TRABAJO DE FIN DE GRADO EN NÁUTICA Y TRANSPORTE MARÍTIMO

OPERATIVA EN REMOLCADORES:

VB TENERIFE

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA

SECCIÓN DE NÁUTICA, MÁQUINAS Y RADIOELECTRÓNICA NAVAL

MOISÉS CRISPÍN ARMAS RODRÍGUEZ

DIRECTOR: JOSÉ AGUSTÍN GONZÁLEZ ALMEIDA

SEPTIEMBRE 2020

Dr. Don José Agustín González Almeida, Profesor perteneciente al departamento de ingeniería Agraria, Náutica, Civil y marítima y perteneciente al área de conocimiento de Construcciones Navales de la Universidad de La Laguna hace constar que:

D. Moisés Crispín Armas Rodríguez, ha realizado el trabajo de fin de grado bajo mi dirección con el título: *OPERATIVA EN REMOLCADORES: VB TENERIFE.*

Revisado dicho trabajo, estimo que reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

En Santa Cruz de Tenerife a 24 de septiembre de 2020

Fdo.

José Agustín González Almeida

Director de Trabajo de Fin de Grado

Contenido

Tabla de Ilustraciones 5

Resumen 7

Abstract 7

Objetivos 8

Introducción 9

Tipos de remolcadores 10

Remolcadores de puerto 12

Remolcadores de río 13

Remolcadores de altura 14

Remolcadores contraincendios o Fireboats 16

Remolcadores de lucha contra la contaminación 18

Remolcadores de salvamento 19

Tipos de propulsión de los remolcadores 20

Propulsión convencional 20

Propulsión Voith Schneider 22

Propulsión Azimutal 23

Propulsión combinada 26

Bollard Pull 27

Dispositivos de Remolque 29

Maquinilla 29

Gancho de remolque 30

Bitas 32

Monaguillos 32

Elementos varios 33

Cabo y cable de remolque 33

Maniobras 36

Futuro de los remolcadores 42

A bordo del VB Tenerife: 44

Conclusiones 48

Conclusions 49

Bibliografía 50

Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1. Assalama embarrancado en las costas de Tarfaya. (Fuente: http://google.es) 9
Ilustración 2. Remolcador y plataforma. (Fuente: http://google.es) 10
Ilustración 3. Remolcadores de Boluda. (Fuente: Trabajo de campo) 12
Ilustración 4. Pushboat. (Fuente: http://google.es) 13
Ilustración 5. Far Samson. (Fuente: http://google.es) 14
Ilustración 6. Supply Siem Day. (Fuente: http://google.es) 15
Ilustración 7. Cortinas de agua vista desde el puente. (Fuente: Trabajo de campo)..... 16
Ilustración 8. Fireboat con sistema contraincendios en marcha. (Fuente: http://google.es) 17
Ilustración 9. Remolcador en labores de limpieza de la contaminación. (Fuente: http://google.es) 18
Ilustración 10. Remolcador Punta Salinas Atracado. (Fuente: http://google.es) 19
Ilustración 11. Hélice con tobera tipo Kort. (Fuente: http://google.es) 20
Ilustración 12. Hélice de paso variable. (Fuente: http://google.es)..... 21
Ilustración 13. Sistema Voith Schneider. (Fuente: http://google.es)..... 22
Ilustración 14. Perfil de remolcador tractor con sistema Voith- Schneider..... 23
Ilustración 15. Sistema Azimutal con tobera. (Fuente: http://google.es)..... 24
Ilustración 16. Gobierno de sistema Azimutal. (Fuente: http://google.es) 25
Ilustración 17. Aspiración de hélices enfrentadas. (Fuente: http://google.es) 25
Ilustración 18. Joystick de control de sistema azimut. (Fuente: http://google.es)..... 26
Ilustración 19. Perfil de remolcador convencional con sistema azimutal en proa. 26
Ilustración 20. Prueba de Bollard Pull. (Fuente: http://google.es) 27
Ilustración 21. Dinamómetro para Bollard Pull. (Fuente: http://google.es)..... 28
Ilustración 22. Chigre o Maquinilla de un remolcador. (Fuente: http://google.es)..... 29
Ilustración 23. Gancho de Remolque. (Fuente: http://google.es) 30
Ilustración 24. Remolcador escorado debido a la tensión del cabo. 31
Ilustración 25. Bitas con cabos. (Fuente: http://google.es) 32
Ilustración 26. Monaguillo de proa. (Fuente: http://google.es) 32
Ilustración 27. Cable de acero (Galga). (Fuente: http://google.es)..... 33

Ilustración 28. Interior de cabo de remolque. (Fuente: Trabajo de campo)..... 34
Ilustración 29. Mecamar atento a la maniobra de dar el cabo. (Fuente: Trabajo de campo)..... 37
Ilustración 30. Remolcador acompañando a velero sin dar cabo. (Fuente: Trabajo de campo)..... 38
Ilustración 31. Remolcadores empujando. (Fuente: Trabajo de campo)..... 39
Ilustración 32. Remolcador Tirando. (Fuente: Trabajo de campo) 40
Ilustración 33. Pata de gallo sobre pontona. (Fuente: Trabajo de campo)..... 40
Ilustración 34. Remolcador tirando de barcaza. (Fuente: Trabajo de campo) 41
Ilustración 35. Remolcador Hibaizábal atracado para su presentación. Fuente: [10]... 42
Ilustración 36. Prototipo de Remolcador Eléctrico. Fuente: [11]..... 43
Ilustración 37. Remolcador V.B. Tenerife. Fuente: trabajo de campo..... 44
Ilustración 38. Forro para proteger el cabo del roce con la gatera. Fuente: Trabajo de campo. 45
Ilustración 39. Sala de máquinas VB Tenerife. Fuente: Trabajo de campo..... 46
Ilustración 40. A los mandos del VB Tenerife. Fuente: Trabajo de campo. 47

Resumen

Este trabajo consiste en la introducción al mundo de los remolcadores, los diferentes tipos y maniobras que realizan en su desarrollo profesional.

Narrado además desde un punto de vista cercano, ya que el autor ha pasado seis meses embarcado en uno de ellos durante su primer período de prácticas profesionales, enrolado en el remolcador V.B. Tenerife, perteneciente a la empresa naviera Rebate (Remolcadores y Barcazas de Tenerife), que pertenece al grupo Boluda Corporación Marítima.

Abstract

This work consists in the introduction into the tugs' world, the differents types and his manoeuvrability during his day a day functions.

In addition, this work is narrated from a closer point of view, due to the creator has been onboard of a tug vessel during six months as bridge cadet in the V.B. Tenerife, a vessel belongs to Rebate (Remolcadores y Barcazas de Tenerife), that belong moreover to Boluda Maritime Corporation.

Objetivos

El objetivo de este trabajo de fin de grado a realizar, debido a la terminación de los estudios del Grado en Náutica y Transporte Marítimo, es recordar la importante figura del remolcador desde sus inicios hasta la actualidad y su aportación tanto a la marina mercante, como a la hora de ejercer funciones de salvamento.

Así mismo, nos adentraremos en los diferentes tipos de remolcadores y sus funciones, tipos de propulsión, maniobras, y en el futuro de los mismos a colación, además, de la entrada en vigor de las normativas para la reducción de las emisiones.

Introducción

Desde hace ya varias décadas, el uso de embarcaciones que asistiesen a buques más grandes y con menor maniobrabilidad a la entrada y salida de puertos, en labores de rescate, de contraincendios, o simplemente para transportar de un punto a otro una embarcación o artefacto naval sin propulsión propia, ha sido constante.

Las inclemencias del tiempo, también pueden hacer que sea necesario el uso de este tipo de barcos, ya sea por mucho viento dentro de puertos, para asistir a buques que han quedado a la deriva, o incluso para desembarrancar buques que hayan quedado trágicamente hayan quedado atascados en la orilla o un banco de arena, como pasó no hace muchos años al ferry Assalama en las costas de Tarfaya, o al Bonanza Express en el puerto de Los Cristianos.

