

Trabajo de Fin de Grado

Curso 2019-2020

Maniobras en remolcadores

Grado en Náutica y Transporte Marítimo

Alumno: Tanausú Pérez García

Tutora: Alicia María Palma Rivero

Fecha: Marzo 2020

Índice

Índice de imágenes	1
Índice de tablas.....	2
Glosario.....	3
Agradecimientos.....	4
Introducción	5
Abstract.....	5
1. Remolcadores	6
1.1. Definición	6
1.2. Tipos de remolcadores según zona de trabajo	6
1.2.1. Remolcador de puerto.....	6
1.2.2. Remolcador de altura	7
1.2.3. Remolcador de altura y salvamento	8
1.3. Tipos de remolcadores según su sistema de propulsión.....	9
1.3.1. Rueda de paletas	9
1.3.2. Hélice convencional	10
1.3.3. Propulsión cicloidal o Voith Schneider.....	12
1.3.4. Propulsión azimutal	14
1.4. Elementos de remolque.....	16
1.4.1. Bita	16
1.4.2. Cabrestante	16
1.4.3. Chigre o maquinilla.....	16
1.4.4. Cintones o defensas.....	17
1.4.5. Monaguillos, pines de remolque y mordazas	17
1.4.6. Conexiones de remolque	18
1.4.7. Gancho de remolque	19
1.4.8. Cable de remolque	19
1.4.9. Cabos de remolque.....	20

Índice

2. Remolque	22
2.1. Estabilidad.....	22
2.2. Maniobrabilidad.....	24
2.3. Tren de remolque.....	25
2.4. Longitud del cable de remolque	26
2.5. Catenaria del remolque	28
2.6. Maniobra de dar remolque.....	29
2.6.1. Remolque portuario:	29
2.6.2. Remolque de altura:	30
2.6.3. Remolque de salvamento:.....	31
2.7. Remolque portuario	34
2.7.1. Ciaboga.....	40
2.7.2. Maniobras de atraque	41
2.7.3. Maniobras de desatraque.....	43
2.8. Remolque de altura.....	45
2.8.1. Peligros en el remolque de escolta	45
2.8.2. Teoría del remolque en alta mar	47
2.8.3. Margen de seguridad del cable de remolque	52
2.8.4. Seguridad antes y durante el remolque.....	53
2.8.5. Peligros durante el remolque	54
2.8.6. Buque a la deriva o tras abandono	55
2.8.7. Buque varado	56
2.8.8. Hundimiento del remolcado durante el remolque	58
Conclusiones	59
Conclusions	59
Bibliografía.....	61

Índice de imágenes

Imagen 1: Remolcadores abarloados en A Coruña	7
Imagen 2: VB Canarias en navegación frente a Punta Marangallo	8
Imagen 3: Remolcador Punta Salinas atracado en el Muelle de la Ribera.....	8
Imagen 4: Equipo propulsor del remolcador Charlotte Dundas	9
Imagen 5: Hélice de paso fijo.....	10
Imagen 6: Hélice de paso variable.....	11
Imagen 7: Hélice con tobera fija tipo Kort y hélice de paso variable.....	12
Imagen 8: Ángulos de las palas según la maniobra.....	13
Imagen 9: Remolcador con propulsión cicloidal y Voith Schneider Fin	13
Imagen 10: Ejemplos de Z-Drive y L-Drive respectivamente	14
Imagen 11: Diagrama del sistema propulsor ASD.....	15
Imagen 12: Bitas en H junto a cabrestante.....	16
Imagen 13: Chigres en proa con sus respectivos monaguillos	17
Imagen 14: Triángulo de remolque a la izquierda y grillete a la derecha	18
Imagen 15: Gancho de remolque.....	19
Imagen 16: Curva del brazo adrizante de un remolcador	23
Imagen 17: Curva de estabilidad del VB Canarias.....	23
Imagen 18: Diagrama de maniobras según la posición del sistema ASD	24
Imagen 19: Variación de la catenaria con oleaje en alta mar	27
Imagen 20: Resultante de fuerza de empuje respecto al ángulo de ataque.....	35
Imagen 21: Remolcador abarloado.....	35
Imagen 22: Acción individual de cada remolcador	36
Imagen 23: Remolcador ejerciendo tiro directo desde chigre de popa.....	37
Imagen 24: Remolcador escorado durante el tiro indirecto.....	38

Índice

Imagen 25: Remolque a la europea, a proa tiro directo y a popa tiro indirecto	39
Imagen 26: Remolque a la americana	39
Imagen 27: Maniobra de ciaboga de un buque portacontenedores.....	41
Imagen 28: Portacontenedores atracando con la ayuda de dos remolcadores	43
Imagen 29: Buque portacontenedores desatracando en el puerto de Malta	44
Imagen 30: Diagrama de campos de presiones de costado a proa.....	46
Imagen 31: Diagrama de campo de presiones de aleta a popa	46
Imagen 32: Diagrama de la Resistencia Total.....	47
Imagen 33: Universe Ireland en navegación	52

Índice de tablas

Tabla 1: Densidades de distintos medios según temperatura.	50
Tabla 2: Coeficientes de k según valores de la escala Douglas.....	51
Tabla 3: Tabla orientativa para el uso de remolcadores según DWT del buque.....	52
Tabla 4: Valor de n según el tipo de cable	53

Glosario

SOLAS: Safety Of Live At Sea.

CV: Caballos de Vapor.

GT: Gross Tons.

Azipod: Azimuthing Electric Podded Drive.

ASD: Azimuth Stern Drive.

WS: Warrington-Seale

IWRC: Independent Wire Rope Core.

UV: Ultravioleta.

EPI: Equipo de Protección Individual.

ETS: Emergency Towing System.

OMI: Organización Marítima Internacional.

kN: kilonewton.

DWT: Deadweight Tonnage o tonelaje de peso muerto.

kn: knots o nudos.

ULCC: Ultra Large Crude Carrier.

EMPA: European Maritime Pilots Association.

RIPA: Reglamento Internacional para Prevenir Abordajes.

CIAIM: Comisión permanente de Investigación de Accidentes e Incidentes Marítimos

Agradecimientos

Quiero agradecer en primer lugar a mi familia por la educación que me han brindado, tanto en valores como en la posibilidad de estudiar esta carrera. Por el apoyo incondicional ofrecido por familia, pareja y mejor amigo durante estos años de carrera.

A mi tutora Alicia, por la paciencia que ha tenido con la realización de este trabajo, así como por las ideas y correcciones que ha aportado.

A los profesores que gestionaron el periodo de prácticas externas por proporcionarme un útil período de prácticas en remolcadores, asimismo, agradecer a Boluda Corporación Marítima y Rubén por permitirnos acceder a sus remolcadores.

A la tripulación del VB Canarias en especial a César, Fran y Migue con los que coincidí la mayor parte del embarque que, aunque se tratara de un periodo corto, fue intenso en cuanto a aprendizaje se refiere. Enseñándome todos los aspectos del trabajo y aprendiendo que el trabajo no solo son las maniobras, sino que también lo es el mantenimiento del buque.

