante fallecido

Los tripulantes encargados de la maniobra dieron el primer cabo al muelle a las 22:35 horas y comenzaron a virar un largo para después pasarlo del cabirón a una bita del castillo de proa. A este largo le siguieron, por orden, otro largo, un esprín y otro largo.

El práctico desembarcó sobre las 22:45 horas. A la misma hora, los tres tripulantes de la cubierta del castillo se encontraban virando el último cabo, un esprín que entraba al buque por una guía en la amura de estribor. En el momento de reforzar cabos, el buque ya estaba atracado con tres cabos tanto en proa como en popa.

El cabo (ver Figura 4) pasaba por una bita en babor (la única que quedaba libre, pues las otras tres estaban ocupadas por las cuatro estachas ya dadas) y era posteriormente reenviado al cabirón de babor por un guía cabos, también llamado monaguillo. El contraalmirante se encontraba a los mandos de la maquinilla hidráulica que accionaba el cabirón, uno de los marineros se encontraba al lado del cabirón y el otro al lado de la bita, ambos vigilaban el correcto movimiento del cabo y el giro de los elementos móviles.

Cuando estaban a punto de terminar de virar el cabo, el marinero que se encontraba junto a la bita se preparó para abozar³ el cabo y el marinero que se encontraba junto al cabirón se dispuso para, una vez abozado, pasar el cabo a la bita.

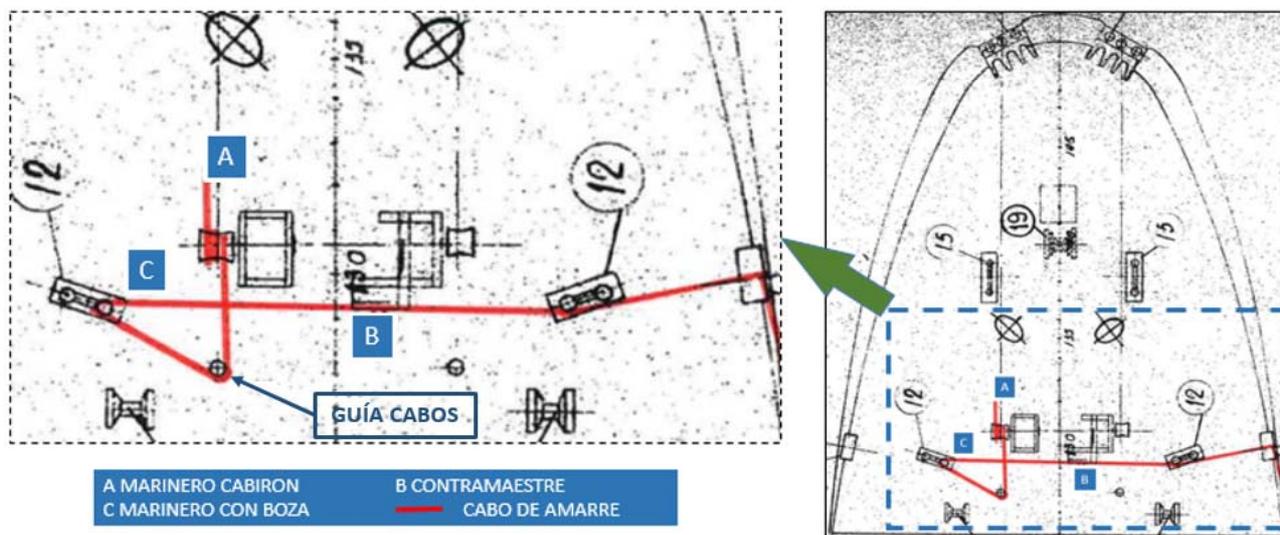


Figura 4. Posición de los tripulantes encargados de la maniobra y trayectoria del cabo que estaban virando en el momento del accidente. (Esquema proporcionado por la compañía)

A las 22:50 horas, sin que los tripulantes hubieran advertido señal alguna de lo que iba a pasar, una parte del guía cabos de babor (ver Figura 5) salió disparada hacia proa, impactando en la cara del marinero que se encontraba junto al cabirón. El golpe hizo que el marinero se desplazara varios metros y cayera de espaldas, quedando tendido en la cubierta.

³ Usar la boza para fijar un cabo de amarre. Boza: Pedazo de cuerda o trozo de cadena hecho firme por un extremo en un cáncamo o argolla del buque, y que se enrolla alrededor de una estacha, cable, cadena, etc., que está en tensión, para inmovilizarla durante las operaciones de amarre.

Accidente operacional a bordo del buque CEMENTOS CANTABRICO en el puerto de Gijón (Asturias), el 26 de febrero de 2018, resultando un tripulante fallecido

El marinero que se encontraba junto a la bita, preparado para abozar, recibió en el brazo el impacto del cabo por el rápido movimiento del mismo al perder la tensión, causándole un traumatismo leve.

El guía cabos se había roto en dos partes y la tensión del cabo que reenviaba se liberó instantáneamente. La parte superior salió disparada a gran velocidad, a pesar de su peso, impulsada por el cabo. La parte inferior permaneció fija en el polín.



Figura 5. A la izquierda, la parte del guía cabos de babor que salió despedido. A la derecha la parte inferior del rolín después del accidente

El contraestre y el marinero que permanecía de pie acudieron inmediatamente a verificar el estado del marinero tendido en el suelo, que permanecía inmóvil, pudiendo comprobar que, debido a la violencia del golpe que había recibido en la cara, presentaba lesiones de gravedad, no era capaz de comunicarse y tenía dificultades para respirar.

Acto seguido, el contraestre se dirigió a la habitación, para pedir ayuda. El herido quedó acompañado por el otro marinero.

A las 22:53 horas el segundo oficial de puente llamó al teléfono de emergencias 112, informando sobre lo ocurrido a bordo y solicitando asistencia médica para el herido. A continuación, se dirigió al castillo de proa y, siguiendo las instrucciones que el personal médico le daba por teléfono, arrojó con mantas al herido.

El capitán comunicó con SASEMAR por el radioteléfono de frecuencia VHF usando el canal número 10, solicitando asistencia sanitaria y una ambulancia para la posible evacuación del herido.

A las 23:08 horas, una ambulancia del SAMU llegó al muelle en el que estaba atracado el buque guiada por un vehículo de la policía portuaria.

INFORME CIAIM-19/2019

Accidente operacional a bordo del buque CEMENTOS CANTABRICO en el puerto de Gijón (Asturias), el 26 de febrero de 2018, resultando un tripulante fallecido

El personal sanitario de la ambulancia embarcó y procedió a reconocer al herido e inmediatamente, dado que el marinero había sufrido una parada cardiorrespiratoria, comenzó a realizar las maniobras de reanimación.

Los intentos de reanimación del marinero no tuvieron éxito por lo que, a las 23:45 horas, el médico comunicó su fallecimiento a la tripulación.

La descripción de los hechos del accidente quedó anotada en el diario de navegación del buque. Además, cumpliendo con lo establecido en capítulo 9 del Código Internacional de Gestión de la Seguridad del buque, la compañía elaboró el preceptivo informe sobre el accidente usando para ello el modelo incluido en el manual de seguridad del buque. Dicho informe contenía una breve descripción de los hechos y las medidas adoptadas por la compañía con el objeto de evitar nuevos accidentes.

Entre las medidas tomadas por la compañía después del accidente cabe destacar que todos los guía cabos del buque fueron desmontados y, una vez comprobado el correcto estado de los ejes y de los demás componentes, se volvieron a montar. Debe recordarse, sin embargo, que según el armador, dos semanas antes del accidente se había procedido a reparar el eje del guía cabos de estribor que estaba doblado y el rolín rozaba contra su base, aunque seguía girando a mano.

Posteriormente, el personal de la compañía realizó una investigación más exhaustiva del accidente, elaborando un documento en el que no se presentan más conclusiones que las del informe del manual de seguridad del buque.