ILUSTRACIÓN 1. ASSALAMA EMBARRANCADO EN LAS COSTAS DE TARFAYA. (FUENTE: HTTP://GOOGLE.ES)

Este último si fue sacado de la orilla con la ayuda de los remolcadores de Boluda.

Tipos de remolcadores

ILUSTRACIÓN 2. REMOLCADOR Y PLATAFORMA. (FUENTE: HTTP://GOOGLE.ES)

El cada vez más extendido uso de los remolcadores dadas sus grandes aportaciones a la hora de desenvolverse tanto en puertos, como en ríos o en alta mar, a la hora de remolcar un buque que por las causas que sean, ya sea avería, mal tiempo, etc, no dispone en ese momento de propulsión propia, o por el simple hecho de aportar mayor seguridad y/o fluidez a las maniobras de atraque y desatraque, ha propiciado que se generen empresas dedicadas únicamente al mundo del remolque, especializándose así, en ofrecer soluciones inteligentes a la hora de llevar a cabo tales maniobras con una respuesta eficaz y satisfactoria gracias al amplio abanico que existe en la actualidad de tipos de remolcadores, como pueden ser los remolcadores de puertos, de salvamento, de altura, contraincendios, etc.

Hace unos meses, por ejemplo, el buque OPDR Andalucía, que cubre la ruta entre Sevilla, Santa Cruz de Tenerife, Las Palmas de Gran Canaria y Arrecife, sufría una avería en una de las turbos de su motor principal cuando estaba de camino a Sevilla, dejando el barco a la deriva durante horas a mitad de travesía entre Lanzarote y Sevilla. Hizo falta la

intervención del remolcador Thanos, un remolcador offshore, para llevar al OPDR al puerto de Cádiz, donde haría reparaciones.

Además, acontecimientos como el ocurrido anteriormente mencionado, ha propiciado la aparición de modelos de contratos para agilizar los trámites en una emergencia. Estos contratos los conocen bien los armadores, y se suele emplear la frase, “No cure, no pay”, que su traducción viene siendo algo así como “si no lo rescatas, no se te paga”, es decir, que, si el barco que socorres no consigue ser salvado, no se recompensará al buque o buques que lleven a cabo el salvamento. Esta recompensa varía en función de la carga que lleve el barco rescatado, y del arqueo del mismo. Actualmente, las tripulaciones de los remolcadores, según qué empresa, firman un contrato en el que renuncian a este plus salarial por auxilio y/o rescate. [1][2][3]

Debido a que a lo largo de los años se han ido adaptando los remolcadores para especializarlos en un campo u otro atendiendo a las funciones que desarrollan en su día a día, con el paso del tiempo, hemos visto como esta adaptación se ha traducido en diferentes tipos de remolcadores, remolcadores que destacan en su campo por estar enfocados a unas funciones específicas, y diseñados para ello.

A continuación, veremos varios de los diferentes tipos que operan en la actualidad en los puertos del mundo y fuera de ellos, atendiendo a sus funciones.

Remolcadores de puerto

Los remolcadores de puerto, como ya nos indica su nombre, son remolcadores enfocados a las maniobras dentro de los puertos, por lo que sus esloras están comprendidas entre los 20 y los 40 metros, así como una potencia de entre 2.000 y los 5.000 caballos.

Estos remolcadores son bastante recomendados por los prácticos a la hora de maniobrar con buques de gran tonelaje, ya que, debido a esos grandes pesos, se crean inercias de gran tamaño.

ILUSTRACIÓN 3. REMOLCADORES DE BOLUDA. (FUENTE: TRABAJO DE CAMPO)

Facilitan las maniobras de entrada y salida de los buques y resultan más seguras, ya que ciertas zonas de algunos puertos pueden tener especial sensibilidad y en caso de colisión, podrían ocasionar grandes daños a las zonas de atraque.

Estos remolcadores tienen contacto en todo momento con el práctico encargado de la maniobra a través del VHF, para coordinar los remolcadores y decirles por donde deben hacer firme al buque, ya sea por la amura o la aleta que son los lugares donde normalmente suelen actuar, además de indicarles si deben tirar o empujar. Así mismo,

el práctico hace uso de todos los medios para maniobrar con los que cuente el buque, esto incluye; hélice principal, anclas, amarras y hélices transversales en caso de que el buque cuente con estas.

Remolcadores de río

En este caso, los remolcadores diseñados para ríos se diferencian en que su casco tiene un calado muy bajo.

También, sobretodo en Estados Unidos, es muy común el uso de unos remolcadores comúnmente llamados towboats o pushers, que sus dimensiones son diferentes al de la foto anterior, ya que estos están diseñados más que para ayudar a la hora de atraque o desatraque de un buque, para tirar o remolcar barcazas, como vemos a continuación. Su proa suele tener también una forma rectangular, para encajar en el diseño de las barcazas que empuja. [1]

ILUSTRACIÓN 4. PUSHBOAT. (FUENTE: HTTP://GOOGLE.ES)

Remolcadores de altura

La labor de los remolcadores de altura es sobretodo transportar, de un punto a otro un buque, plataforma, o artefacto naval, tirando de él.

Para ello, se conecta por la popa del remolcador mediante un cable de acero o un cabo al objeto a transportar y se va tirando de él hasta alcanzar una velocidad óptima, adecuada a la climatología presente en la mar y a la forma del artefacto o buque a trasladar, ya que influirá en la velocidad, el hecho de tener oleaje, o viento, y la propia forma tanto de la obra viva, como de la obra muerta del artefacto transportado. De forma general, cuando se lleva a cabo el remolque de un buque, se suele hacer uso del cabo de remolque del que este disponga, ya que, de esta manera, nos aseguraremos de que el cabo se rompa antes que la bita a la que está encapillado.

ILUSTRACIÓN 5. FAR SAMSON. (FUENTE: HTTP://GOOGLE.ES)

Este tipo de remolcadores, suele tener unas dimensiones que pueden alcanzar los 120 metros de eslora y los 35.000 caballos de potencia, como es el caso del Far Samson, aunque por lo general, se encuentran entre los 60 y 80 metros, y una potencia comprendida entre los 10.000 y los 24.000 caballos. [5]

Así mismo, suelen cumplir una serie de criterios como una gran autonomía, una buena habilitación propia de viajes largos para la tripulación, una popa amplia con francobordos reducidos para que no interfieran con el dispositivo de remolque y sea cómoda a la hora de trabajar en ella, formas y asiento de popa propio para poder equipar hélices de grandes dimensiones, así como cintón de goma y defensas a lo largo de la eslora del buque por si tuviese que apoyarse a otro buque. Tener buena visibilidad es primordial en este tipo de buques, por lo que el puente suele tener un amplio rango de visión, que muchas veces cubre los 360 grados de visibilidad.

Los remolcadores de altura, también suelen relacionarse con los barcos supply, que tienen dimensiones similares, pero estos se encargan de llevar a las plataformas en alta mar, material de apoyo, víveres y personal de relevo entre otros. [4][5][6]

Es bastante común, encontrar remolcadores de altura con sistema de posicionamiento dinámico, el cual les es de gran ayuda en muchas situaciones, como el mantenerse cerca de una plataforma durante las operaciones de traspaso de materiales.

ILUSTRACIÓN 6. SUPPLY SIEM DAY. (FUENTE: HTTP://GOOGLE.ES)

Remolcadores contraincendios o Fireboats

Los fireboats, están destinados a la lucha contraincendios de otros barcos. Están compuestos por múltiples equipos capaces de bombear gran cantidad de agua en poco tiempo. Además, estos barcos tienen un equipo de autoprotección que rocía agua en forma de pantalla sobre sus cubiertas con el fin de poder acercarse al barco incendiado corriendo el menor peligro posible.

ILUSTRACIÓN 7. CORTINAS DE AGUA VISTA DESDE EL PUENTE. (FUENTE: TRABAJO DE CAMPO)

Es cierto que la gran mayoría de remolcadores, ya sean de puerto o remolcadores de altura, vienen equipados con unos equipos de extinción de fuego, que constan de unas bombas acopladas a los motores principales, con el fin de aprovechar toda la potencia de estos. Esta agua se bombea a través de unas tuberías del buque hasta llegar a los comúnmente llamados Fi-Fi, que son un sistema compuesto por una lanza a gran escala guiada remotamente para dirigir el chorro de agua hacia la posición que se desee. Cabe destacar, que estos sistemas también son compatibles con la utilización de espumógeno a la hora de bombear.