Introducción

El objetivo principal de este documento es el de acercar la labor que se realiza por los compañeros en los remolcadores, a veces no muy apreciado, pero esencial en nuestro trabajo. Iremos explicando los diferentes tipos de remolcadores y maniobras que realizan, ya que en nuestra vida laboral probablemente nos hará falta la ayuda de un remolcador. Posteriormente, se comentará el procedimiento para dar los cabos de remolque, así como las maniobras que realiza cada clase y algunos casos reales de maniobras.

En todos los índices se incluye un hipervínculo en el título de los apartados y subapartados, donde al pinchar le llevará a la página donde se encuentra el archivo. A su vez, a lo largo del texto las referencias bibliográficas poseen hipervínculo para dirigirlo al enlace del cual se sacó la información. Las palabras con hipervínculos estarán subrayadas para destacarlas.

Abstract

The main objective of this paper is to bring closer the work carried out by our fellows of profession in the tugs, sometimes underestimated, but essential in our work. We are going to explain the different types of tugboats and maneuvers they perform, as in our professional career we will probably need their assistance. Afterwards, the procedure for giving the tow lines will be commented, as well as the maneuvers that each type of tugboat does and some real cases of maneuvers.

In all the indexes, a hyperlink is included in the title of the sections and subsections, where clicking will take you to the page where the file is located. In turn, throughout the text the bibliographic references have a hyperlink to direct you to the link from which the information was obtained. Hyperlinked words are underlined to make them spotlight.

1. Remolcadores

1.1. Definición

El remolcador es un buque especializado con potentes motores y usado para la asistencia de buques, barcasas u objetos flotantes en general, mediante empuje o remolque. Otro servicio prestado es el de asistencia en incendios a bordo, ya que hoy en día la mayoría de los remolcadores cuentan con cañones contraincendios. Históricamente han ido evolucionando para tener una mayor potencia y maniobrabilidad, empezando con motores de vapor y ruedas de paletas, hasta el uso del diésel e incluso motores híbridos en la actualidad y diferentes tipos de propulsión de los que hablaremos más adelante. [1][2][3][4]

1.2. Tipos de remolcadores según zona de trabajo

Según la zona de trabajo donde actúe el remolcador tendrá unas especificaciones técnicas adecuadas a las situaciones que podrá encontrarse, siendo el remolcador de altura y salvamento el más completo en cuanto a variedad de situaciones se refiere.

1.2.1. Remolcador de puerto: usado para maniobras de cabotaje y tráfico interior del puerto, clasificado como *buque de carga* según el SOLAS y a su vez en la clase S por actuar en el interior del puerto. La eslora va de los 20 a 30 metros, con potencia de 400 a 3.000 CV y una potencia de tiro de entre 6 y 30 toneladas. En esta clase podríamos incluir también el remolque de escolta, aunque como explicaremos en el siguiente apartado, suelen tener una mayor potencia y por tanto usarse remolcadores de altura. [3][5]

Imagen 1: Remolcadores abarloados en A Coruña



Fuente: <https://www.flickr.com/photos/shimuke/179797191>

1.2.2. Remolcador de altura: son buques que superan las 300 GT, por tanto, pertenecen a la clase T pudiendo trabajar tanto en el interior del puerto como en operaciones fuera de él, ya sea apoyo en el amarre en el campo de boyas, remolque costero de objetos flotantes o labores de contraincendios, así como la asistencia del amarre dentro del puerto. Su eslora varía de los 25 a 40 metros, la potencia oscila entre los 1.500 a 6.000 CV y su potencia de tiro oscila entre las 20 y 55 toneladas. Dentro de esta clase podemos incluir también a los remolcadores de escolta, ya que suelen ser polivalentes, aunque de gran potencia y con diversas zonas de actuación. Los remolcadores de escolta se encargan de acompañar a buques que llevan a bordo mercancías peligrosas en aguas confinadas y cercanas a zonas portuarias o con riesgo de embarrancamiento, yendo a popa del buque remolcado con la línea de remolque firme, la velocidad igualada y con la máquina en atención por si hubiera que actuar en una situación de emergencia donde sea necesario variar el rumbo o velocidad del buque remolcado para evitar un posible accidente. **[3][5][6]**

Imagen 2: VB Canarias en navegación frente a Punta Marangallo



Fuente: <https://www.marinetraffic.com/es/photos/of/ships/shipid:166406/#forward>

1.2.3. Remolcador de altura y salvamento: son los buques de mayor tamaño y potencia, con una eslora de 40 a 80 metros y una potencia que va de los 6.000 a 20.000 CV y la potencia de tiro va de las 55 a 180 toneladas. Este buque puede realizar remolques oceánicos, lucha contra la contaminación, trabajos de contraincendios y salvamentos en alta mar. **[3][5]**

Imagen 3: Remolcador Punta Salinas atracado en el Muelle de la Ribera



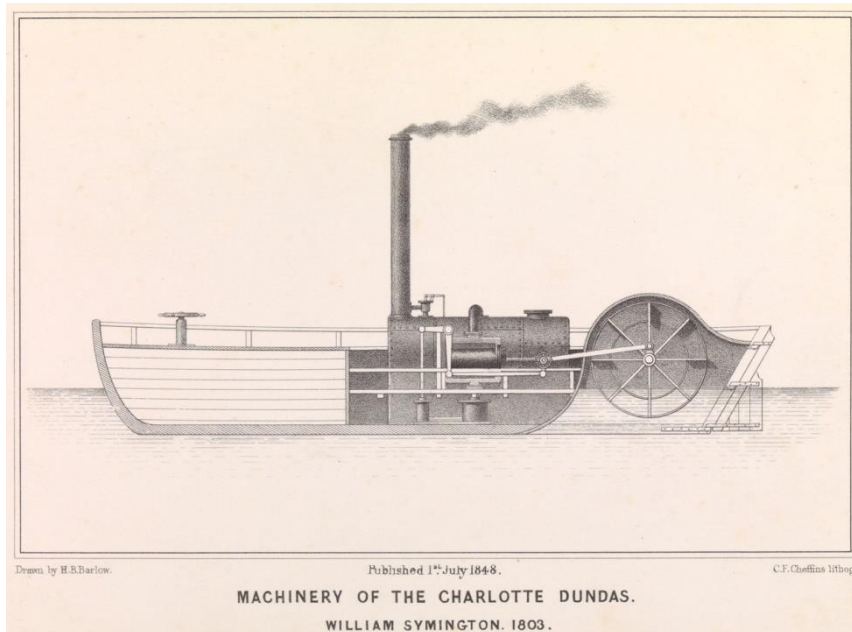
Fuente: <https://www.vesselfinder.com/es/ship-photos/365472>

1.3. Tipos de remolcadores según su sistema de propulsión

Los remolcadores han ido adaptándose acorde a las tecnologías de la época, empezando con motores a vapor y rueda de paletas en 1801 y llegando hasta la actualidad con motores híbridos de hidrógeno y diésel con hélices azimutales.