El buque fue dado de baja el mismo año, al haber sido acordada esta decisión por el Consejo de Administración de CEMENTOS TUDELA VEGUIN, S.A.U. en fecha 16 de octubre de 2017, por razones comerciales

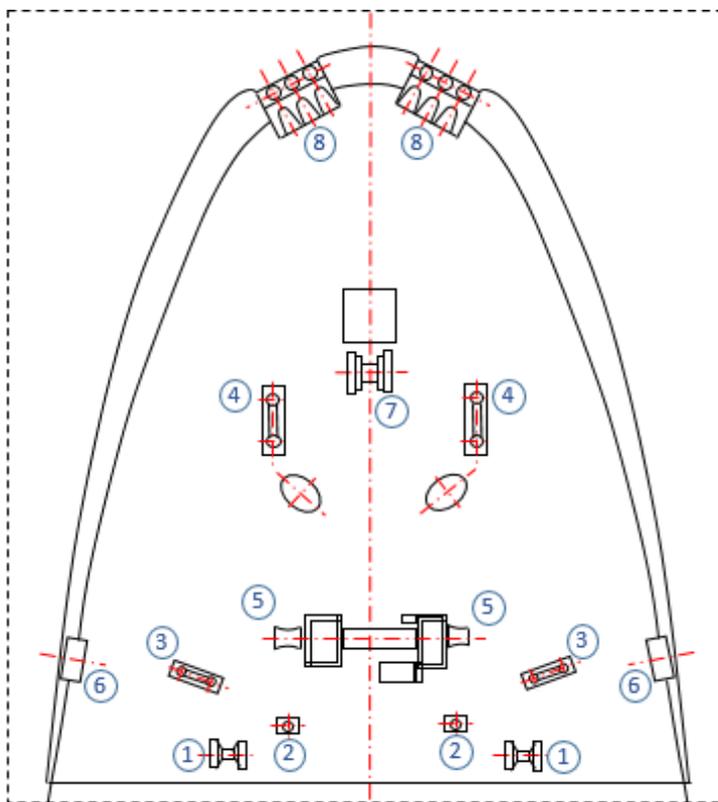
* * *

4. ANÁLISIS

4.1. Equipo de amarre en el castillo de proa

Los cabos de amarre del castillo de proa del buque eran virados por un molinete de accionamiento hidráulico con dos cabirones para ser pasados a una de las 4 bitas disponibles en la cubierta del castillo.

Los largos, que pasaban por las guías de proa, eran afirmados en las bitas de proa del castillo de proa (ver elementos nº 4 de la Figura 6). Los esprines, que pasaban por dos guías en las amuras, eran afirmados a las bitas de popa del castillo (ver elementos nº 3 de la Figura 6). Para virar los esprines, los cabos eran redirigidos a los cabirones del molinete por dos guía cabos, que se encontraban a popa de los mismos (ver elementos nº 2 de la Figura 6).



ITEM	DESCRIPCION
1	Carreteles para estachas de amarre
2	Guía cabos (monaguillos)
3	Bitas de diámetro 200 mm
4	Bitas de diámetro 200 mm
5	Cabirones de la maquinilla
6	Guías cerradas
7	Carretel de remolque
8	Guías (3 roletes)

Figura 6. Esquema de disposición de los elementos de amarre en el castillo del buque CEMENTOS CANTABRICO

Las estachas usadas en el castillo de proa del buque CEMENTOS CANTABRICO para la maniobra de atraque habían sido suministradas en agosto de 2016, con un certificado de calidad según la norma EN 10204 (2.1.) en el que el fabricante declara que las mismas habían sido fabricadas y probadas de acuerdo con lo dispuesto en la Directiva 2006/42/CE. En el mismo documento, figura una carga de rotura de las estachas de $64,4 \text{ t} = 631 \text{ kN}$.

Accidente operacional a bordo del buque CEMENTOS CANTABRICO en el puerto de Gijón (Asturias), el 26 de febrero de 2018, resultando un tripulante fallecido

El molinete, que era de accionamiento hidráulico, fue instalado a bordo durante la construcción del buque y, de acuerdo con la ficha de control de maquinaria del equipo que se encontraba a bordo, había sido probado por la Sociedad de Clasificación (SC) Lloyd's Register (LR) en 1975.

El molinete era usado tanto para las maniobras de atraque y desatraque como durante el fondeo. En la ficha de control de maquinaria del molinete se especificaba que el equipo tenía la capacidad de levar las dos anclas del buque (de 2280 kg cada una) simultáneamente a una velocidad no inferior a 9 metros por minuto, especificando que los eslabones serían con concreto de 42 mm de diámetro⁴.

El equipo disponía de una unidad de control del accionamiento que permitía seleccionar dos marchas de funcionamiento, con unas capacidades de tiro máximas de 12 y 4,8 t y unas velocidades máximas de 9,5 y 19 m/min respectivamente. Normalmente, la maniobra se realiza durante todo el proceso con la segunda marcha (19 m/min) a excepción del apriete final donde se utiliza la primera (9,5 m/min).

Las cuatro bitas dispuestas en el castillo de proa del buque eran bitas dobles (ver Figura 7). En cada polín, sobre el que iban montadas dos bitas, había dispuesta una boza para la maniobra de atraque.

La carga segura de trabajo (SWL - *safe working load*) de las bitas de proa era de 45 t y la de las bitas de popa era de 35 t. Esta carga de trabajo iba pintada en la parte superior de cada bita. Esta carga segura de trabajo de las bitas es de especial interés y debe ser tenida en cuenta cuando se hacen firme en ellas los cabos con los que tiran los remolcadores.



Figura 7. Vista general de la cubierta del castillo de proa, con las cuatro bitas y sus respectivas bozas y detalle de la carga de trabajo de una bita

⁴ Aunque en la documentación no lo indica expresamente, cada molinete debe estar dimensionado para virar un ancla y varios largos de cadena.

Accidente operacional a bordo del buque CEMENTOS CANTABRICO en el puerto de Gijón (Asturias), el 26 de febrero de 2018, resultando un tripulante fallecido

Los dos guía cabos, situados a popa de la cubierta del castillo, dirigían los esprines a los cabirones del molinete. Estos elementos eran usados únicamente para virar los cabos, quedando liberados una vez que los cabos se pasaban a bita, por lo que sólo eran solicitados durante cortos periodos de tiempo cada vez que el buque atracaba.

Cuando las condiciones meteorológicas eran adversas, como el día del accidente, los dos guía cabos eran usados para virar los dos esprines. Cuando no era necesario reforzar cabos únicamente se viraba un esprín, usando el guía cabos del costado al cual atracaba el buque.



Figura 8. Polín del guía cabos



Figura 9. Parte superior del guía cabos

Cada guía cabos iba fijado con pernos al polín (ver Figura 8), que estaba soldado a la cubierta del buque. Los guía cabos tienen tres elementos principales: eje, rolín y tapa, que va atornillada al polín. Como muestra la Figura 5, la parte del guía cabos que salió disparada fue el rolín con una parte del eje, que se había roto.

El eje que permitía girar al rolín tenía los dos extremos roscados, donde iban dos tuercas que impedían que se produjera el movimiento del rolín respecto de la tapa en la dirección del eje. La tuerca inferior, que quedaba por debajo de la tapa, iba asegurada con un pasador (ver Figura 9). La tuerca superior quedaba alojada dentro del rolín.

Estos guía cabos se instalaron a bordo durante la construcción del buque.

4.1.1. Mantenimiento e inspección del subsistema de amarre

Con el fin de cumplir con lo prescrito en el Capítulo 10 del código IGS⁵, la tripulación del buque anotaba en un registro las comprobaciones y las operaciones de mantenimiento del molinete. Este registro era parte del “manual de mantenimiento del buque y sus equipos”, en el que se detallaban las actividades de un plan de mantenimiento preventivo de los equipos más importantes incluyendo la periodicidad (mensual, semestral o anual) de cada una de las actividades.

La tripulación no registraba las actividades de mantenimiento de los guía cabos; dichas operaciones consistían en su inspección visual y, cuando era necesario, el saneamiento y engrase de las partes rotativas.

4.2. Procedimiento operacional

Cada vez que el buque CEMENTOS CANTABRICO llegaba a puerto, antes de iniciar la maniobra de atraque, el capitán evaluaba la previsión y condiciones meteorológicas, en función de lo cual ordenaba atracar usando tres cabos (dos largos y un esprín) o con cinco cabos (tres largos y dos esprines) en proa.



Figura 10. Posiciones del mariner (junto al cabirón) y el contraamaestre

⁵ Código IGS. Código Internacional de gestión de la seguridad operacional del buque y la prevención de la contaminación

Accidente operacional a bordo del buque CEMENTOS CANTABRICO en el puerto de Gijón (Asturias), el 26 de febrero de 2018, resultando un tripulante fallecido

Las maniobras de atraque en el castillo de proa del buque CEMENTOS CANTABRICO eran realizadas habitualmente por tres tripulantes. El día del accidente, el conremaestre dirigía la maniobra de atraque en el castillo de proa, asistido por dos marineros posicionados junto a la bita y junto al cabirón respectivamente (ver simulación en figuras 10 y 11).

Las funciones de los tres tripulantes estaban claras. El conremaestre, además de dirigir la maniobra, accionaba los mandos del molinete. El marinero que estaba junto al cabirón controlaba que el cabo fuera virado correctamente. El marinero que se encontraba junto a la bita supervisaba el movimiento del cabo alrededor del guía cabos y de la bita con la boza en la mano (ver Figura 11), que serviría para liberar la tensión del cabo una vez virado, permitiéndole al otro marinero pasarlo a bita.



Figura 11. Posiciones de los marineros, junto al cabirón y junto a la bita con la boza

La operación de pasar un esprín a la bita del costado contrario se hacía cuando las condiciones meteorológicas eran malas y el capitán ordenaba reforzar cabos.

No es buena praxis utilizar una bita como guía cabos, función para la que no ha sido diseñada ni montada a bordo, ya que al no disponer de un elemento giratorio hace que los cabos sufran una elevada fricción sobre el acero de la bita, que produce una diferencia notable de tensión entre sus ramales de entrada y salida, y puede dañar los hilos y cordones del cabo (ver Anexo 2).