ILUSTRACIÓN 8. FIREBOAT CON SISTEMA CONTRAINCENDIOS EN MARCHA. (FUENTE: HTTP://GOOGLE.ES)

Este sistema, al utilizar gran parte de la energía suministrada por los motores principales, hace que, durante su uso, el remolcador tenga que desplazarse de manera muy lenta. [1]

Remolcadores de lucha contra la contaminación

ILUSTRACIÓN 9. REMOLCADOR EN LABORES DE LIMPIEZA DE LA CONTAMINACIÓN. (FUENTE: HTTP://GOOGLE.ES)

Existe otra función adicional para los remolcadores para los cuales están destinados los de lucha contra la contaminación. Como bien nos indica su nombre, se función es la captación de residuos como crudos, aceites, o material flotante como redes o plásticos.

Están equipados con varios dispositivos capaces de captar los residuos y llevarlos a bordo en caso de tener tanques para el tratamiento del agua contaminada recogida. En caso de que no cuenten con estos tanques, están equipados para llevar a cabo labores como la de esparcir dispersantes o largar barreras de contención.

Estos remolcadores tienen medidas similares a los remolcadores de altura, ya que forman parte de ellos. [1]

Remolcadores de salvamento

ILUSTRACIÓN 10. REMOLCADOR PUNTA SALINAS ATRACADO. (FUENTE: HTTP://GOOGLE.ES)

Por último, tenemos los remolcadores destinados al salvamento. Podemos verlos en algunos puertos como el de Santa Cruz de Tenerife, donde se encuentra atracado el Punta Salinas, perteneciente a salvamento marítimo.

Son remolcadores offshore, equipados con lo necesario para labores de rescate. Suelen contar además con zonas destinadas al izado de personas con helicóptero y grúas, e incorporan un hospital.

Estos buques, una vez son llamados a servicio, han de llegar a la zona del incidente lo antes posible, para intentar salvar el mayor número de personas.

También suelen hacer servicios de búsqueda, cuando no se encuentran a las embarcaciones perdidas.

Tipos de propulsión de los remolcadores

Como decíamos al principio, desde el remolcador de palas a vapor, hasta la actualidad, se han ido desarrollando una serie de sistemas de propulsión a medida que la tecnología avanza, la industria se moderniza, y se descubren nuevas técnicas de fabricación y manipulación de los materiales, como los usados para las hélices, toberas y ejes entre otros.

A continuación, vamos a ver los sistemas de propulsión con los que cuentan los remolcadores en la actualidad, sus ventajas e inconvenientes y su maniobrabilidad. [12]

Propulsión convencional

Este tipo de propulsión, se ha usado durante muchos años, ya que en su momento era el único sistema disponible y fiable, el cual consiste en un eje que sale a través de la bocina por la popa, el cual conduce hasta una hélice a popa con un timón. Este sistema evolucionó luego hacia las hélices cubiertas por una tobera tipo Kort, y más tarde, a unas toberas timón, las cuales giran en su eje vertical, orientando así, el flujo de agua producido por la hélice. La introducción de la tobera tipo Kort, acelera el fluido en la sección que pasa por hélice, y una vez pasa esta sección, disminuye de nuevo la velocidad aumentando la presión y por lo tanto el empuje, lo cual aumenta la eficacia del propulsor. Además, la tobera evita que se formen turbulencias en las puntas de las palas de la hélice, logrando así retrasar el desgaste de las palas.

ILUSTRACIÓN 11. HÉLICE CON TOBERA TIPO KORT. (FUENTE: HTTP://GOOGLE.ES)

ILUSTRACIÓN 12. HÉLICE DE PASO VARIABLE. (FUENTE: HTTP://GOOGLE.ES)

En este tipo de propulsor tiene una variante, que se introdujo cuando se desarrollaron las hélices de paso variable. Este tipo de hélices siempre giran en el mismo sentido. La peculiaridad surge cuando vemos que las palas pivotan en su propio eje, lo cual facilita mucho a la hora de dar máquina atrás, ya que no hay que esperar a parar el giro de la hélice, sino que mientras sigue girando en el mismo sentido, al invertir la orientación de las palas, se logra que el flujo cambie de sentido. También nos permite dejar las palas sin ángulo de ataque, lo cual permite dejar las hélices girando sin tener que estar avanzando ni con máquina atrás. Como ventaja respecto a las de paso fijo, estas son más eficaces ya que desarrollan la potencia máxima a cualquier velocidad, cosa que no pasa con las de paso fijo ya que están diseñadas para unas condiciones específicas de operación.

El paso variable presenta dos problemas, y son los siguientes. Cuando no está bien regulado, y ponemos a cero el ángulo de ataque, suele quedarse con un cierto ángulo, ya sea hacia adelante o hacia atrás (a esto se le conoce como un barco positivo, cuando estando en cero el ángulo de ataque el barco avanza, y negativo cuando, por el contrario,

el barco va atrás). Este error se puede solucionar sin mayor inconveniente. También cabe destacar como inconveniente, que estas no son tan eficaces a la hora de dar máquina atrás, ya que proporcionan un menor empuje debido a su diseño.

Los remolcadores que llevan este tipo de propulsión a día de hoy, suelen ser barcos ya antiguos, remolcadores de altura o suplpy.

Propulsión Voith Schneider

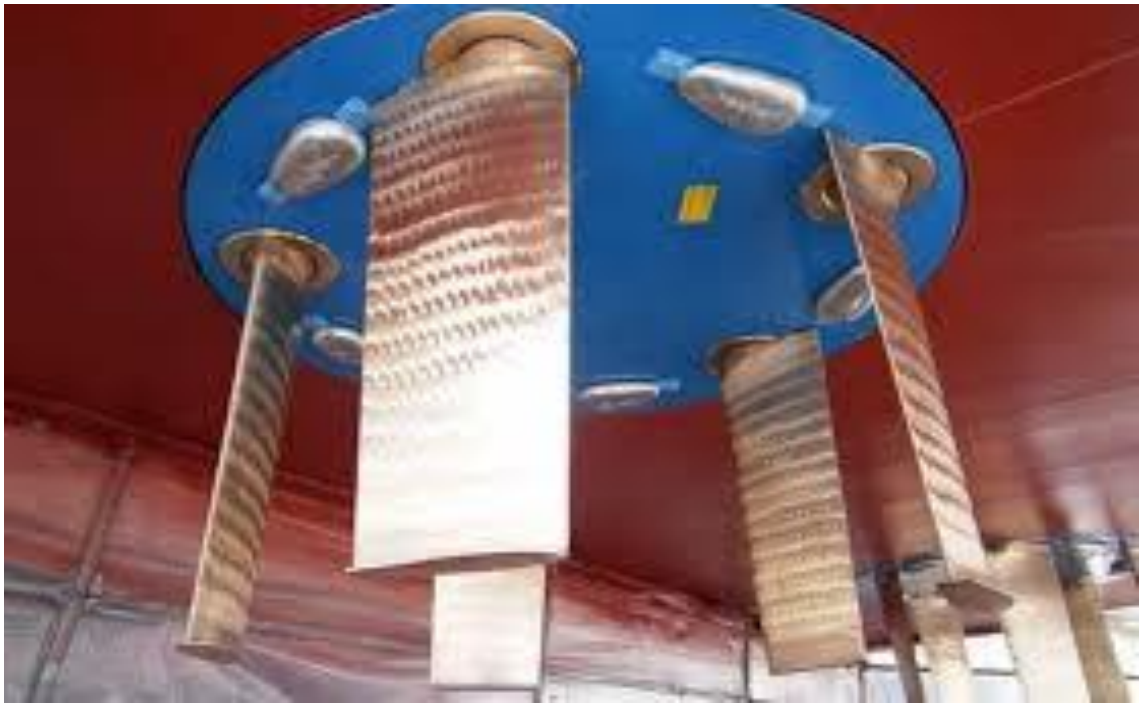

ILUSTRACIÓN 13. SISTEMA VOITH SCHNEIDER. (FUENTE: HTTP://GOOGLE.ES)

El sistema Voith Schneider consiste en un rotor que gira bajo el casco con un conjunto de palas orientadas de forma vertical, cada una de ellas giran sobre su propio eje, y ese movimiento, superpuesto al de rotación del conjunto, genera un empuje el cual, puede ser orientado en función de cómo se dispongan las palas. El hecho de que las palas sean orientables, nos recuerda a las hélices de paso variable, y como estas, el sistema Voith también nos permite el uso de ellas como tal, ya que cuando no queremos avanzar, las palas continúan girando sin realizar ningún empuje.