1.3.1. Rueda de paletas: el primer remolcador se fabricó bajo el nombre de Charlotte Dundas con rueda de paletas simple, es decir, una única rueda en la línea de crujía a popa que movida por un motor de vapor generaba el avance del buque, pudiendo remolcar hasta 70 toneladas. Más adelante para darle una mayor potencia de tiro y mejor maniobrabilidad, se mejorarían los remolcadores añadiéndoles motores de mayor potencia, que pudieran trabajar de forma independiente en las ruedas de paletas instaladas en cada banda. La maniobrabilidad en estos remolcadores se veía limitada en un principio al usarse un motor para moverla rueda de paletas en ambas bandas, ya que la incidencia del chorro de expulsión en la pala del timón era mínima, requiriendo grandes espacios para maniobrar. Con el avance de los motores independientes se pudo trabajar haciendo ciaboga, usando una rueda avante y otra atrás, mejorando así la maniobrabilidad. [7][8]

Imagen 4: Equipo propulsor del remolcador Charlotte Dundas



Fuente: <https://collections.rmg.co.uk/collections/objects/110782.html>

1.3.2. Hélice convencional: tras la rueda de paletas llegó muy rápidamente como sustituto la hélice, un elemento mecánico que mediante un conjunto de álabes o palas transfiere la energía proveniente del motor y que es transmitida hasta ella mediante un eje. Este tipo de hélice es parecida al tornillo de Arquímedes, que ya había sido probada en el siglo XVIII como método de propulsión junto al motor de vapor, pero fracasando en el intento. Más tarde, Josef Ressel patentaría su prototipo de hélice en 1826, teniendo no muy buenos resultados y teniendo que esperar hasta 1839 año en el que John Ericsson mejoraría esa patente exitosamente, pasando a sustituir entonces las ruedas de paletas. Dentro de este tipo de hélices existen las de **paso fijo** y **paso variable**, el paso indica el ángulo de incidencia de la pala o “el avance cuando da una vuelta completa”¹. Además, tenemos otra variante que es la **hélice con tobera** que puede ser usado con ambos tipos de paso. [9][10][11][12][13][14][15]

La hélice de **paso fijo** como su nombre indica, es fabricada con un paso determinado que no puede variarse, también son llamadas de paso constante. Son las más comunes en buques comerciales, aunque hoy en día se opta por las de paso variable gracias a su versatilidad. Una de las principales desventajas de este tipo de hélice es la necesidad de añadir una inversora al motor para poder cambiar el giro del eje sin necesidad de parar el motor, lo que añade peso al buque. [11][16][17]

Imagen 5: Hélice de paso fijo



Fuente: <https://www.wartsila.com/marine/build/propulsors-and-gears/propellers/wartsila-fixed-pitch-propellers>

¹ Fragmento extraído de la página correspondiente al siguiente hipervínculo: [15].

En la hélice de **paso variable** podemos cambiar el ángulo de ataque de la pala, con lo que podemos controlar la velocidad y marcha del buque sin necesidad de cambiar las revoluciones del motor. Incluso se puede dejar a paso 0, en la cual el motor y el eje siguen trabajando, pero la hélice no produce ningún tipo de propulsión. Una desventaja desde el punto de vista de los remolcadores es el menor empuje que proporciona frente a las hélices de paso fijo. Aun así, ofrece una mejora considerable de maniobrabilidad al tener una respuesta más rápida en lo que al cambio de dirección del empuje se refiere, por lo que es idónea para los remolcadores. [3][11][17][18]

Imagen 6: Hélice de paso variable



Fuente: <https://www.nauticexpo.com/prod/nakashima-propeller-co-ltd/product-60133-488102.html>

La **hélice con tobera** se inventa en 1934 y se implementa, principalmente, en buques que no requieran de altas velocidades, ya que la eficacia de ésta es mayor a velocidades por debajo de los 10 o 14 kn. La tobera de **aceleración o Kort** que se añade al exterior de la hélice tiene un perfil hidrodinámico y su objetivo es canalizar el flujo de agua que, por tanto, siguiendo el efecto Venturi, acelera en la llegada a la hélice y disminuye la presión, lo que mejora la eficiencia de la hélice proporcionando un mayor empuje. Otro tipo de tobera es la de **desaceleración o waterjet** que hace el efecto contrario, desacelera el agua en la entrada para que la presión aumente y reducir la cavitación, ya que es usada en buques de alta velocidad donde el riesgo de cavitación es alto. Además, la tobera puede ser de tipo **fijo** donde se le añade un timón a cada tobera si disponemos más de una hélice o **móvil**, la cual pivota sobre un eje vertical y nos sirve de timón al dirigir la corriente de expulsión. En todos los casos las hélices están fabricadas especialmente para mejorar el rendimiento de la tobera y pueden usarse hélices de **paso fijo** o **variable**, siendo más común en los remolcadores las de **paso variable** por sus ventajas de cambio de dirección del empuje y el uso de la tobera de **aceleración** que puede llegar a proporcionar “hasta un 30% de mejora en el bollard pull”². [19][20][21]

² Fragmento extraído de la página correspondiente al siguiente hipervínculo: [19].

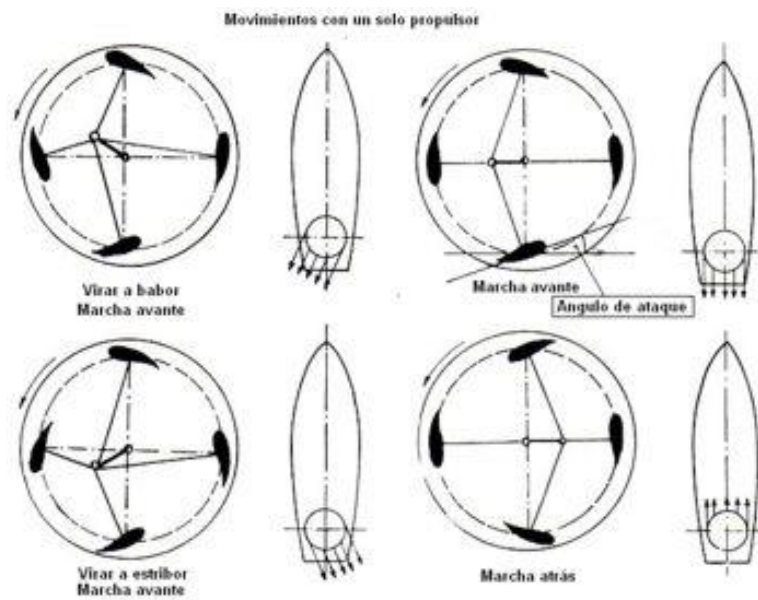
Imagen 7: Hélice con tobera fija tipo Kort y hélice de paso variable



Fuente: <https://industrianavalgallega.blogspot.com/2018/01/combinacion-del-timon-becker-y-de-la.html#.XfNiF-j7S00>