Accidente operacional a bordo del buque CEMENTOS CANTABRICO en el puerto de Gijón (Asturias), el 26 de febrero de 2018, resultando un tripulante fallecido

Además, aunque las posiciones de los tripulantes cambiaran dependiendo de la trayectoria del cabo que iban a virar, el conocimiento de este tipo de operaciones es adquirido no solo por poseer la formación y las titulaciones requeridas, sino también por la experiencia que poseían los tripulantes.

Cualquier operación en la que se maniobre con cabos en tensión tiene asociados importantes riesgos para las personas que se encuentren en las proximidades del cabo. Sin embargo, no puede decirse que la posición del marinero fallecido fuera incorrecta porque podrían considerarse múltiples variables que hubieran cambiado la trayectoria de la pieza que salió disparada, no siendo posible determinar una posición en la cubierta del castillo de proa en la que el marinero pudiera supervisar el correcto funcionamiento del cabirón estando expuesto a un riesgo menor.

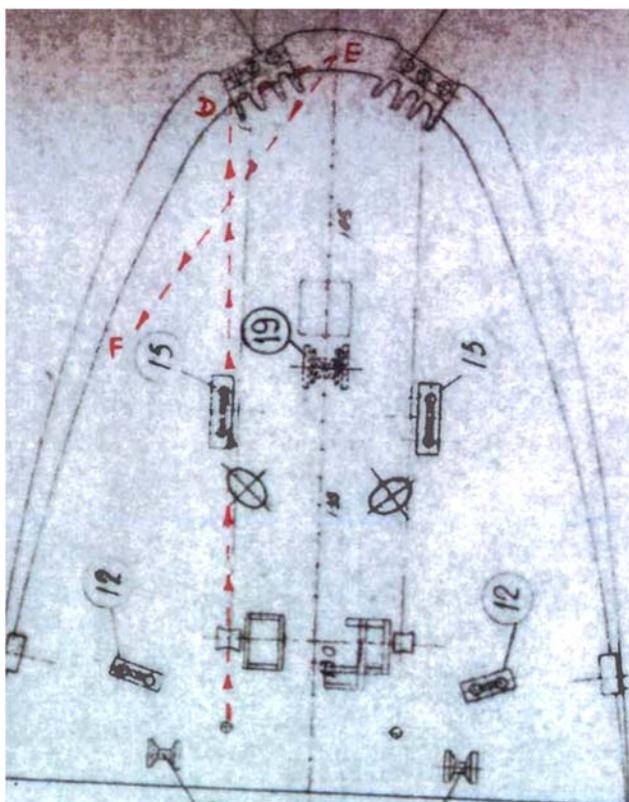


Figura 12. Trayectoria seguida por la pieza (esquema hecho por los tripulantes)



Figura 13. Daños en la regala y los barraganetes producidos por el impacto. Ver localización D y E en la figura 12

De hecho, teniendo en cuenta las direcciones de tiro de la estacha sobre el guía cabos (Figura 4), la dirección previsible en que debería haber salido disparado el rolín del guía cabos es entre la bita y el cabirón, sin alcanzar a ningún marinero. En cambio, los tripulantes indican que el rolín salió despedido en la dirección del cabirón (Figura 12), justamente donde se situaba el marinero accidentado.

4.3. Análisis de la rotura

El eje del guía cabos fue custodiado a petición de la CIAIM para ser posteriormente analizado en un laboratorio metalográfico del centro tecnológico ITMA en Asturias, donde se llevaron a cabo los siguientes ensayos:

- Examen visual con lupa binocular
- Análisis químico
- Ensayo de tracción
- Ensayo de flexión por choque
- Ensayo metalográfico
- Ensayo de dureza Brinell
- Análisis de microscopía electrónica

Los procedimientos de los ensayos, con los resultados y las conclusiones figuran en un informe emitido por ITMA. Las principales conclusiones del informe se enumeran a continuación:

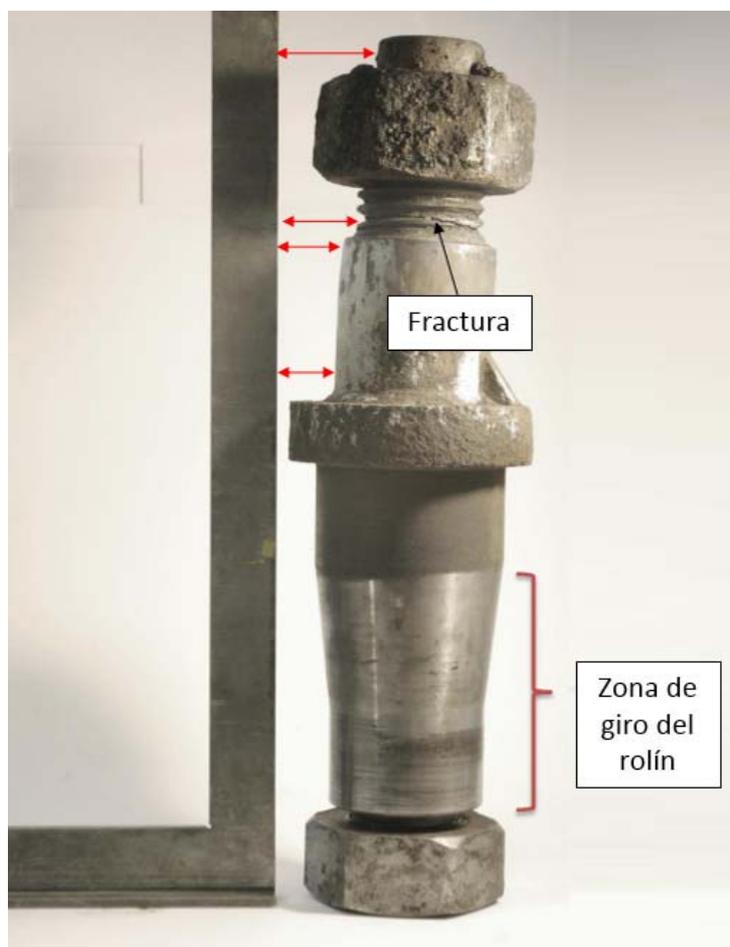


Figura 14. Vista general del eje (en posición invertida) en el que se puede observar una clara deformación

“

- El eje ha roto por la rosca mecanizada en la sección de 2”1/4 de diámetro, concretamente, en el filete de la rosca más próximo al centro del eje. En esta zona no se han observado defectos superficiales, ni fenómenos de corrosión que reduzcan la sección resistente del eje.

- La superficie de fractura presenta un aspecto frágil; observando escasa deformación con la presencia de “marcas de río”. En ella no se han observado marcas de fatiga y el eje presenta una deformación significativa en la zona empotrada en el soporte (motivo adicional por el que se descartan fenómenos de fatiga).

- La calidad química del acero de la que está fabricado el eje roto objeto del estudio, la resistencia mecánica y la microestructura difieren notablemente con lo requerido para la calidad indicada en el certificado del eje del monaguillo de proa-estribor⁶.

⁶ Esto no implica que el material del eje roto fuera de una calidad inferior a la requerida, sino que para reparar el eje del guía cabos de estribor se utilizó un material de superior calidad.

[...] Por lo tanto en base al estudio realizado todo parece indicar que la rotura del eje se ha producido como consecuencia de un esfuerzo puntual que el eje no ha podido resistir.”

4.4. Dimensionamiento e inspección de los elementos de amarre

El CEMENTOS CANTABRICO era un buque mercante con arqueo bruto superior a 500 GT que realizaba viajes internacionales, por lo que estaba incluido dentro del ámbito de aplicación del Convenio internacional SOLAS⁷. En virtud del convenio y después de que la administración hubiese comprobado el estado del buque mediante los correspondientes reconocimientos, la Capitanía Marítima de Gijón había expedido al buque un certificado de seguridad para buques de carga con validez hasta el 23 de junio de 2018.

El buque fue construido en 1976, y por su fecha de construcción no tenía la obligación de cumplir con lo dispuesto en el Convenio en lo relativo al equipo de amarre y remolque⁸, que solo es aplicable a los buques construidos con posterioridad al 1 de enero de 2007.

El expediente de construcción del buque CEMENTOS CANTABRICO, que contiene una copia de la información disponible del proyecto de construcción, no contiene una memoria explicativa del dimensionamiento del sistema de amarre, pero el buque fue construido conforme a las reglas de clase del LR.

En el momento del accidente disponía un certificado de clase del LR con notación 100 A1 CEMENT CARRIER ✕ LMC en vigor.

4.4.1. Numeral de equipo

En las reglas de las principales SSCC (incluyendo el LR), el dimensionamiento del subsistema de amarre se hace a partir de un parámetro llamado numeral de equipo, que depende del desplazamiento, de la manga, la altura de la obra muerta y de la proyección del área lateral del buque por encima de la flotación que se encuentra expuesta a un viento de través. Al no disponer de información suficiente en el proyecto de construcción, no es posible calcular con exactitud el numeral de equipo. Sin embargo, sí se puede estimar su valor analizando la carga mínima de rotura de los cabos de amarre, el peso del ancla y el diámetro de la cadena, datos que sí estaban en el expediente de construcción o en la documentación disponible a bordo del buque.