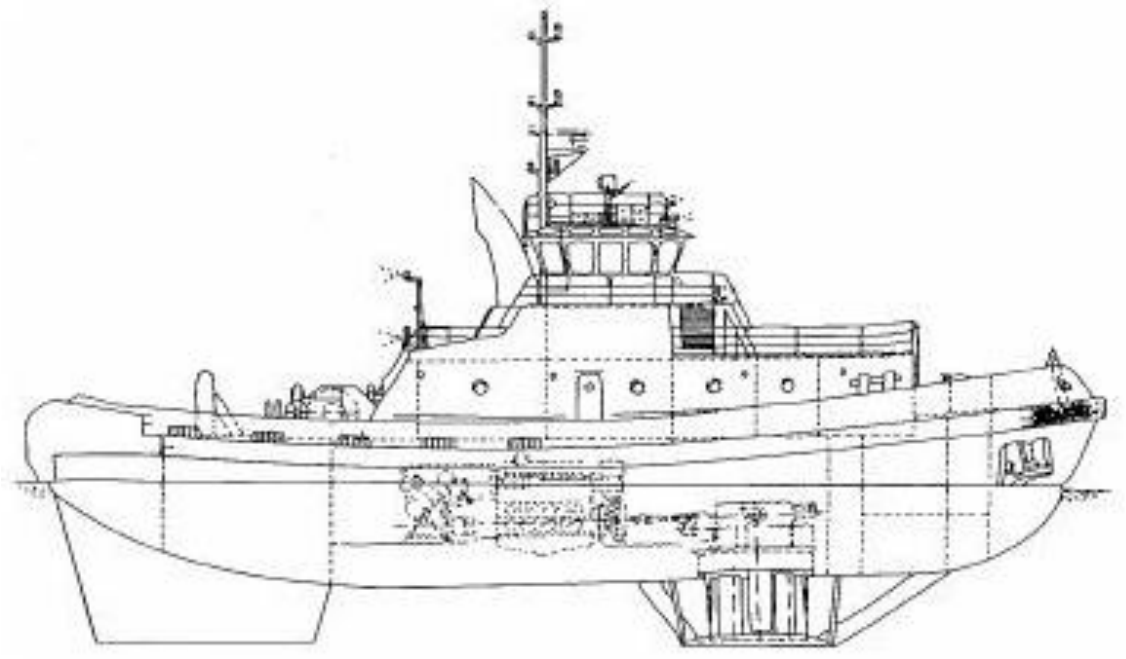

ILUSTRACIÓN 14. PERFIL DE REMOLCADOR TRACTOR CON SISTEMA VOITH- SCHNEIDER.

Este sistema suele estar instalado a 1/3 de la proa, por lo que se suelen denominar a estos remolcadores con que tienen el sistema de propulsión más a proa como tractores, o tractor. El remolcador suele venir también con una quilla bastante larga a popa, sobre la cual pivota a la hora de girar. Cabe destacar que suele ser un sistema con un elevado precio, aunque permite tener al barco que lo monta una gran maniobrabilidad.

La empresa Voith, también ha desarrollado el Voith Roll Stabilization, una manera de hacer que, además de impulsar el buque, lo estabilice, lo cual logra sin tener que añadir ningún elemento adicional al sistema bajo el agua, sino de manera electrónica, en combinación con el posicionamiento dinámico. Esta es otra ventaja respecto a los propulsores ASD o azimutales que veremos a continuación. [8]

Propulsión Azimutal

Los propulsores azimutales, están compuestos por unas hélices alojadas en unas toberas, las cuales giran 360 grados sobre sí mismas. Esto permite una gran maniobrabilidad al remolcador y de manera instantánea prácticamente, ya que, para cambiar de dirección, basta con girar la tobera hacia donde queramos.

ILUSTRACIÓN 15. SISTEMA AZIMUTAL CON TOBERA. (FUENTE: HTTP://GOOGLE.ES)

Suelen estar montadas por parejas, y cuando están a 1/3 de la proa, se denomina tractor como nombramos antes, aunque, en el caso de estar montados a popa, se denomina ASD (Azimuth Stern Drive).

En ambas combinaciones pueden ser con hélices de paso fijo, o también de paso variable, aunque por lo que he podido ver durante el período de prácticas, el remolcador que montaba el ASD con paso variable, se usaba como un ASD de paso fijo, ya que ajustaban las palas en función de la velocidad de la maniobra y de la comodidad del patrón que gobernaba en ese momento, y trabajaba con revoluciones como se suele decir en estos casos.

A continuación, podemos ver como se ha de gobernar un sistema como el descrito.

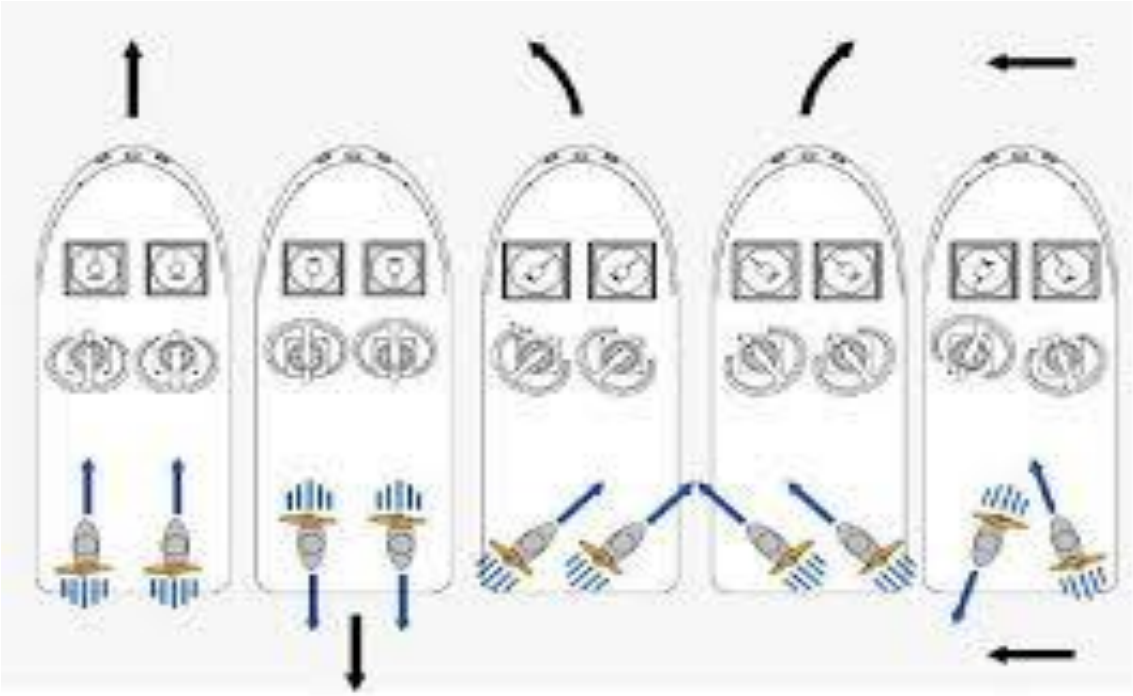

ILUSTRACIÓN 16. GOBIERNO DE SISTEMA AZIMUTAL. (FUENTE: HTTP://GOOGLE.ES)

Trabajar con revoluciones en los azimutales, significa mantener ambas hélices a unas revoluciones fijas, en lugar de estar subiéndolas o bajándolas incluso embragando cuando no se demanda empuje. Al tener las revoluciones fijas siendo estas hélices de paso fijo, para evitar que el barco avance o vaya atrás, se enfrentan ambas aspiraciones de las hélices, anulando así un empuje con otro, como vemos en la imagen.