1.3.3. Propulsión cicloidal o Voith Schneider: fue inventado por Frederick Kirsten en 1924 teniendo como objetivo hacer una propulsión cicloidal aérea y que posteriormente adaptaría a un buque donde situaría la propulsión en el centro del barco. Unos años más tarde, en 1931, la empresa Voith-Schneider se hizo con la patente y mejoró el sistema de propulsión hasta ser una de las mejores propulsiones a usar en buques de gran tonelaje dedicados a suministros de plataformas, buques contraincendios, remolcadores y en general a buques que requieran de gran estabilidad y maniobrabilidad. El propulsor consiste en una placa giratoria redonda ubicada en el centro del buque la cual contiene un conjunto de álabes con perfil hidrodinámico instaladas con un ángulo de 90° respecto al disco y que se mueve en un eje vertical, pudiendo cada pala girar de forma individual sobre su propio eje vertical. A su vez, un engranaje mueve los álabes de forma sincronizada para proporcionar el empuje en la intensidad y dirección deseada. La principal ventaja sobre la propulsión azimutal, la hélice gira 360° por lo que no hace falta timón, es que en este caso si se desea cambiar el sentido de la marcha solo hay que cambiar el ángulo de ataque de las palas, siendo casi instantáneo, a diferencia del propulsor azimutal. A menudo, a estas hélices se les añade una protección, que también hace las veces de tobera, ya que en aguas someras hay más riesgo de dañarlas que la propulsión azimutal. En los remolcadores de escolta, remolcadores que se encargan de acompañar al buque en la entrada, salida de puerto y más allá del interior del mismo, para añadirle hasta un 25% más potencia a este sistema en el tiro indirecto también se le puede añadir el Voith Turbo Fin que es un cilindro giratorio que se ubica al final del quillote y garantiza un flujo laminar estable alrededor del Fin o aleta en el lado de bajas presiones, permitiendo mejores ángulos de operación y un mejor rendimiento del remolcador. Este sistema es en la actualidad el más usado junto con el azimutal, estando presente en puertos españoles de gran actividad como Algeciras, Bilbao o Valencia. [22][23][24][25][26][27]

Imagen 8: Ángulos de las palas según la maniobra



Fuente: http://www.fondear.org/infonautic/Barco/Motores_Helices/Cicloidal/Cicloidal.htm

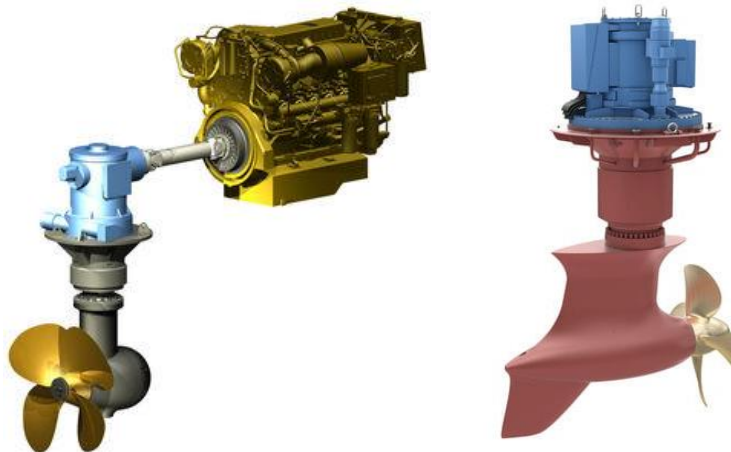
Imagen 9: Remolcador con propulsión cicloidal y Voith Schneider Fin



Fuente: <http://www.voith.com/br/products-services/power-transmission/applications/voith-water-tractor-14322.html>

1.3.4. Propulsión azimutal: fue inventado en 1950 por Joseph Becker como hélice-timón e implementado en 1960 por su empresa, Schottel, adquiriendo el nombre de propulsor azimutal. Aunque la primera patente sería en 1955 por la empresa Pleuger, aunque no llegó a construirse por ser demasiado moderna para la época al tratarse de una hélice con tobera Kort integrada al timón, lo que ayudaría a ganar maniobrabilidad a bajas velocidades, pero no podría sustituir las hélices del buque. Mientras que la invención de Schottel fue la de una hélice lo suficientemente potente como para sustituir tanto a las hélices como a los timones de la época y que además era capaz de girar 360° al montarse sobre un eje que forma un ángulo recto respecto a la vertical. A este tipo de propulsión se le conoce como **Z-Drive** o configuración en Z por cómo se ve su eje de transmisión en una sección transversal, siendo un eje horizontal que sale del motor, un eje vertical en la columna giratoria y otro eje horizontal a la hélice. Existe otro tipo de configuración en L o **L-Drive** donde el motor se ubica verticalmente sobre la hélice para así evitar el primer eje horizontal, quedando un eje vertical saliendo del motor y un eje horizontal a la hélice. En ambos casos la transmisión es mecánica. [28][29][30][31]

Imagen 10: Ejemplos de Z-Drive y L-Drive respectivamente



Fuentes: <https://ingenieromarino.com/sistema-schottel-srp/> para Z-Drive.

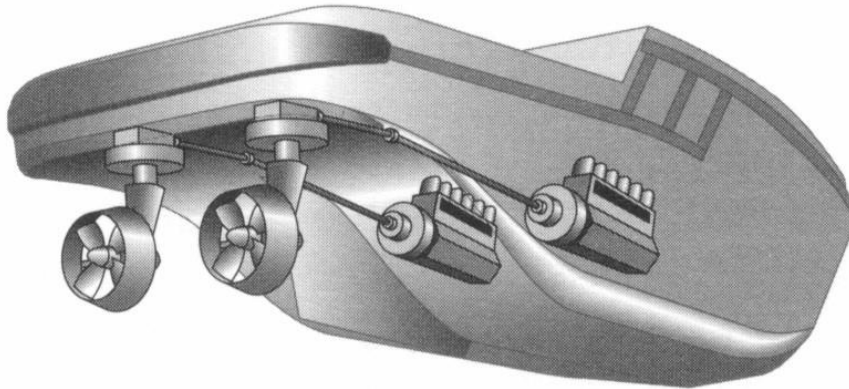
<https://www.nauticexpo.com/prod/rolls-royce/product-39194-505376.html> para L-Drive.

Más tarde, en 1989 fue inventado el Azipod que consiste en un motor eléctrico integrado en la góndola de la hélice de paso fijo, la cual se encuentra acoplada directamente mediante un eje al motor, evitándonos así las anteriores configuraciones de transmisiones mecánicas y pasando a la transmisión eléctrica. Este tipo de propulsión es muy usada con el sistema de Posicionamiento Dinámico en plataformas perforadoras, en buques de pasaje de gran tamaño o remolcadores entre otros. [32]

Una de sus principales ventajas de la propulsión azimutal es la gran maniobrabilidad que nos proporciona al poder jugar con los pares de fuerzas para movernos donde deseemos y teniendo prácticamente la misma eficacia yendo atrás que adelante.