El reglamento actual de la SC incluye una tabla de valores, *Table 13.7.4 Equipment - Stream anchors, stream wires, towlines and mooring lines*⁵, que asigna una carga mínima de rotura de los cabos de amarre para distintos intervalos del numeral de equipo. Es decir, la carga mínima de rotura de los cabos de amarre es la correspondiente al intervalo de la tabla en el que se encuentre el numeral de equipo del buque.

⁷ International convention for the safety of life at sea, 1974. Convenio Internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, 1974

⁸ Convenio SOLAS CAPÍTULO II-1. “Construcción - Estructura, compartimentado y estabilidad, instalaciones de máquinas e instalaciones eléctricas” - Parte A “Generalidades” - Regla 3-8 “Equipo de remolque y amarre”

Accidente operacional a bordo del buque CEMENTOS CANTABRICO en el puerto de Gijón (Asturias), el 26 de febrero de 2018, resultando un tripulante fallecido

De la misma manera se lleva a cabo el dimensionamiento del diámetro de la cadena, usando la tabla 13.7.2 *Equipment - Bower anchors and chain cables*⁵.

En la ficha de control de equipo del molinete del buque se especifica que el diámetro de cadena es 42 mm y que el peso del ancla es 2280 kg. De la tabla de definición del peso del ancla y el diámetro de cadena se obtiene que el numeral de equipo del buque estaría comprendido entre los valores 720 y 780.

De la tabla de definición de las estachas se puede obtener que la carga mínima de rotura de éstas para un numeral de equipo del buque comprendido entre 720 y 780 debe ser de al menos 19 t (187 kN).

En cuanto a los accesorios del sistema de amarre, como los guía cabos, según el actual reglamento, deben tener una resistencia de diseño mínima⁹ de al menos un 15 % superior a la carga mínima de rotura de los cabos de amarre ya calculada para el numeral de equipo estimado. Es decir, los accesorios del buque CEMENTOS CANTABRICO debían estar diseñados para soportar los esfuerzos transmitidos por las estachas en cualquier configuración de amarre y durante las operaciones desarrolladas en una maniobra de atraque, teniendo en cuenta todas las posibles trayectorias de los cabos y siendo la carga mínima de diseño de los mismos de 215 kN (un 15% superior a la carga mínima de rotura reglamentaria, 187 kN).

El hecho de que el buque estuviese clasificado por una sociedad de prestigio como el LR, perteneciente a la IACS¹⁰, permite asegurar que su equipo de amarre estaba bien dimensionado y era adecuado para soportar las sollicitaciones de viento y mar que podían darse sobre el buque. Debe aclararse que cuando se dimensionan elementos de amarre o elevación en cuyas proximidades trabajan personas, se aplican coeficientes de seguridad iguales o superiores a 5. Es decir, cuando según el Numeral se establece que la carga mínima de rotura de las estachas debe ser de 19 t (187 kN), se está considerado implícitamente que la carga de trabajo que se va a aplicar normalmente sobre ellas va a ser de unas 4 t (alrededor de 40 kN), lo que se corresponde en este caso con la capacidad de tracción del molinete durante la maniobra de amarre.

4.5. Falta de ajuste del eje del eje del guía cabos en su alojamiento

Tras la rotura se pudo comprobar que el alojamiento del eje del guía cabos de babor en la tapa atornillada al polín estaba visiblemente desgastado (ver Figura 15).

Es un hecho conocido que la falta de ajuste en un conjunto de elementos diseñados para trabajar sin huelgos tiene notable influencia en las tensiones desarrolladas en dichos elementos. En este caso particular parece evidente que el ajuste entre el eje y tapa se había perdido, como parece acreditado por los importantes desgastes encontrados, que hicieron que fuera necesario mecanizar un nuevo casquillo en el guía cabos de estribor.

⁹ Normas de clasificación de buques del Lloyd's Register. Parte 3, capítulo 13, sección 9 "Requisitos estructurales asociados con el amarre y remolque del buque"

¹⁰ *International Association of Classification Societies*, organización no gubernamental que aglutina a las principales Sociedades de Clasificación de buques.



Figura 15. Alojamiento del eje del guía cabos de babor

Para comprobar estos extremos, se ha realizado un análisis de las tensiones a los que podría estar sometido el eje mediante el método de elementos finitos. Se incluye dicho análisis como anexo de este informe. Las principales enseñanzas derivadas de dicho análisis son las siguientes:

- La falta de ajuste del eje en su alojamiento cilíndrico de la tapa da lugar a una importante reducción de las propiedades mecánicas del conjunto.
- Si el ajuste eje-tapa se pierde las tensiones que es capaz de soportar el guía cabos pueden ser hasta cuatro veces menores que cuando existe un correcto acomodo del eje en el tintero de la tapa.
- Si el eje no está asentado y ajustado correctamente en el tintero de la tapa las tensiones máximas pasan a estar en la parte roscada inferior del eje y no en la zona inferior inmediata a su collarín de soporte, como ocurre si el eje está correctamente montado.

La falta de ajuste entre el eje del rolín y su alojamiento en la tapa del guía cabos de babor no fue detectada por la tripulación, ni en ninguna de las últimas inspecciones a que el buque fue sometido en 2017 y 2018.

El mantenimiento que se realizaba a bordo del guía cabos consistía en inspección visual, comprobación de su correcto giro, y engrase. Este mantenimiento es el habitual en equipos de este tipo, realizándose a criterio de la naviera.

Esta falta de ajuste se debió a un desgaste del alojamiento del eje en la tapa. La CIAIM considera que este desgaste fue progresivo a lo largo de los años de servicio del buque.

4.6. Avería previa en el guía cabos de estribor

Dos semanas antes del accidente, el 12 de febrero, la tripulación del buque se percató de que el guía cabos de estribor, idéntico al que fallaría después, no giraba correctamente su rolín, lo que hacía desaconsejable su uso para realizar las maniobras de atraque con seguridad (ver Figura 16). El guía cabos de estribor seguía funcionando y el rolín seguía girando, pero al estar el eje ligeramente doblado rozaba contra la base, por lo que se prohibió su uso hasta que no se desmontara y comprobara su estado. El 14 de febrero de 2018, nada más llegar a Villagarcía de Arousa, se contactó con una empresa especializada (Coterena SL), la parte superior del guía cabos fue desmontada y se pudo comprobar que el eje estaba doblado (ver Figura 17). De acuerdo con Coterena SL, la reparación consistió en la sustitución del eje doblado por otro de nueva fabricación, comprobándose que el guía cabos de estribor con el nuevo eje funcionaba correctamente.



Figura 16. Parte superior del guía cabos de estribor desmontada con 3 de sus cuatro pernos de unión al polín



Figura 17. Eje del guía cabos de estribor visiblemente doblado

La compañía completó un informe de la avería con fecha 16 de febrero de 2018 de acuerdo con el capítulo 10 del código IGS, donde figuraba la avería sufrida y la reparación.

Cabe señalar que, aunque se hubieran hecho ensayos para analizar el eje, esta medida no habría revelado riesgo de rotura del eje del guía cabos de babor porque, como determinó el análisis metalográfico posterior a la rotura, el material no presentaba defectos, ni signos de fatiga.

Después de la rotura del guía cabos de babor, ocurrido el día 26 de febrero, se pudo comprobar que había holgura en el alojamiento del eje (ver Figura 15) y se procedió a encasquillarlo. En ese momento, la compañía armadora decidió desmontar nuevamente el guía cabos de estribor para comprobar el estado del alojamiento del eje, encontrando que había una pequeña holgura que no se había detectado en el momento de sustituir dicho eje del guía cabos de estribor. Por tanto, también se procedió a encasquillar el alojamiento del eje del guía cabos de estribor, lo que se realizó los días 8 y 9 de marzo.

De acuerdo con la compañía armadora, no existen otros antecedentes de averías o accidentes similares anteriores a este, durante toda la vida de servicio del buque.

5. CONCLUSIONES

El accidente a bordo del buque CEMENTOS CANTABRICO fue debido a la rotura del eje de un guía cabos que reenviaba al cabirón del molinete un cabo que estaba siendo virado en ese momento. La parte fracturada del eje salió despedida junto con el rolín del guía cabos a gran velocidad, impactando en la cara de un marinero que falleció a consecuencia del traumatismo.

La rotura del eje se produjo como consecuencia del deficiente estado del guía cabos que, después de muchos años en servicio y no haber tenido un eficaz mantenimiento, había perdido el ajuste que debe existir entre el eje y su alojamiento en la tapa del equipo, lo que había originado una notable disminución en su resistencia mecánica que se tradujo en un doblado del eje, (también en el guía cabos gemelo de estribor), y finalmente su rotura al no poder soportar la fuerza aplicada sobre el rolín por el cabo de amarre. Por otra parte, el informe posterior a los ensayos metalográficos de la pieza ha descartado la fatiga como causa del fallo del material, lo que es lógico en un equipo que trabaja un promedio de 15 minutos a la semana.