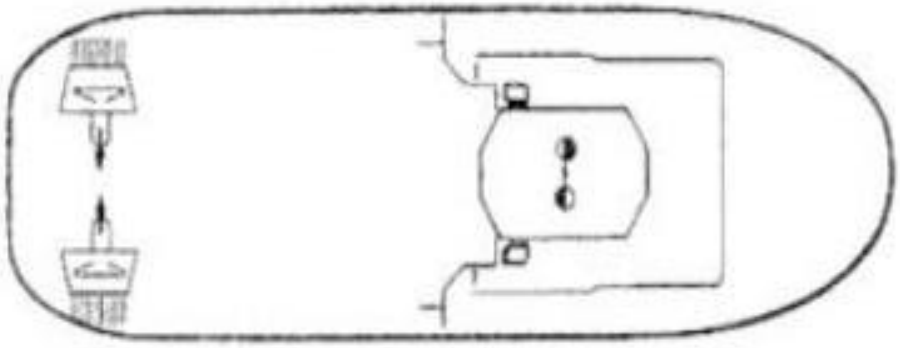

ILUSTRACIÓN 17. ASPIRACIÓN DE HÉLICES ENFRENTADAS. (FUENTE: HTTP://GOOGLE.ES)

El manejo de este sistema suele ser mediante joysticks, uno para cada hélice, en el cual, si es de paso fijo, en el mismo joystick regulas la orientación y las revoluciones, y si es de paso variable, regulas también la orientación de la hélice, y el ángulo de las palas. [7]

ILUSTRACIÓN 18. JOYSTICK DE CONTROL DE SISTEMA AZIMUT. (FUENTE: HTTP://GOOGLE.ES)

Propulsión combinada

Existen remolcadores que combinan algunos de los sistemas mencionados anteriormente.

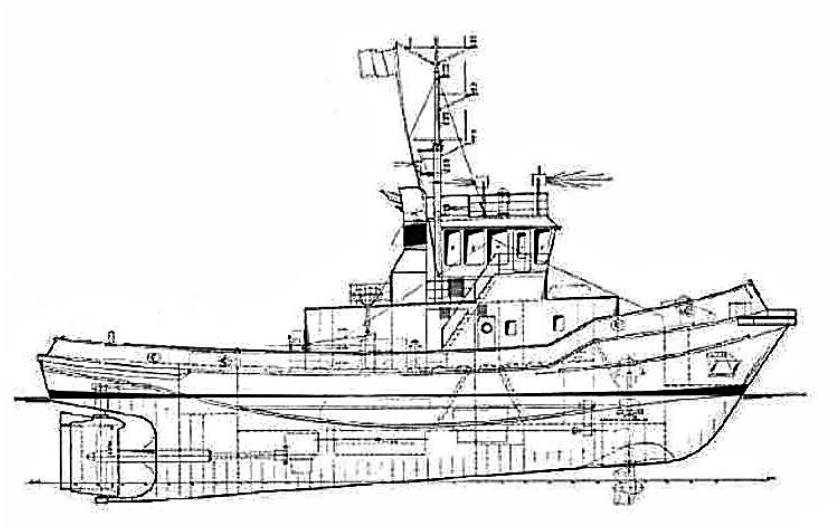

ILUSTRACIÓN 19. PERFIL DE REMOLCADOR CONVENCIONAL CON SISTEMA AZIMUTAL EN PROA.

Por ejemplo, a un remolcador con propulsión convencional, se le añade una hélice azimutal en la proa, dándole así una mayor maniobrabilidad al remolcador.

O incluso, a sistemas ASD, se le añade una tercera hélice azimutal a proa, lo cual añade mayor maniobrabilidad, mayor fuerza de tiro/empuje y permite, tirar o empujar al remolcador de forma indirecta. [7]

Bollard Pull

El bollard pull o tracción a un punto fijo, es una prueba que hacen los remolcadores para medir la cantidad de fuerza que son capaces de generar a máxima potencia.

ILUSTRACIÓN 20. PRUEBA DE BOLLARD PULL. (FUENTE: HTTP://GOOGLE.ES)

Esta prueba consiste en poner un dinamómetro entre un punto firme en tierra, y el cable con el que el remolcador tira, y luego de alejarse lo suficiente del muelle, unos 300 metros recomienda la sociedad de clasificación Det Norske Veritas, como para que la pared de este no interaccione con el chorro saliente de las hélices, pues se comienza a tirar hasta el mayor régimen de potencia que pueda producir el remolcador. El dinamómetro nos entregará un valor, el cual vendrá expresado en Tm (Toneladas métricas) o rara vez, en KN (Kilonewtons).

ILUSTRACIÓN 21. DINAMÓMETRO PARA BOLLARD PULL. (FUENTE: HTTP://GOOGLE.ES)

La sociedad de clasificación Det Norske Veritas, aporta una serie de condiciones que recomienda cumplir a la hora de llevar a cabo este test, como, por ejemplo, una distancia no inferior al punto firme en tierra de 300 metros, o una profundidad no menor de 20 metros. Entre ellas, también nos indica el desplazamiento que ha de tener el remolcador en ese momento o el trimado. [9]

Dispositivos de Remolque

Son varios los elementos que intervienen a la hora de dar remolque. Dejando a un lado el tipo de remolcador, nos centraremos a continuación en los elementos comunes a todos los remolcadores a la hora de remolcar.

Maquinilla

La maquinilla, o también conocida como chigre, consiste en uno o dos tambores accionados mediante presión hidráulica donde se estiva el cable o cabo de remolque según sea el caso. Este sistema debe instalarse lo más bajo posible para que no afecte negativamente a la estabilidad del remolcador cuando éste tire de forma transversal, ya que de lo contrario podría inclinar el remolcador peligrosamente con pequeñas tensiones. Además, se suele montar haciendo que coincida con el centro de resistencia lateral del remolcador, lo cual facilitará la maniobrabilidad del remolcador, ya que será más fácil pivotar sobre sí mismo en el caso de que haya que hacer un cambio o reposicionarse.

ILUSTRACIÓN 22. CHIGRE O MAQUINILLA DE UN REMOLCADOR. (FUENTE: HTTP://GOOGLE.ES)

Existen dos tipos, manuales y automáticas.

Las manuales, se accionan desde el puente, enrollando o desenrollando el cabo necesario para el remolque. Este tipo de maquinillas requiere un control constante para evitar que el cabo trabaje en exceso y pueda romper.

Por otro lado, tenemos las automáticas, las cuales se pueden regular en tensión constante y longitud máxima. En tensión constante, el programa vira o desvira la maquinilla para mantener siempre la tensión indicada sin exceder la longitud máxima programada.

Gancho de remolque

ILUSTRACIÓN 23. GANCHO DE REMOLQUE. (FUENTE: HTTP://GOOGLE.ES)

Está formado por pieza de metal en forma de gancho de gran resistencia a la tracción, en el cual, se encapilla el cabo o cable de remolque. Su función es la misma que la de del chigre, pero con la limitación de que aquí no podemos regular la cantidad de cabo que damos, ya que la longitud es fija, y por lo tanto, al ofrecernos el chigre unas ventajas considerables frente al gancho, este sistema se ha ido sustituyendo por el chigre. El gancho está dotado de un sistema de emergencia accionado desde el puente, el cual hace que el gancho gire para soltar automáticamente el cabo de remolque. En los primeros remolcadores, como es el caso de los convencionales iniciales, este sistema se liberaba mediante un cable de acero que llegaba hasta el puente, el cual, al tirar de él, liberaba el gancho. En los actuales, se realiza mediante un botón que hace accionar un cilindro hidráulico el cual libera el gancho.

Varios remolcadores se han hundido debido a que el sistema de largado de emergencia fallaba, y quedaba enganchado el remolcador al cabo y terminaba hundiéndolo.

ILUSTRACIÓN 24. REMOLCADOR ESCORADO DEBIDO A LA TENSIÓN DEL CABO.