Me centraré en los remolcadores tipo ASD, ya que es el tipo de remolcador que llamó mi curiosidad durante unas breves prácticas, por la maniobrabilidad que tenía. El sistema ASD consta de dos propulsores azimutales con tobera ubicados en la popa, donde la hélice puede ser de paso fijo o variable, con sus respectivos motores en diferente altura a la del propulsor y unidos mediante ejes cardan. **[33][34]**

Imagen 11: Diagrama del sistema propulsor ASD



Fuente: http://www.maniobradebuques.com/cursos1_1/Remolque%20portuario.pdf

1.4. Elementos de remolque

En este apartado hablaremos de los equipos y elementos que usamos en el remolque, desde cabos pasando por maquinillas a las defensas incorporadas en el remolcador. Además, de hablar de algunos equipos que debe haber en el buque remolcado.

1.4.1. Bita: es un elemento estructural del buque que sirve para hacer firme el cabo de remolque, así como los cabos de amarre, etc., su ubicación y cantidad dependerá del tipo de remolcador pudiendo haber en las bandas, a popa o a proa. En los remolcadores se tienen comúnmente bitas normales y en H. [3][35][36]

Imagen 12: Bitas en H junto a cabrestante



Fuente: <https://bentpage.net/2008/06/26/tugboat-anatomy-part-ii/>

1.4.2. Cabrestante: es un cilindro giratorio en el que se enrolla un cabo y se arria o vira mediante fuerza hidráulica o eléctrica. Su ubicación es cerca de las bitas, normalmente a proa y popa. [37]

1.4.3. Chigre o maquinilla: cumple la misma función que el cabrestante con la diferencia del eje de giro, que en este caso es horizontal. Su función es la de mantener la tensión que deseamos en el cabo, se puede accionar de forma hidráulica desde la cubierta o el puente, normalmente, cuenta con una guía móvil y automática que estiba el cabo o cable de forma ordenada sin que se entremezclen las capas. La ubicación en cubierta del chigre está reforzada para aguantar las tensiones que sufre este punto cuando se da remolque, ubicándose uno en popa con cable de acero y uno o dos en proa con cabo sintético por norma general. Una opción más novedosa es el Carrousel Tug que consiste en una maquinilla con eje de giro vertical instalada en una guía circular

bajo el puente y capaz de moverse alrededor de éste, pudiendo también elevar el ángulo de la maquinilla hasta 20°. Las principales ventajas son el casi nulo riesgo de zozobra al poder rotar la maquinilla con el cable libremente los 360° y con ello el poder hacer maniobras como el tiro indirecto con ángulos mayores, por lo que no es necesario tener remolcadores de gran tonelaje para escoltar grandes buques ya que al aumentar el ángulo también se aumenta la potencia de tiro pudiendo ejercer el buque de ancla prácticamente. [38][39][40]

Imagen 13: Chigres en proa con sus respectivos monaguillos



Fuente: <https://www.nauticexpo.com/prod/bopp-treuils-jeb/product-33752-425739.html>

1.4.4. Cintones o defensas: como su nombre indica son dispositivos tubulares fabricados de caucho y que colocados alrededor de la cubierta principal y en el castillo ayudan tanto a amortiguar cuando se trabaja de carnero, como a proteger los cabos cuando trabajan libres en cubierta, evitando el rozamiento con el casco y el consecuente riesgo de rotura. Otro método usado para las defensas es la colocación de grandes neumáticos, los cuales se trincan mediante cadenas, siendo un método más barato al ser neumáticos usados, pero requiriendo un mantenimiento más complejo al tener que hacer uso de la maquinilla o dispositivos externos para moverlos debido al elevado peso. En la Imagen 13 podemos ver los cintones dispuestos a lo largo de la proa. [5]

1.4.5. Monaguillos, pines de remolque y mordazas: son unas guías metálicas que se levantan de la cubierta y pueden ser fijas o móviles, teniendo éstos últimos la ventaja de ser retráctiles, es decir, cuando no sean necesarios están recogidos dejando mayor espacio de trabajo sobre cubierta. Las fijas son los monaguillos y las móviles son los pines de remolque y mordazas. Su función es la de mantener el cabo en la dirección deseada, pudiendo servirnos también como apoyo a la hora de querer ejercer cierto ángulo de tiro como en los tiros indirectos. Las móviles son comunes en la popa en remolcadores de altura y salvamento teniendo un sistema

hidráulico que los eleva, aunque también existen fijos en forma de A para la popa, siendo menos comunes hoy en día ya que se han sustituido por rodillos. Las mordazas sin embargo tienen la función de bloquear el cable de remolque en la posición deseada no lascando ni virando más, pudiendo ser también mordazas para cadenas. En la Imagen 13 ven los monaguillos con sendos cabos pasados. [41]

1.4.6. Conexiones de remolque: cuando realizamos un remolque de altura en línea damos el cabo o cable desde el chigre de popa y es necesario un tren de remolque, más adelante explicaremos en qué consiste, que requiere una conexión entre éste y el cable que damos desde el chigre. Hay varias conexiones como el triángulo, una pieza metálica sólida con forma triangular que consta de tres agujeros y que sirve como pie de gallo, teniendo en uno de los agujeros el grillete que va al cable del remolcador y en los otros dos los cables que van al buque remolcado. La tensión de rotura suele ir pintada de un color o en negro, para que destaque del amarillo en el que suele ir pintado el triángulo. También se dispone de grilletes que pueden ir señalados con distintos colores correspondiendo cada color a un límite de tensión, teniendo que usar siempre un grillete con una tensión entre 1.1 y 1.5 superior a la carga de rotura mínima del cable de remolque y que hará la función de un triángulo si no disponemos de este o bien unirá el cable con una extensión de cabo elástico, la cual absorberá durante la maniobra la mayor parte de las tensiones, que acaba en otro grillete que se unirá al triángulo. [42][43]

Imagen 14: Triángulo de remolque a la izquierda y grillete a la derecha



Fuentes: <https://www.nauticexpo.es/prod/fendercare/product-25345-411063.html> para el triángulo.

<https://www.nauticexpo.es/prod/load-lok/product-32582-340120.html> para el grillete de remolque.