No puede considerarse que la posición del marinero golpeado por la pieza tuviera un riesgo asociado mayor que cualquier otra posición en la cubierta desde la que el marinero pudiera cumplir con su cometido, ya que la pieza rota pudo salir proyectada en cualquier dirección.

6. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD

La empresa armadora del buque ha comunicado a la CIAIM que en ninguno de los buques de su flota actual hay guía cabos similares al que dio lugar al accidente. Por tal razón, no se formulan recomendaciones de seguridad.

* * *

ANEXO- ESTUDIO DE LAS TENSIONES EN EL EJE DEL GUIA CABOS POR MEDIO DE ELEMENTOS FINITOS

Planteamiento y objetivos del análisis a realizar

El guía cabos objeto de este análisis consta de tres piezas principales, que son eje, rolín y tapa; más dos tuercas con sus arandelas, un pasador de seguridad y los pernos y tuercas de unión del guía cabos a su polín.

El eje tiene una zona superior troncocónica que soporta y permite el giro del rolín que descansa sobre ella, y en su extremo superior tiene una parte roscada en la que se inserta una tuerca que impide que se salga el rolín del eje. La parte inferior del eje es cilíndrica y ajusta en un alojamiento cilíndrico existente en la tapa que, en su parte superior tiene un abocardamiento y un chavetero en los que descansan el collarín y la chaveta solidaria al eje que sirven de soporte a este, e impiden su giro respecto de la tapa. Según esta configuración, el equipo fue diseñado y fabricado para que el eje trabajase permaneciendo ajustado e inmóvil sobre la tapa, y que el rolín girase sobre la zona troncocónica del eje.

Dicho lo anterior resultó, sin embargo, que observando las piezas del guía cabos de babor averiado, así como el eje y la reparación efectuada semanas antes sobre el guía cabos de estribor, se pudo apreciar que:

- Con el prolongado tiempo en servicio de estos equipos y su insuficiente mantenimiento se había producido una holgura notable entre los ejes y sus alojamientos cilíndricos en las tapas.
- El collarín del eje que le hace descansar sobre la parte superior de la tapa sufría notables corrosiones, al igual que la arandela de la tuerca inferior, lo que permitía que, el tiro de la estacha sobre el rolín pudiese desplazar el eje verticalmente respecto de la tapa que lo soporta.
- Los ejes estaban doblados en su parte inferior, por lo que podía asegurarse que en esas zonas se había sobrepasado el límite elástico del material.

Estos tres hechos debían ser tenidos en cuenta a la hora de plantear el análisis numérico a efectuar.

Procedimiento y medios utilizados

El procedimiento utilizado tiene su base científica en el método de elementos finitos, (MEF), que se utiliza para resolver problemas de análisis y diseño en ingeniería, y particularmente en el caso de estructuras o elementos sometidos a cargas. En este método, el paso de un problema físico a un modelo matemático se lleva a cabo a partir de hipótesis o suposiciones que se plasman en un conjunto de ecuaciones diferenciales, base de ese modelo matemático, acompañadas de una serie de condiciones de contorno y condiciones iniciales que delimitan el problema. Las ecuaciones diferenciales derivan de aplicar los principios y leyes de la naturaleza a un volumen de control.

La solución del problema para un sistema, que se obtiene por este método, consta de dos partes, una homogénea en la que intervienen los parámetros propios del sistema, como el módulo de elasticidad, la conductividad térmica, etc. y otra particular, en la que intervienen los agentes externos al mismo, como las cargas, reacciones, etc., recurriendo a aproximaciones numéricas, cuya coincidencia con la solución exacta es muy alta en ciertos puntos, denominados nodos.

Para el análisis numérico del comportamiento estructural del guía cabos se ha utilizado el sistema ANSYS, creado en 1971, basado en el MEF y que se utiliza mucho en la industria para simular la respuesta de sistemas físicos sometidos a cargas estructurales, térmicas, campos electromagnéticos y problemas de fluidos.

Mallado de los elementos

El primer paso para la resolución de cualquier problema numérico es la discretización, que consiste en dividir un cuerpo o modelo en un sistema formado por elementos más pequeños, interconectados entre sí por medio de nodos, que conformarán superficies. La solución obtenida estará siempre condicionada a la forma de discretización de la pieza.

Para la discretización del conjunto de piezas de la guía se ha procedido a completar la geometría CAD con la topología adecuada para el modelo numérico.

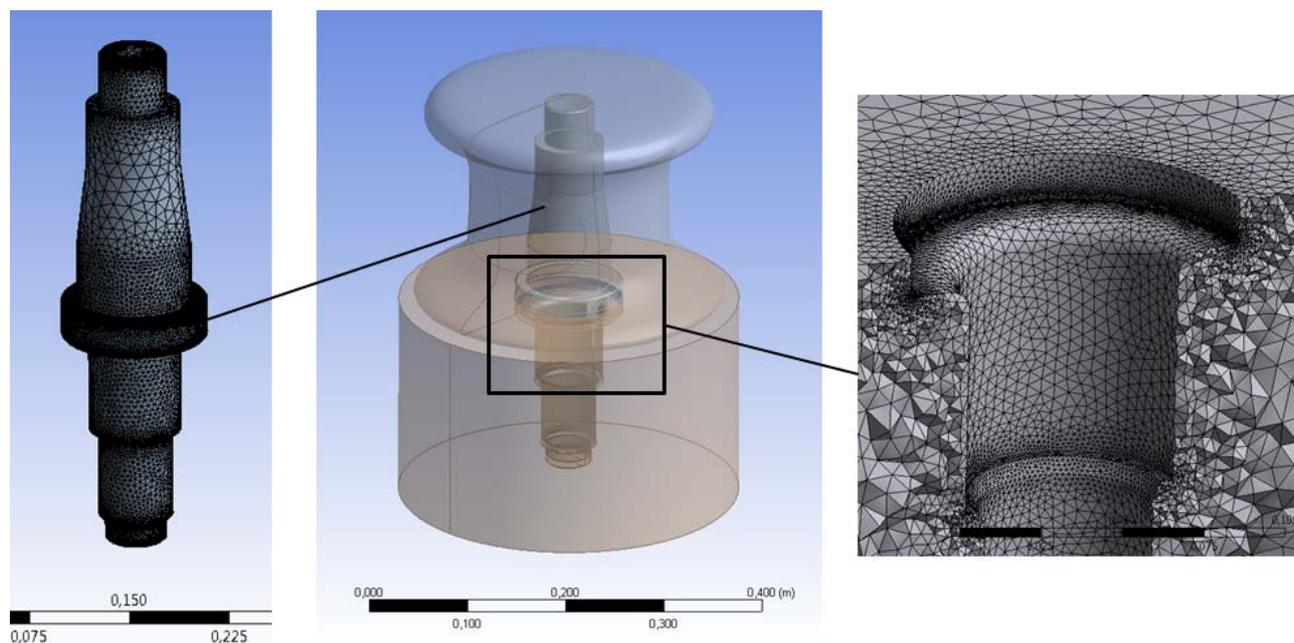


Ilustración 1

En el guía cabos se identifican tres componentes identificadas como eje, rolín y tapa. Como se aprecia en las figuras la zona de contacto de estas piezas entre sí es la que tiene un mallado más denso para obtener unos resultados fiables. Esto es particularmente relevante dado que es necesario reproducir correctamente el contacto entre estas piezas que, como se verá al final del análisis, tiene una influencia notable en las tensiones que se originan.

Tensiones y deformaciones en el eje

Durante el funcionamiento del guía cabos, la estacha ejerce su fuerza sobre la garganta del rolín, y este la transmite al eje que, a su vez la transmite a la tapa, y esta al polín estructural del buque. Considerando que el elemento fundamental a estudiar es el eje del guía cabos y que el rolín no tiene ningún riesgo de rotura, en el estudio se puede prescindir de representar en detalle al rolín, ya que basta con incorporar en los datos la fuerza que el rolín transmite al eje. Para estar del lado de la seguridad se considerará que la estacha actúa sobre la parte superior de la garganta del rolín y que este transmite la fuerza sobre la parte superior del eje.

Planteado lo anterior, se estudiarán dos casos denominados “CON HUELGO” y “AJUSTADO”, en los que se van a analizar las tensiones y deformaciones en el eje cuando este no está bien encajado en su alojamiento en la tapa, (CON HUELGO), y cuando el eje trabaja debidamente ajustado e inmóvil en dicho alojamiento, (AJUSTADO)

En el caso “CON HUELGO” el eje está ligeramente levantado respecto de la tapa (2.34 mm) y tiene un huelgo diametral (1.44 mm) respecto de su alojamiento cilíndrico, como consecuencia de los desgastes, corrosiones y deficiente mantenimiento durante su prolongada vida en servicio. En el caso “AJUSTADO” el eje está perfectamente encajado en su alojamiento cilíndrico en la tapa y su collarín descansa sobre la parte superior de la tapa.