Bitas

Las bitas son estructuras de metal que se colocan en la cubierta para hacer firmes los cabos, tanto los de remolque, como los de atraque. Por lo general están dispuestas cerca de las gateras.

ILUSTRACIÓN 25. BITAS CON CABOS. (FUENTE: HTTP://GOOGLE.ES)

Monaguillos

ILUSTRACIÓN 26. MONAGUILLO DE PROA. (FUENTE: HTTP://GOOGLE.ES)

Estos elementos, también conocidos coloquialmente como porterías, son la última parte del remolcador que toca el cabo de remolque al salir del barco. Son unas estructuras por las cuales se pasa el cabo de remolque y que sirven para darle una mayor maniobrabilidad del remolcador cuando se realiza un tiro indirecto y para guiar el cabo.

Elementos varios

ILUSTRACIÓN 27. CABLE DE ACERO (GALGA). (FUENTE: HTTP://GOOGLE.ES)

Es habitual encontrar en los remolcadores elementos auxiliares al remolque, como pueden ser grilletes de diferentes tonelajes, los cuales se usan junto con el triángulo de remolque, el cual es una pieza de metal maciza en forma de triángulo, utilizada para unir dos galgas a la pieza que se va a remolcar al cabo de remolque principal.

Las galgas antes mencionadas, son cables de acero de diámetros entre los 5 y los 10 cm que se utilizan para remolcar.

Además de esto, cerca de las maquinillas también encontramos herramientas como una maza, o una pata de cabra, las cuales son de gran utilidad si algún elemento se atasca.

Cabo y cable de remolque

Este es el elemento principal que une al remolcador con el remolcado, y el cual arrastra de él. Aquí nos encontramos con dos variantes, el cabo, y el cable de acero.

Cabos: La aparición de la fibra sintética de poco peso y gran resistencia, además de un fácil manejo, ha hecho que su utilización en el campo del remolque sea cada vez más popular. También hay que añadir su gran elasticidad, ya que en ocasiones contamos con valores de hasta un 50% de nylon y poliamidas, lo cual nos ahorra el uso de catenarias en el remolque, ya que el propio cabo absorbe esas tensiones. Siempre que usemos un cabo como elemento de remolque, hemos de intercalar un tramo de cadenas con las dimensiones adecuadas para librar el monaguillo de popa y la regala, a fin de que, con el roce del cabo con estos elementos, no se desgaste y comience a romper las filásticas. Ha este tramo de cadenas se le conoce como cadena de sacrificio.

ILUSTRACIÓN 28. INTERIOR DE CABO DE REMOLQUE. (FUENTE: TRABAJO DE CAMPO)

Los remolcadores en puerto trabajan con un puntero de maniobra, que no es más que un tramo de cabo del mismo diámetro que el cabo que tiene enrollado la maquinilla, con el cual, todos los desperfectos que sufra el cabo durante el uso en maniobras, se produzcan solo en ese tramo y no afecte al cabo largo. Con esto se logra alargar la vida del cabo largo que se encuentra enrollado en la maquinilla, ya que una vez tenga demasiados desperfectos el puntero, solo se cambie ese tramo, y no haya que recortar tramos del otro lo que produciría un acortamiento cada vez mayor.

Cables de acero: Dada su mayor resistencia a la tracción respecto a los cabos con igual diámetro, el cable de acero se ha utilizado y se sigue utilizando en la actualidad para las operaciones de remolque en alta mar. Al contrario que los cabos, estos cables carecen de elasticidad y su manejo para la tripulación es más tedioso, además del peso de los mismos.

Al contrario que los cabos, con el uso de los cables, se ha de llevar a cabo una catenaria que absorba los tirones producidos por las olas y el viento.

Es muy común a día de hoy, ver sistemas mixtos, en los cuales se usan tanto cables de acero, (para unir desde las bitas del remolcado al triángulo de acero) y cabos sintéticos, para unir el triángulo al barco que remolca. De esta manera, se logra aprovechar la elasticidad del cabo, la cual nos ahorra el hecho de estar creando una catenaria.

Maniobras

Las maniobras que realizan los remolcadores son varias, a la hora de atracar, desatracar, acompañando o, remolcando. A continuación, veremos una serie de maniobras comunes al atraque y desatraque, y que llevan a cabo los remolcadores dentro del puerto.

Para ponernos en situación, partimos de un ejemplo como es el caso de los remolcadores en el muelle de Santa Cruz de Tenerife, los cuales están siempre a la escucha en el canal 14, esperando a que la torre de control los solicite a petición del práctico.

Una vez los remolcadores son llamados, en cuestión de minutos su tripulación arranca motores y larga cabos poniendo rumbo al servicio. Una vez llegan, se producen las siguientes maniobras.

Cuando el remolcador se dispone a acercarse a otro buque, ha de tener en cuenta siempre la dirección y fuerza tanto del viento como de las olas, ser precavido y posicionar el barco de tal manera que, si hay alguna complicación, le dé tiempo a maniobrar para salvarla. El patrón ha de ser consciente en todo momento de las características del remolcador que gobierna, y sobre todo, de donde se encuentra situado su propulsión, ya que en el caso de los ASD, se recomienda que se trabaje con la maquinilla de proa, de esta manera el remolcador tendrá una mayor maniobrabilidad. En el caso de ser tipo tractor, lo contrario, es decir, trabajar con la maquinilla de popa. [9]

Dar el cabo: Esta maniobra, consiste en conectar de manera física el remolcador, con el buque que va a ser asistido. Para ello, el remolcador se acerca a la zona indicada por el práctico, normalmente suele ser por la amura o la aleta, para que haga firme el cabo.

Para ello, el mecamar espera atento a que el marinero del buque asistido lance una sisga (cabo de pequeño diámetro que cuenta con un peso, normalmente una bola, o un pequeño saco de arena en la punta para poder ser lanzado lejos).

ILUSTRACIÓN 29. MECAMAR ATENTO A LA MANIOBRA DE DAR EL CABO. (FUENTE: TRABAJO DE CAMPO)

Una vez el Mecamar tiene la sisga, hará un nudo al cabo guía que tiene el remolcador, el cual los marineros del buque asistido podrán pasar por la maquinilla para luego subir a bordo el puntero de maniobra. Una vez se encapilla el puntero en una de las bitas del barco, el marinero nos hará una seña con los brazos en aspa para advertirnos de que ya está firme y se puede trabajar sobre él.

Acompañar: Cuando estamos en una entrada a puerto, es decir, para un atraque, el remolcador ha de ir acompañando al buque sin entorpecer su paso y atento a las órdenes del práctico en todo momento. También se suele dar el caso de que el remolcador no tenga que dar el cabo al buque, en cuyo caso, el remolcador estará siempre cerca del buque acompañándolo por si fallase algo asistirlo.

ILUSTRACIÓN 30. REMOLCADOR ACOMPAÑANDO A VELERO SIN DAR CABO. (FUENTE: TRABAJO DE CAMPO)

Empujar: Si el práctico nos indica que debemos empujar, el remolcador se irá pegando poco a poco al buque hasta quedar apoyado en él, una vez apoyado, comenzará a dar más o menos máquina en función de las órdenes del práctico. A esta maniobra de empujar también se le conoce como hacer de carnero.

Se ha de tener especial atención cuando nos acercamos a un buque para empujarlo, en las marcas que suelen tener en el costado los buques, ya que hay zonas en las cuales no se debe ejercer presión con el remolcador, porque podríamos causar daños graves. Estas zonas suelen ser compuertas.