1.4.7. Gancho de remolque: es un gancho capaz de girar de banda a banda horizontal y verticalmente cuando engancha el cabo o cable y que permite desengancharlo de forma remota desde el puente, además tiene un sistema de accionamiento automático si el remolcador adquiere cierta escora, ya sea de forma abrupta o lenta, para evitar zozobrar. Suele estar situado en la popa, cerca del chigre de remolque, su altura es baja para no aumentar el centro de gravedad del remolcador y empeorar así la estabilidad y suele ubicarse en el centro de resistencia lateral o un poco a popa de este para darle la máxima maniobrabilidad posible al buque. Su principal ventaja es la mayor seguridad al no depender de una persona para soltar el cabo o cable, evitando accidentes o posibles errores que dicha persona pudiera cometer. [3][36][41]

Imagen 15: Gancho de remolque



Fuente: <https://hardcoconsulting.com/boletin-11-ibaizabal-diez/>

1.4.8. Cable de remolque: es un cable de acero usado para remolques portuarios o en sus proximidades cuando hay buen tiempo y con buena mar o pudiendo usarse si se dispone de chigre con ajuste de tensión automática en cualquier condición meteorológica. Su principal desventaja es la facilidad de rotura al no tener elasticidad con la consecuente gravedad del retroceso del cable sobre cubierta pudiendo provocar accidentes. En el caso de remolques portuarios es usual usar una combinación de cable-calabrotillo, que es un cabo de entre 100 y 50 mm, siendo sin embargo la combinación de cadena-cable el mejor uso para remolques de buques de gran tonelaje, al aportar el peso de las cadenas una amortiguación a los estrechonzos supliendo así la ausencia de elasticidad del cable y la cadena. En los casos de remolque de grandes buques se recomienda que el diámetro sea superior a 52mm y que sea de cables de acero 6x41 WS + IWRC, es decir, que tenga 6 cordones y 41 alambres de cables de acero tipo Warrington-Seale y con alma independiente de cable de acero. [44][45][46][47]

1.4.9. Cabos de remolque: pueden ser de fibra natural o sintética, siendo estos últimos los más usados actualmente por sus mejores propiedades elásticas. Como cabos de **fibra natural** podemos nombrar el **cabo de manila** que por las propiedades de la planta de la que se fabrica, resiste bien el sol y el efecto tanto del agua salada como del agua dulce, además, tienen una elasticidad y flotabilidad perfecta para remolques medianos. [44][48][49][50][51][52]

Como cabos de **fibra sintética** podemos hablar de los más usados que son:

- **Poliéster:** buena resistencia a la radiación UV, buena resistencia a la sal, no flota, tiene una elasticidad de alrededor de un 25 a 30% y tiene un alto punto de fusión, por lo que es resistente a la fricción y por tanto a la rotura. Al hundirse es idónea para que cree una catenaria que evite los tirones en el remolque, aunque se ve afectada por algunas sustancias alcalinas como pueden ser jabones, detergentes o amoníaco.
- **Polipropileno:** baja resistencia a la radiación UV, buena resistencia a la sal, flota, es ligero, tiene una elasticidad similar al poliéster y su punto de fusión es bajo, tiende a faltar más fácilmente cuando hay fricción. Éstos comparados con los cabos de manila son más resistentes, teniendo ambos una mena de igual grosor, por ello son más usados actualmente.
- **Nylon:** no flota, es el tipo de cabo más elástico, aunque tiene un punto de fusión bajo, igual que el polipropileno hay que tener precaución con la fricción del cabo en el monaguillo o las bitas. Como en el caso anterior, la solución a veces es hacerle una costura con un material de mayor punto de fusión en la parte inicial del cabo que rozará con la cubierta. También hay que prestar atención a las sustancias ácidas y agentes blanqueantes, ya que son dañinos para el cabo.
- **Dyneema:** es una fibra con base en el propileno de peso molecular ultra alto y con la cual se confeccionan cabos de bajo peso y diámetro, pero con una alta carga de rotura, flotan, son resistentes a la radiación UV, con buena elasticidad, gran resistencia a la abrasión y fricción, de alta impermeabilidad y muy resistente a los agentes químicos exceptuando los ácidos oxidantes. Además, tienen un punto de fusión que se encuentra sobre los 130°C y un punto de congelación en -150°C, por lo que estos cabos pueden ser usados en ambientes de frío extremo como los polos.

1.4.10. ETS: en algunos buques existe un Sistema de Remolque de Emergencias o ETS, por sus siglas en inglés, que consiste en un conjunto de equipos y elementos que se tendrán siempre preparados para usar. Este sistema es obligatorio desde 1994, adoptado en el Comité de Seguridad Marítima 35 de la OMI para buques petroleros de más de 20.000 DWT, y pretende serlo en el resto de los buques de similar tonelaje, debiendo disponer de uno en la proa y otro en popa con capacidad de ser dispuesto en un tiempo menor a 15 minutos el de popa y 60 minutos el de proa, reduciendo así el riesgo de contaminación, y siendo obligatorio usarlo en caso de abandono del buque.

La OMI como equipo obligatorio indica qué se deberá llevar y las características que deben tener esos elementos, aunque por norma general todos los ETS son similares apostando hoy en día por sistemas más ligeros y de gran resistencia. El ETS vendrá en una caja que se dispondrá en cubierta bien fijada o en los pañoles de proa y popa de disponerlos, con el equipo estibado por orden de uso para desplegarlo rápidamente y debe contener un ancla de capa, una boya de señalización lumínica, un cabo mensajero y un cabo de remolque. El equipo puede variar, ya que hay ETS donde también se añade un pie de gallo con cabos protegidos ante el roce o se usan dos boyas con cierta separación para facilitar la recogida, aunque siendo el equipo mínimo el anteriormente citado. En este apartado solo los nombraremos ya que más adelante se definirán mejor.

La OMI requiere unas características para el equipo de los buques que estén obligados a llevar el ETS, desde equipo del buque como son monaguillos, gateras o bita donde hacer firme el cabo de remolque hasta el equipo de roce del cabo de remolque, el pennant de remolque o el equipo usado para lanzar por la borda y ser recuperado posteriormente por el remolcador. En cuanto a la resistencia del equipo del buque se requiere que sean capaces de trabajar al menos a 1.000 kn, equivalente a alrededor 102 toneladas, para petroleros de entre 20.000 y 50.000 DWT y de al menos 2.000 kn, equivalente a 204 toneladas aproximadamente, para buques superiores a 50.000 DWT. Siendo la capacidad de trabajo la mitad de la fuerza máxima del equipo.

Se requiere también que las bitas y las gateras tanto de proa como de popa se encuentren situadas de forma que faciliten el remolque y reduzcan el estrés del ETS, debiendo haber un estopor o algún tipo de mordaza cerca de la bita donde se haga firme el tren de remolque para el uso de cadenas, en caso de usar cadenas en lugar de protección para el cabo. En caso de usar cadena, ésta debe ser con concreto, ser suficientemente larga como para dejar el pennant 3 metros hacia fuera de la gatera, tener en uno de los extremos una conexión que la permita hacer firme a la bita y en el otro un eslabón que permita la conexión de un grillete de unión estándar. Y el pennant debe tener un guardacabo que permita la conexión del grillete de unión. **[53][54]**

2. Remolque

2.1. Estabilidad

En los remolcadores la estabilidad es un requisito fundamental, junto con la maniobrabilidad de la que hablaremos más adelante, pudiendo distinguir entre dos tipos de estabilidad: la dinámica y la estática. Ambas se calcularán para distintas situaciones de carga, de forma que se asegure la estabilidad del remolcador independientemente de el combustible o carga que porte.