El estudio del caso “CON HUELGO” se va a hacer bajo la hipótesis de que la estacha va a transmitir al rolín, y este al eje, una fuerza perpendicular al eje de 10 kN, (1 Ton. Aprox.); y en el estudio del caso “AJUSTADO” la hipótesis va a ser que la estacha va a transmitir al rolín, y este al eje, una fuerza perpendicular al eje de 40 kN, (4 Ton. Aprox.)

A. TENSIONES EN EL EJE

En el estudio de las tensiones se aplicará la teoría de fallo elástico o teoría de la energía de distorsión mediante la que se obtendrán las tensiones de Von Mises para distintos puntos de la pieza que se analiza.

Como puede verse en la Ilustración 2, cuando el eje está “AJUSTADO” en su alojamiento soporta perfectamente la acción sobre el guía cabos de una estacha que aplique sobre él una fuerza de 40kN (4 Ton. aprox. de tiro del molinete), ya que la tensión máxima que se origina en el eje es de 165 MPa, valor que está lejos del límite elástico del material que, según las pruebas realizadas por el laboratorio de ensayos, es de 297 MPa. Por el contrario, cuando el eje está “CON HUELGO” en su alojamiento basta con que la estacha aplique sobre el guía cabos una fuerza cuatro veces menor que en el caso anterior, 10 kN (1 Ton. aprox.), para que la tensión máxima que se produce en el eje sea de 280 MPa, que prácticamente coincide con el límite elástico. Si en este segundo caso la tensión de la estacha sigue aumentando, el eje entrará en comportamiento plástico con deformaciones permanentes y finalmente alcanzará el valor de la carga de rotura, que, según las pruebas realizadas por el laboratorio de ensayos, es de 613 MPa y romperá, lo que ocurrirá antes de que se alcancen los 40 kN de tiro.

En cuanto a la acción del eje sobre su alojamiento cilíndrico en la tapa del guía cabos, en la Ilustración 3, en la que se han representado las tensiones en escala logarítmica, puede verse que en el caso del eje “AJUSTADO” este transmite tensiones a la zona superior del alojamiento

Accidente operacional a bordo del buque CEMENTOS CANTABRICO en el puerto de Gijón (Asturias), el 26 de febrero de 2018, resultando un tripulante fallecido

cilíndrico, mientras que en el caso del eje “CON HUELGO” el alojamiento cilíndrico apenas trabaja, y todas las tensiones recaen prácticamente sobre el eje, en particular sobre la inserción de este con la tuerca que lo fija a la base de la tapa en su posición.

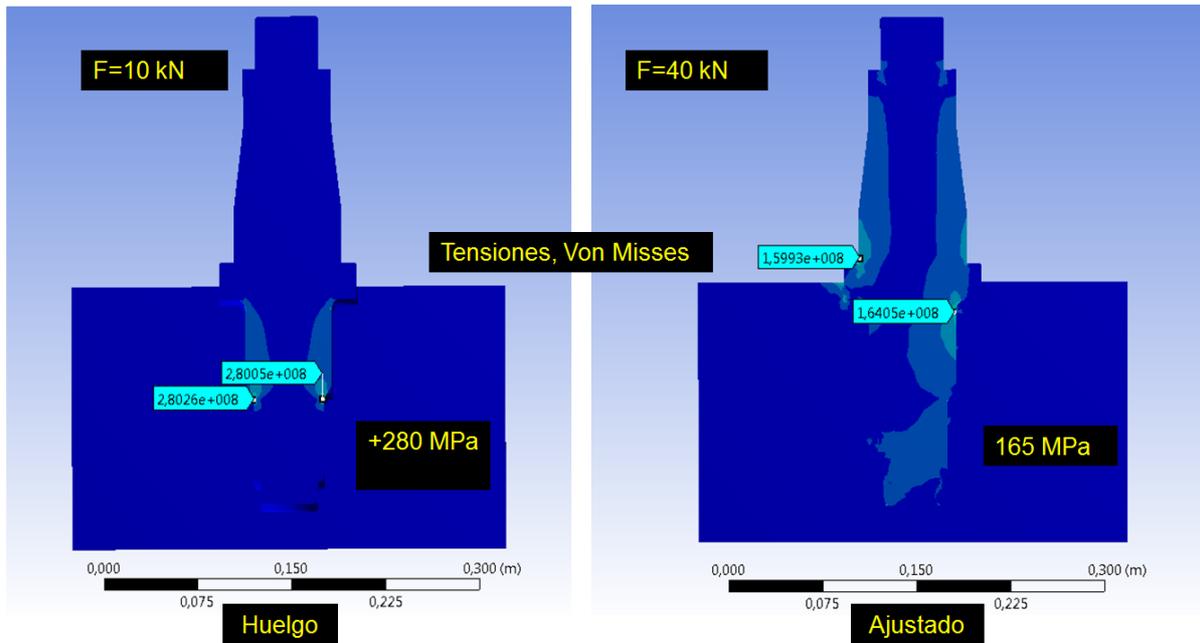


Ilustración 2

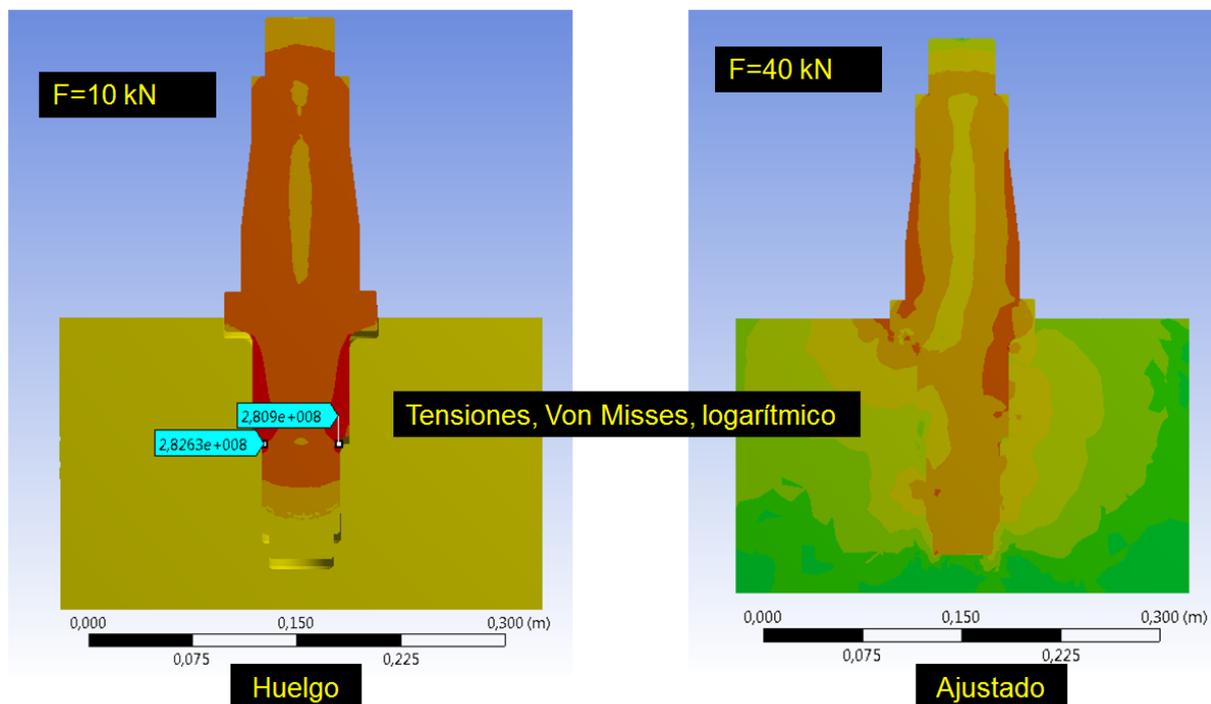


Ilustración 3

B. DEFORMACIONES EN EL EJE

En la Ilustración 4 se representan las deformadas del eje para los dos casos en estudio y en ella puede observarse que para el eje “AJUSTADO”, el punto más alto del eje solo se desplaza 0,5 mm desde su posición sin carga, cuando el guía cabos soporta un tiro de 40 kN, mientras que para el caso del eje “CON HUELGO” el punto más alto del eje se desplaza casi lo mismo aun con un tiro 4 veces inferior (3.97 mm para 10 kN frente a 4.6 mm para 40 kN).