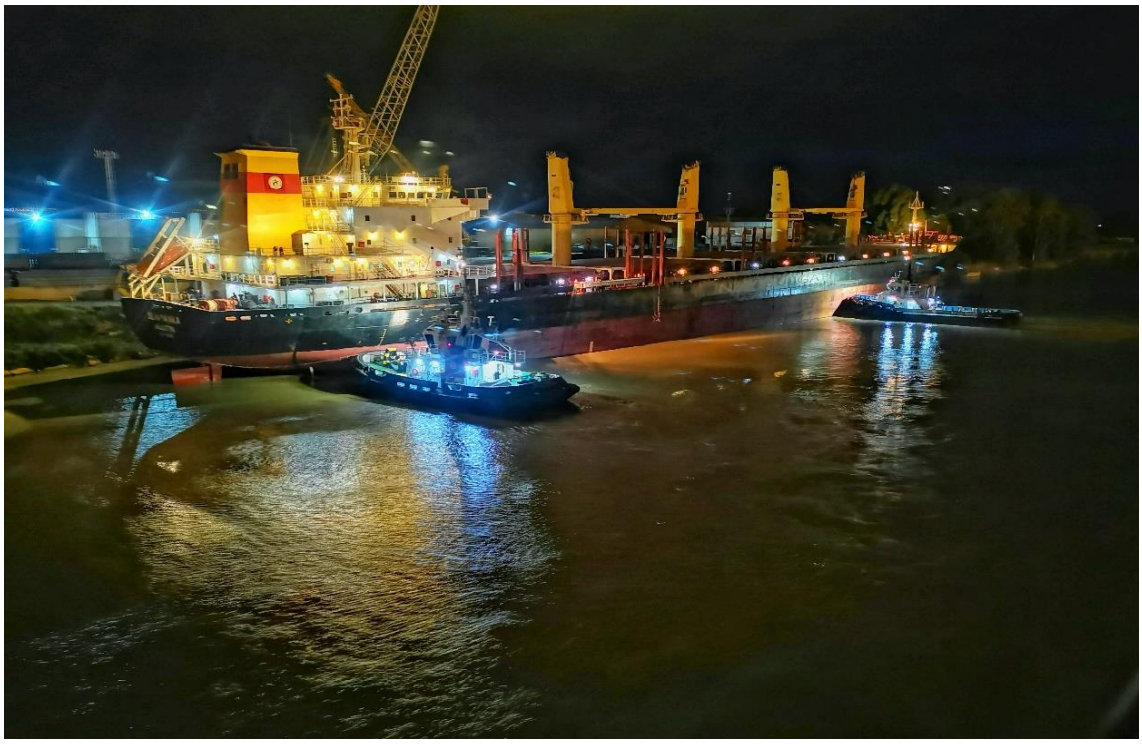

ILUSTRACIÓN 31. REMOLCADORES EMPUJANDO. (FUENTE: TRABAJO DE CAMPO)

Además, el patrón ha de ser consciente del puntal de su remolcador en todo momento para no tener ningún roce.

Tirar: Como bien nos indica la acción, cuando el práctico nos ordene tirar, el remolcador se alejará del buque dejando una distancia prudente y suficiente dependiendo del espacio disponible, y teniendo en cuenta dejar bastante distancia de cabo para que el puntero de maniobra, junto con el resto del cabo trabajen bien, aprovechando su elasticidad. Si tirásemos con muy poca distancia de cabo, éste podría llegar a partirse ya que esa corta distancia no es suficiente para absorber la tensión producida.

ILUSTRACIÓN 32. REMOLCADOR TIRANDO. (FUENTE: TRABAJO DE CAMPO)

Remolcar: Previo a hacer un remolque, el cual se ha estudiado detalladamente, como para el caso de remolcar una barcaza, capitanía marítima ha de dar el visto bueno. Por lo general se suele hacer de la siguiente manera:

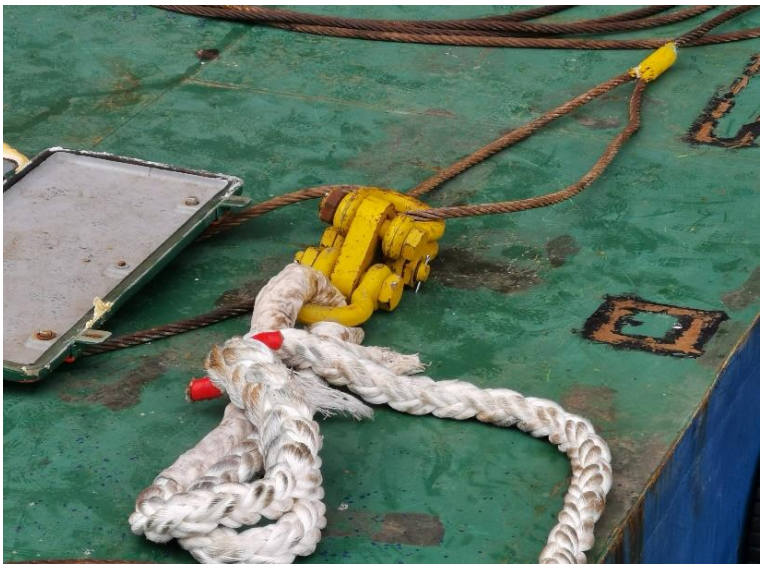

ILUSTRACIÓN 33. PATA DE GALLO SOBRE PONTONA. (FUENTE: TRABAJO DE CAMPO)

Del artefacto a remolcar saldrán dos galgas (una por cada amura) que estarán encapilladas una bita cada una por un extremo, y por el otro, coincidirán en una pieza con forma de triángulo, también conocida como pata de gallo, con unos grilletes. El tercer vértice del triángulo también mediante un grillete, se colocará una tercera galga, la cual en su otro extremo irá con un grillete enganchada al cabo (muchas veces esta tercera galga se suprime, conectando directamente el cabo a la pata de gallo).

El cabo, el cual tendrá una longitud en función de lo que vayamos a remolcar, en torno a 200 metros o más, puede ir encapillado al gancho de remolque, o, al cable de la maquinilla de popa del remolcador.

ILUSTRACIÓN 34. REMOLCADOR TIRANDO DE BARCAZA. (FUENTE: TRABAJO DE CAMPO)

Futuro de los remolcadores

Con la entrada en vigor el 1 de enero de 2020 del anexo VI revisado del Convenio Marpol sobre la reducción del 3.50% al 0.50% del límite máximo de contenido de azufre en el fueloil, cada vez son más las opciones que nos ofrecen diferentes fabricantes para, al igual que está pasando con los automóviles, hacer además que los motores de los buques y en este caso concreto de los remolcadores, cada vez contaminen menos, ir llevándolos poco a poco a la hibridación y finalmente a la electrificación completa.

Hoy en día, ya podemos ver diferentes propuestas de barcos híbridos y eléctricos, como es el caso del Hibaizábal Quince, el cual es el primer remolcador híbrido de España el cual permite el empleo de gas natural licuado como combustible principal. [10]

ILUSTRACIÓN 35. REMOLCADOR HIBAIZÁBAL ATRACADO PARA SU PRESENTACIÓN. FUENTE: [10]

A parte de este ejemplo, tenemos otros como es el caso del primer remolcador totalmente eléctrico, que comenzará a operar en Australia en 2021, y el cual cuenta con dos motores azimutales eléctricos, y tiene autonomía para unas 4 maniobras con una

sola carga. En caso de necesitar más energía ya sea porque se alargue la maniobra o porque se está quedando sin energía, cuenta con dos grupos electrógenos que son capaces de generar la suficiente energía para que el remolcador obtenga un bollard pull de 40 Tm, en comparación con las 70 Tm que generaría con las baterías. [11]

ILUSTRACIÓN 36. PROTOTIPO DE REMOLCADOR ELÉCTRICO. FUENTE: [11]

A bordo del VB Tenerife:

Durante seis meses realicé las prácticas a bordo de este remolcador de la empresa Boluda, en el cual, al ser mi primer embarque, puse en práctica todo lo aprendido en la escuela de náutica, y adquirí una gran cantidad de conocimiento práctico a bordo, con la ayuda tanto de mecamares, patrones y mecánicos, a los cuales aprovecho para agradecerles el tiempo que emplearon en enseñarme.

ILUSTRACIÓN 37. REMOLCADOR V.B. TENERIFE. FUENTE: TRABAJO DE CAMPO

Desde aprender a hacer costuras y gazas en los cabos, como cambiar juntas de expansión en los motores principales, pasando como no por maniobrar a los mandos del propio remolcador, fueron unos meses de aprendizaje día tras día, los cuales, además de enseñarme la vida a bordo de un barco, fueron la antesala para el siguiente embarque que realicé en el OPDR Andalucía.