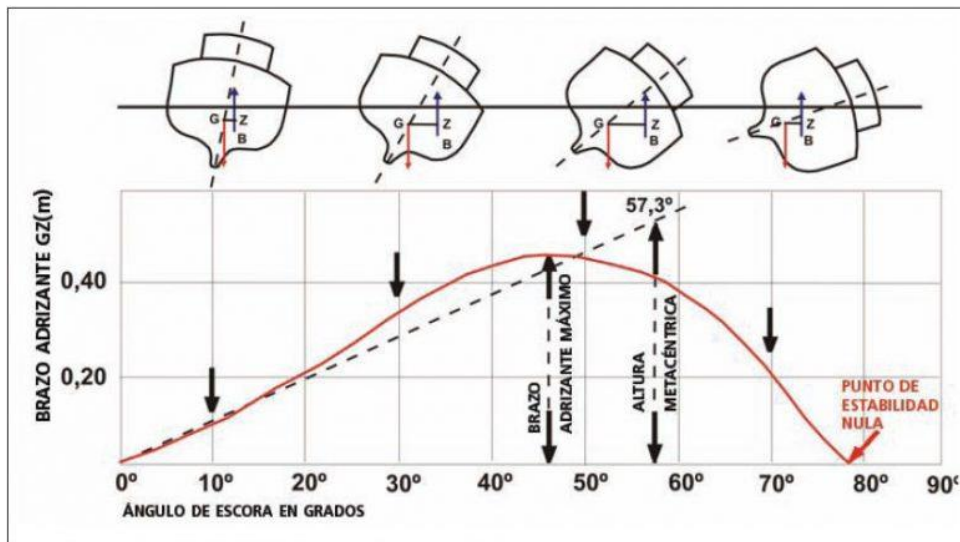
- **Estabilidad dinámica:** es la estabilidad del buque cuando se enfrenta a fuerzas externas que provocan una determinada escora o lo que es lo mismo, el trabajo que realiza el par de estabilidad transversal para recuperar la posición de equilibrio. [55][56]
- **Estabilidad estática:** es la estabilidad del buque cuando se encuentra en aguas tranquilas o el conjunto de fuerzas que actúan sobre el buque en una escora determinada. [56]

La curva de estabilidad estática en los remolcadores debe ser positiva hasta los 60°-70°, con una altura metacéntrica de 60 cm y manteniendo la estanqueidad durante el remolque ya que se pueden alcanzar grandes escoras. Dentro de las fuerzas estáticas nos encontramos con los pesos de la maquinaria, grúas, presión hidrostática, el peso de la estructura en sí o la fuerza de empuje.

En lo que se refiere a la estabilidad dinámica es donde más problema tiene el remolcador ya que si es un remolcador de altura o de salvamento debe enfrentarse a grandes oleajes y vientos que generan momentos escorantes, así como la línea de remolque ya sea por estar actuando con tiro directo o indirecto. Para ello hay ciertas medidas que se toman como la mejora del centro de gravedad para evitar una pérdida de estabilidad y por ello se tiende a bajar lo máximo posible la altura del punto de remolque, que el gancho de remolque sea basculante o aumentar la manga del buque para tener un mejor brazo adrizante, aunque reduzcamos el punto de estabilidad nula, además de usar cabos con buena elasticidad y capacidad de absorción de impactos, así como muelles de remolque. También se usan pines o guía cabos para alejar del centro la línea de remolque, ya que es el lugar más peligroso en lo que a estabilidad se refiere. [9][41][57][58]

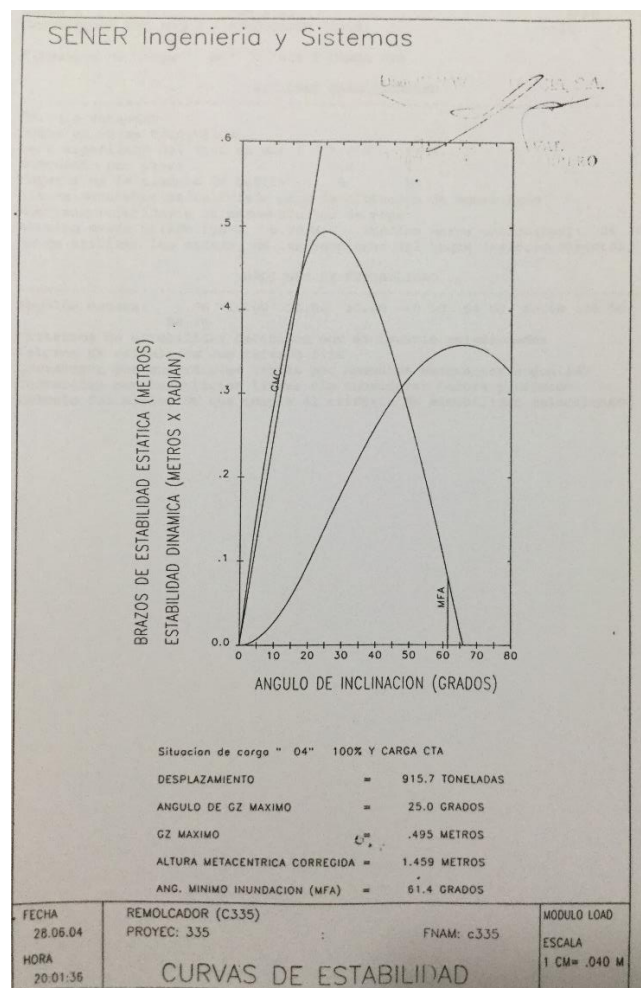
En la Imagen 17 podemos ver la curva que corresponde a la situación 04, que corresponde a la situación de carga máxima incluyendo carga en cubierta, podemos ver también que el ángulo mínimo de inundación se encuentra a los 61.4°, cumpliendo el criterio anteriormente mencionado.

Imagen 16: Curva del brazo adrizante de un remolcador



Fuente: <https://ingenieromarino.com/remolcadores/#62-Estabilidad>

Imagen 17: Curva de estabilidad del VB Canarias

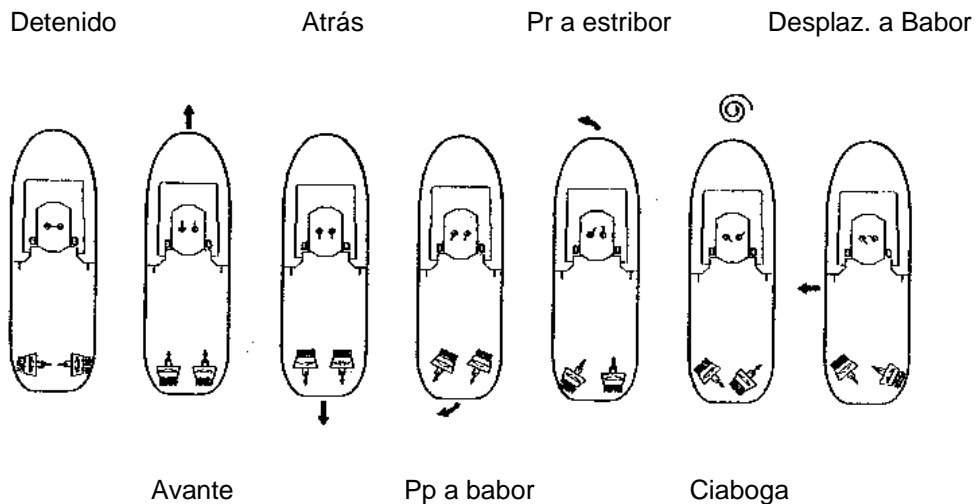


Fuente: Trabajo de campo.