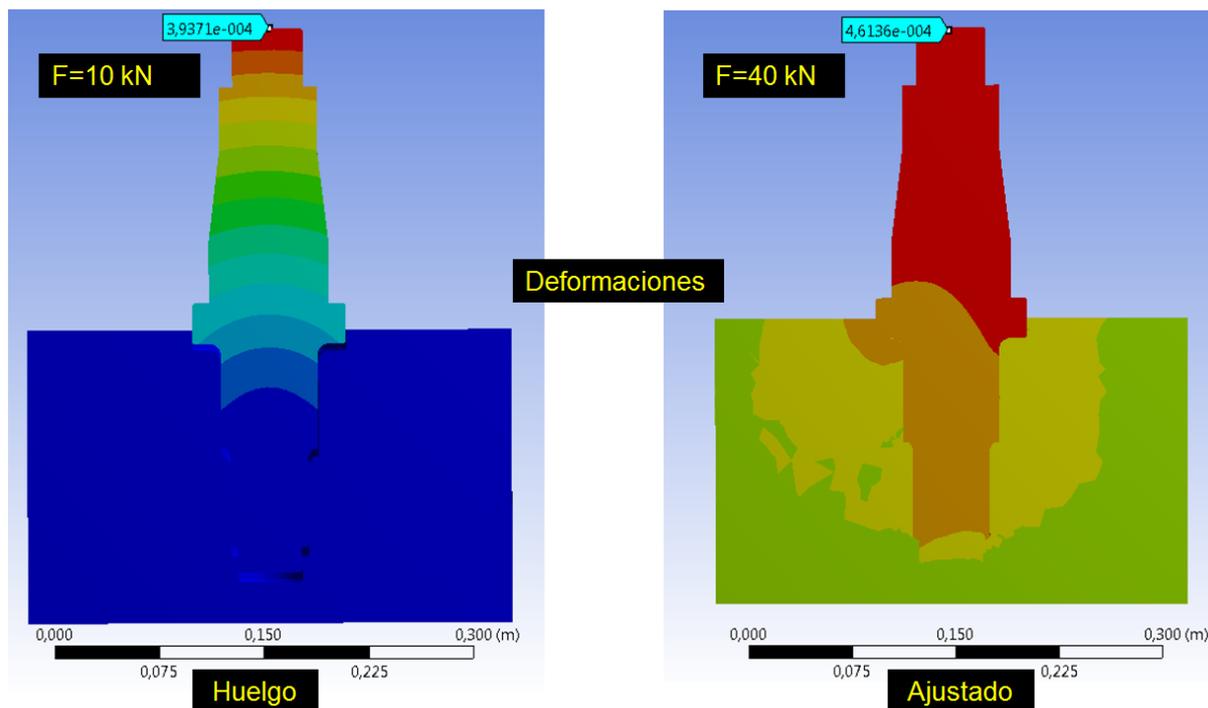


Ilustración 4

Finalmente, para comprobar que el análisis numérico realizado arroja unos resultados que concuerdan con la realidad, se ha procedido a representar la deformada del eje en ambos casos, que se muestran seguidamente en la Ilustración 5, utilizando en las figuras una escala que amplifique notablemente las deformaciones respecto de su valor real, con objeto de que se hagan visibles y puedan ser interpretadas.

En el caso del eje “AJUSTADO” se produce una deformación del eje en su parte troncocónica que es de naturaleza elástica y que, una vez que cesa el tiro de la estacha sobre el guía cabos, recupera su forma original sin deformación. En el caso del eje “CON HUELGO” la deformación del eje se produce en su parte inferior, observándose que la pieza gira sobre la zona en la que se inserta en la tuerca, con la particularidad de que esta deformación es plástica y la pieza no recupera su forma original cuando cesa el tiro de la estacha sobre el guía cabos.

Además, en la Ilustración 5 también se muestran los esfuerzos cortantes sobre el eje que, en el caso del eje “CON HUELGO” aparecen principalmente en su parte inferior y pueden desencadenar el inicio de un fallo en la pieza.

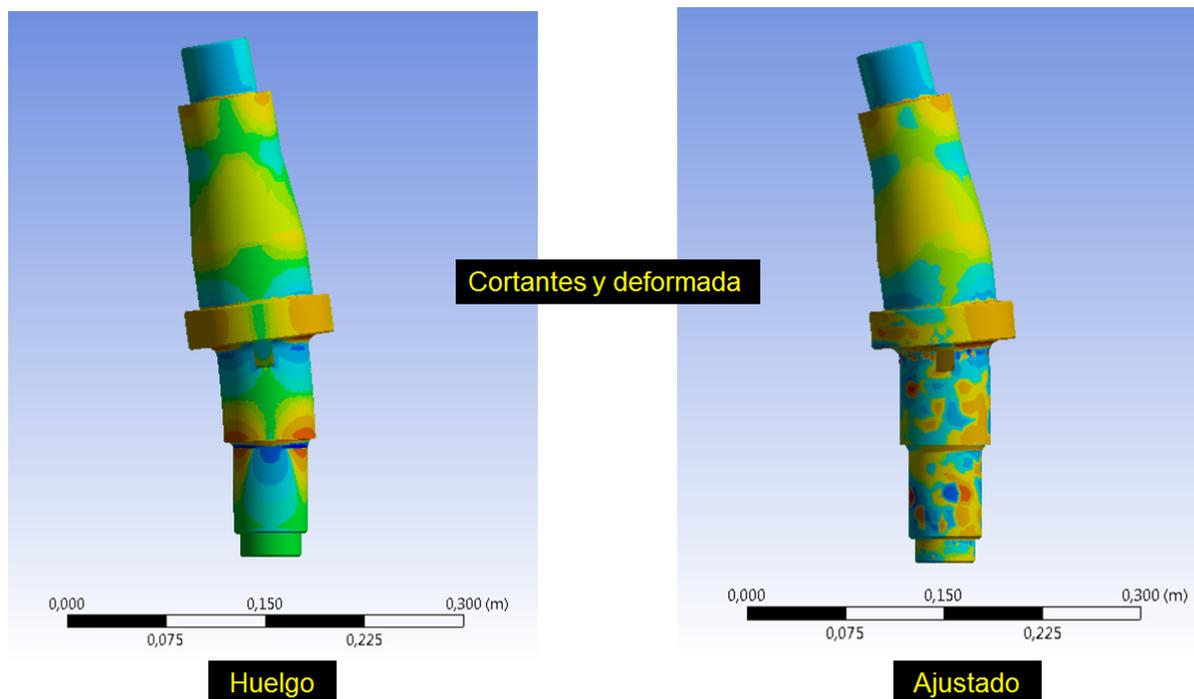


Ilustración 5

La deformada obtenida mediante el análisis numérico para el comportamiento del eje “CON HUELGO”, coincide fielmente con las deformaciones observadas en los ejes del guía cabos de estribor, (deformado), y del guía cabos de babor, (deformado y roto); como puede verse en la Ilustración 6.

Además, en la se puede comprobar la coincidencia de la zona de tensiones máximas obtenida mediante el cálculo numérico, con la zona de rotura real de la pieza.

Enseñanzas derivadas de los resultados del análisis numérico

- La falta de ajuste del eje en su alojamiento cilíndrico de la tapa da lugar a una importante reducción de las propiedades mecánicas del conjunto.
- Si el ajuste eje-tapa se pierde las tensiones que es capaz de soportar el guía cabos pueden ser hasta cuatro veces menores que cuando existe un correcto acomodo del eje en el tintero de la tapa.
- Si el eje no está asentado y ajustado correctamente en el tintero de la tapa las tensiones máximas pasan a estar en la parte roscada inferior del eje y no en la zona inferior inmediata a su collarín de soporte, como ocurre si el eje está correctamente montado.
- La deformada correspondiente al caso del eje “CON HUELGO” es coherente con la rotura originada en la pieza y con la deformación observada en el eje del guía cabos de babor, dañado y sustituido.
- Las tensiones máximas en el eje obtenidas mediante análisis numérico se producen en la misma zona en la que se ha producido la rotura real de la pieza cuando el eje trabaja “CON HUELGO”