A continuación, haré un breve resumen de los meses a bordo de este barco en los diferentes departamentos:

Cubierta: En el departamento de cubierta, sobre todo nos centramos en la parte del mantenimiento del remolcador. Hemos hecho tareas de saneamiento de partes oxidadas, las cuales, después darles con la piqueta y pasarle con la radial con un disco de alambre para levantar toda la capa de óxido, se procede a echar ferronet (líquido desoxidante). A continuación, se aplica una o varias capas de minio para finalmente pintarlo.

Además de esto, también se ha hecho el mantenimiento y revisión de los elementos de seguridad con los que cuenta el barco, así como un control de las fechas de caducidad de los mismos. Tanto de bengalas, dispositivos lanzacabos, cohetes, radiobalizas, chalecos y trajes de supervivencia, balsas, estado de las baterías de emergencia, etc.

Junto a estas revisiones, se inspeccionaban visualmente los cabos tanto de atraque, como el cable de remolque y el cabo de maniobra, el cual, pude ver como se reparaba en varias ocasiones, además de la sustitución del puntero de maniobra, ya que este tramo sufre bastante deterioro cuando no se trabaja de forma adecuada con él, pudiendo estrecharse la sección o incluso llegar a romper.

ILUSTRACIÓN 38. FORRO PARA PROTEGER EL CABO DEL ROCE CON LA GATERA. FUENTE: TRABAJO DE CAMPO.

Cabe mencionar la realización de gazas y costuras en los cabos, los cuales antes del embarque no sabía hacer, y que son de gran utilidad para hacer forros que protejan al cabo por ejemplo de los roces con las gateras cuando está atracado el barco y no se deterioren con el constante movimiento de vaivén en puerto.

Máquinas: Aunque el departamento de máquinas no era mi especialidad, siempre quise ayudar y aprender todo lo posible sobre el barco y su funcionamiento, de hecho, siempre que iban a hacer alguna reparación o labores de mantenimiento en la máquina bajaba.

ILUSTRACIÓN 39. SALA DE MÁQUINAS VB TENERIFE. FUENTE: TRABAJO DE CAMPO.

Comencé con lo básico, conocer la sala de máquinas, así como el funcionamiento de los equipos y las medidas de seguridad dentro de ella, y la importancia de las protecciones auditivas. Poco a poco, me encargaban más funciones según veían como me desenvolvía, tales como limpiar la depuradora de gasoil, ayudar a cambiar las juntas de expansión de los escapes, limpiar los intercambiadores de calor, ayudar al mantenimiento de los motores auxiliares o incluso arrancar los motores principales.

Puente: Los patrones, los cuales me enseñaron los efectos que se producían en el remolcador con el sistema azimutal, y la diferencia de reacción si era tipo tractor o ASD, ya que tuve la suerte de poder maniobrar con los diferentes remolcadores que se encuentran en el muelle de Santa Cruz, también me explicaron los pasos a seguir y qué tener en cuenta a la hora de realizar una maniobra; tanto la meteorología, la forma del buque al que asistíamos o las limitaciones del propio remolcador, eran elementos claves a la hora de plantear la maniobra.

Además de lo mencionado, pude aprender también sobre la gestión de un barco; certificados, revisiones, inspecciones, etc. Conocimientos que pude ampliar luego en el segundo embarque que tuve a bordo del OPDR Andalucía.

ILUSTRACIÓN 40. A LOS MANDOS DEL VB TENERIFE. FUENTE: TRABAJO DE CAMPO.

Con el paso de los días, recibía consejos los cuales iba guardando para ponerlos en práctica cuando me dejaban los mandos, hasta el punto de que confiasen en mí para realizar maniobras de atraque y desatraque, o de aproximación y dar cabo a buques, así como escoltarlos. Siempre con la supervisión en todo momento del patrón y atento tanto a las indicaciones del práctico, como a las del patrón.

Por último, tuve la suerte de participar en varias operaciones de remolque de una pontona, la cual fue trasladada del muelle de Las Palmas de Gran Canaria hasta Santa Cruz, siendo remolcada por el VB Garbí (Un remolcador de tipo convencional con tobera), y en cuya maniobra, aprendí muchas cosas a tener en cuenta a la hora de llevar un remolque tan largo, así como la previa preparación que ello conlleva.

Conclusiones

Como sabemos, los remolcadores son fundamentales en los puertos que tienen gran tráfico de buques mercantes, ya que es un servicio más con el que los armadores pueden contar a la hora de programar la ruta del barco, y los cuales le dan seguridad.

No solo en puerto, como hemos visto, los remolcadores tienen multitud de aplicaciones, y en alta mar, ofrecen un gran abanico de posibilidades mostrando ser multidisciplinares, tanto como barcos de auxilio, o de lucha contra la contaminación y contraincendios, como de apoyo a plataformas.

Al haber realizado parte del período de prácticas en este tipo de barcos, he ampliado mis conocimientos enormemente en un campo que ya de por sí me había despertado gran admiración mucho antes de comenzar el grado en Náutica y transporte marítimo. Desde conocer y poder gobernar los diferentes tipos de remolcadores con los que cuenta Boluda en el muelle de Santa Cruz de Tenerife, en los cuales he vivido de primera mano el diferente comportamiento tanto de un tipo tractor ,como es el VB Risbán, o de un ASD tanto de paso fijo ,como es el VB Tenerife, y un ASD con hélices de paso variable como es el VB Canarias, hasta un convencional con tobera orientable como es el VB Garbí, en el cual realicé varias operaciones de remolque de pontonas desde el muelle de Las Palmas hasta el de Santa Cruz y de las cuales aprendí una cantidad enorme de cosas.

Es un hecho que, en un futuro no muy lejano, se convierta en algo normal el uso de remolcadores cada vez más respetuosos con el medioambiente como los dos ejemplos que se mencionaron anteriormente.

Conclusions

As we know, tugboats are essential in ports that have high traffic of merchant ships, since it is one more service that shipowners can count on when programming the ship's route, and which provide security.

Not only in port, as we have seen, tugboats have a multitude of applications, and on the high seas, they offer a wide range of possibilities, proving to be multidisciplinary, both as aid ships, or in the fight against pollution and fires, as well as in support of platforms.

Having done part of the internship period in this type of boat, I have expanded my knowledge enormously in a field that had already aroused great admiration long before starting the degree in Nautical and maritime transport. From knowing and being able to govern the different types of tugboats that Boluda has in the dock of Santa Cruz de Tenerife, in which I have experienced first-hand the different behavior of both a tractor type, such as the VB Risbán, or a ASD both with a fixed pitch, such as the VB Tenerife, and an ASD with variable pitch propellers such as the VB Canarias, up to a conventional one with a steerable nozzle such as the VB Garbí, in which I carried out several pontoon towing operations from the Las Palmas dock to Santa Cruz and from which I learned a huge amount of things.

It is a fact that, in the not too distant future, the use of increasingly environmentally friendly tugs such as the two examples mentioned above will become normal.

Bibliografía

[1] https://en.wikipedia.org/wiki/Tugboat

[2] https://www.iberley.es/convenios/empresa/convenio-colectivo-empresa-remolcadores-barcazas-palmas-s-2700223

[3] http://shipsbusiness.com/salvage-contract.html

[4] https://es.wikipedia.org/wiki/Remolcador

[5] https://www.ship-technology.com/projects/far-samson/

[6] https://www.marineinsight.com/types-of-ships/what-are-platform-supply-vessels-psvs/

[7] http://www.abcpuertos.cl/documentos/Rom_03/rom3199parte_5.pdf

[8] https://voith.com/corp-en/drives-transmissions/voith-roll-stabilization-vrs.html#:~:text=Both%20under%20dynamic%20positioning%20and,safety%20of%20passengers%20and%20crew.

[9] http://www.maniobradebuques.com/articulosTecnicos/articulo60.html

[10] https://www.puentedemando.com/ibaizabal-quince-primer-remolcador-hibrido-de-espana/

[11] https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/primer-remolcador-electrico-comenzara-operar-2021-puerto-auckland/20190807124435029501.html

[12] https://www.practicosdepuerto.es/index.php?q=colegio-federacion/publicaciones/tipos-de-remolcadores-voith-water-tractor-y-sus-aplicaciones