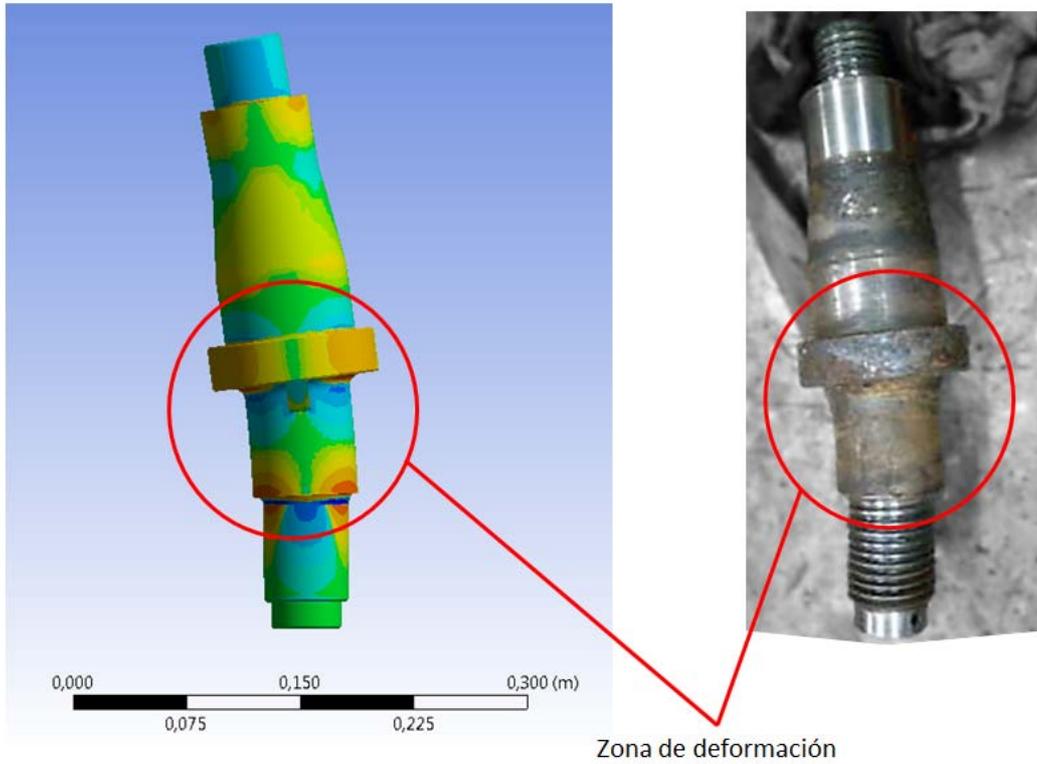


Ilustración 6

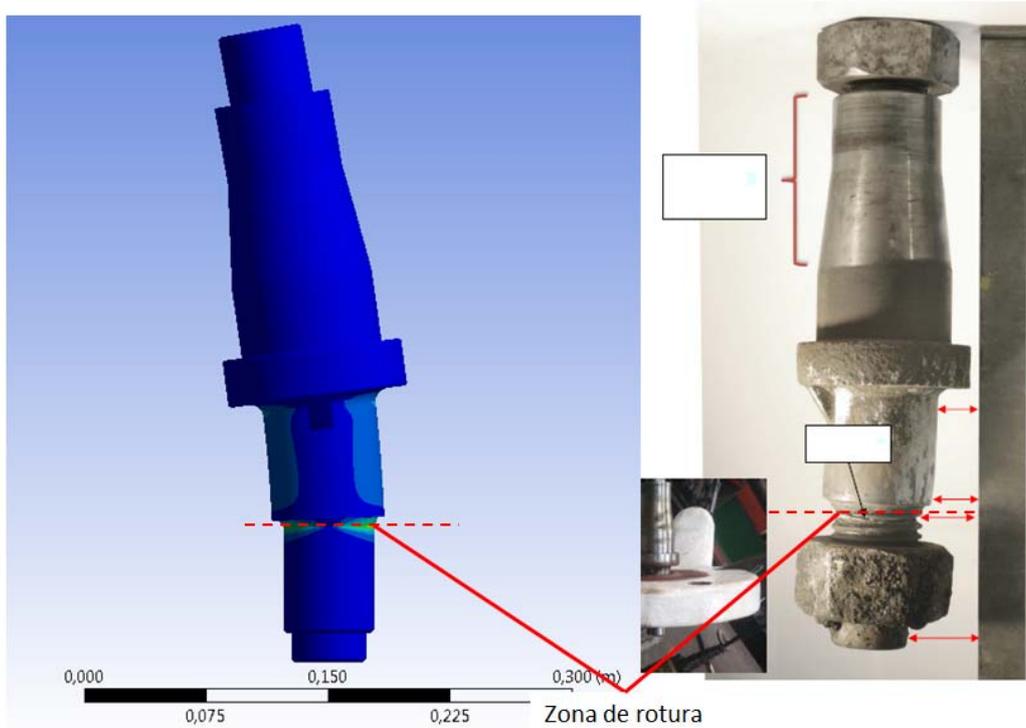


Ilustración 7

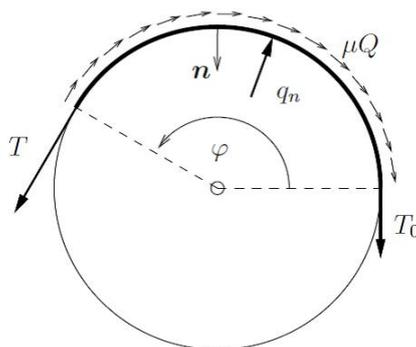
ANEXO 2 – CABOS O CABLES SOBRE SUPERFICIES CURVAS

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Los cabos o cables que se desplazan sobre superficies curvas o están firmes sobre ellas constituyen una solución que se emplea desde hace muchos años en diferentes ramas de la ingeniería, y cuyos fundamentos teóricos se explican en todos los libros de Mecánica Racional

Ha de tenerse en cuenta que las superficies curvas reales, por muy lisas que sean, siempre presentan una resistencia al deslizamiento del cabo o cable sobre ellas, originada por las fuerzas de rozamiento cuyos valores se calculan a partir del coeficiente de rozamiento μ

Si, como se representa en la figura adjunta, un cable abraza un ángulo φ , expresado en radianes, de la sección recta de un cilindro que no gira, y se tira de uno de sus ramales con una fuerza T , la tensión en el otro ramal resulta ser T_0 , menor que T



La relación entre las tensiones de los dos ramales resulta ser:

$$T = T_0 e^{\mu\varphi}$$

La diferencia entre ambas tensiones se debe al rozamiento del cabo o cable sobre el cilindro y vale:

$$R = T_0 (e^{\mu\varphi} - 1) = T (1 - 1 / e^{\mu\varphi})$$

Si el cabo o cable se desliza con velocidad V sobre el cilindro, la potencia disipada por rozamiento resulta ser:

$$P_d = R \times V = T \times V (1 - 1 / e^{\mu\varphi})$$

Esta potencia disipada supone un $(1 - 1 / e^{\mu\varphi}) \%$ de la potencia $P = T \times V$ de tracción y produce un calentamiento del cilindro y del cabo o cable que desliza sobre él, además de un deterioro progresivo en sus filásticas o alambres.

Considerando que el coeficiente de fricción tiene un valor fijo, (podría admitirse $\mu = 0,2$), resulta que el único factor determinante de la cuantía de la potencia disipada por rozamiento es el ángulo φ correspondiente al arco de la superficie que es abrazado por el cabo o cable.

INFORME CIAIM-19/2019

Accidente operacional a bordo del buque CEMENTOS CANTABRICO en el puerto de Gijón (Asturias), el 26 de febrero de 2018, resultando un tripulante fallecido

Así, se tiene:

φ (grados)	30°	45°	60°	90°	180°	270°
φ (radianes)	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/2$	π	$3\pi/2$
$Pd / P = 100 \times (1 - 1 / e^{\mu\varphi}) \%$	9,94	14,54	18,90	26,96	46,65	99,10

De donde se deduce que la disposición de cabos o cables sobre superficies para que trabajen deslizándose sobre ellas puede ser admisible si el ángulo que forman la entrada y la salida es pequeño, (menor de 45°), siendo esta práctica inadecuada para ángulos mayores, en los que se debe optar a emplear cilindros giratorios o pastecas, en los que el cabo o cable rueda sin deslizarse y la única potencia disipada en ellos es la que se genera en sus cojinetes, que es mucho menor.

2. APLICACIÓN AL SISTEMA DE AMARRE DE UN BUQUE

En el sistema de amarre de un buque se utilizan elementos en los que los cabos o cables se apoyan sobre superficies curvas y que se mencionan a continuación:

GUIAS DE COSTADO

Se disponen en la amurada del buque para “acotar” el espacio en el que pueden moverse las amarras que salen de él.

Cuando en el proyecto de la Disposición de la Maniobra de Amarre se observa que el ángulo de contacto con las amarras de la superficie de las guías va a ser pequeño, se acostumbra a disponer guías sin elementos móviles que se denominan GATERAS TIPO PANAMÁ ó ESCOBENES DE COSTADO.

Si, por el contrario, se considera que el ángulo de contacto con las amarras de la superficie de las guías va a ser considerable, se recurre a montar guías con elementos giratorios como son los ALAVANTES O GALÁPAGOS que disponen de varios rolines, y las GUIAS DE RODILLOS ó DEL CANAL DE SAN LORENZO, en las que los cabos o cables “ruedan” sobre ellas sin deslizarse.

GUIA CABOS DE CUBIERTA.

Se disponen en aquellos puntos de la cubierta en los que los cabos o cables han de realizar un cambio brusco de dirección para orientarse hacia un tambor o un cabirón.

Consisten esencialmente en un rolín que puede girar respecto de una base soportada por un polín a la altura conveniente.

BITAS

Su función es hacer firmes las amarras del buque y transmitir sus esfuerzos a la estructura.

INFORME CIAIM-19/2019

Accidente operacional a bordo del buque CEMENTOS CANTABRICO en el puerto de Gijón (Asturias), el 26 de febrero de 2018, resultando un tripulante fallecido

Consisten en unos cilindros de eje vertical soportados por una base soldada a la cubierta.

Ejercen su función basándose en que la fuerza de rozamiento de los cabos o cables sobre la superficie de sus cilindros es superior a la de tracción ejercida por ellos, impidiendo así que las amarras se suelten por deslizar sobre las bitas.

En modo alguno están concebidas ni deben ser usadas como Guía Cabos de Cubierta, sobre todo si el ángulo de contacto de los cabos o cables sobre ellas va a ser considerable.