2.2. Maniobrabilidad

Este es otro aspecto fundamental en los remolcadores ya que deben tener muy buena maniobrabilidad para poder cambiar el ángulo de tiro rápidamente, girar sobre sí mismo en espacios reducidos cuando remolca tráfico portuario o trabaja de carnero sobre un buque entre otras cosas. Para ello, los mejores sistemas son el Voith Schneider y la propulsión azimutal ya que son capaces de reducir el radio de giro a prácticamente la eslora del remolcador al girar el propulsor 360° sobre sí mismo, además de ser capaces de cambiar rápidamente la velocidad o el sentido de la marcha pudiendo ser capaces de pasar de todo adelante a todo atrás en un máximo de dos esloras gracias al control del paso del propulsor, siendo esto parte esencial en las maniobras de puerto ya que suele haber mucho cambio de sentido de marcha cuando se trabaja de carnero. También tiene que ver en la maniobrabilidad el casco del buque, teniendo formas que favorezcan que la corriente de aspiración llegue al propulsor con las menores turbulencias posibles, optimizando así el rendimiento de este. La misma bovedilla que favorece la reducción de turbulencias, empeora el bollard pull al chocar con la corriente de expulsión y además hacen que se apope el remolcador cuándo actúa con toda atrás. [3][9][59][60]

Imagen 18: Diagrama de maniobras según la posición del sistema ASD



Fuente: http://www.maniobradebuques.com/cursos1_1/Remolque%20portuario.pdf

2.3. Tren de remolque

El tren de remolque no es más que el nombre dado al utillaje que usaremos para dar el remolque de altura y que se prepara lo antes posible por la persona asignada para agilizar y facilitar el trabajo una vez estemos en la zona, dejando preparado el tren en la cubierta, con los cabos adujados y usando filástica para amarrarlos en caso de que haya mala mar, de forma que según se largue el tren la filástica falte. Aunque el tren pueda variar en función del tipo de remolque que demos, todos se componen de la **sisga** o **cabo mensajero**, a este irá unido un **virador**, siguiendo con el **cabo fusible** o **pennant** mediante un **grillete de unión** se seguirá con la **estacha** o **dyneema** que finalmente se unirá con el **cable de remolque** mediante un **grillete de unión**. También es posible que si el buque remolcado es de gran tamaño se usen **cadena** o **estachas** para repartir el esfuerzo del remolcador, usando una por cada banda y pasando estas por la gatera del buque remolcado hasta unirse mediante un **pie de gallo** o dos **grilletes de unión fusible**. [61][62]

- **Sisga:** es un cabo de pequeño diámetro con una piña en un chicote o una pequeña boya, que sirve para lanzar a tierra o al buque el cabo deseado y que irá unido con un nudo de ballestrinque al virador. Comúnmente es lanzada a mano, aunque también existen dispositivos lanzacabos que funcionan mediante una bombona de aire comprimido y son portátiles, por si el francobordo del buque a remolcar es muy grande.
- **Virador:** es un cabo de mayor diámetro que el mensajero y que sirve como su nombre indica para virar el cabo con la maquinilla y así subir a la cubierta el calabrote en este caso.
- **Cabo fusible:** es un cabo de diámetro similar a las estachas compuesto de un material sintético, usado para absorber las tensiones que se producen en los tirones y que el cable del remolcador no sufra, faltando así este cabo y no dañando el de remolque. La longitud de este cabo debe ser de unos 120 metros.
- **Dyneema:** en el apartado de cabos de remolque ya explicamos de qué se compone, en este caso se usaría para alargar el tren de remolque y debido a su buena elasticidad reduce en mayor medida los estrechones que se pueden producir, debiendo lascar 60 metros, aunque pudiendo variar.
- **Cadenas:** se puede usar como cabo fusible ya que al no tener elasticidad faltaría el tren por ahí. Otro de sus usos es en los casos donde haya posibilidad de rotura del cabo con la gatera, trabajando como cadena de roce y evitando así que la estacha falte o bien para distribuir los esfuerzos del cable de remolque actuando con el pie de gallo, en este caso también se podría sustituir por estachas aunque de usarse se recomienda que para grandes buques se use un tramo de cadena de al menos 10 metros y tenga 3 metros de distancia con la gatera o guía, para evitar el desgaste.

2.4. Longitud del cable de remolque

A la hora de dar remolque portuario la longitud del cabo será la necesaria para trabajar con seguridad y dependiendo del tipo de maniobra, ya que si se trabaja de carnero el cabo se usará para fijar el remolcador al costado del buque y evitar así los movimientos transversales que despegan al remolcador, por lo que se dará uno o varios cabos que harán firme en las bitas de cubierta del buque remolcado. Mientras que si trabajamos sobre estacha o sistema europeo necesitamos una longitud que permita que en el buque remolcado se hagan un mínimo de 6 vueltas sobre las bitas y una ligada sobre las dos últimas y que el buque remolcador trabaje de forma segura, por lo que la longitud variará según las condiciones y limitaciones de espacio, no siendo mayor de 180 metros normalmente.

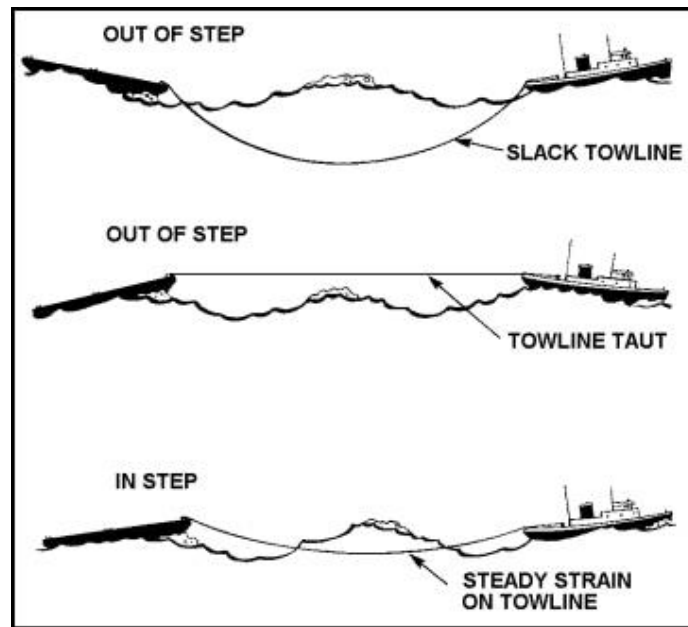
En el remolque de altura depende también de las circunstancias, ya que se depende de factores externos como puede ser el período de las olas habiendo solo orientaciones que indican la longitud de los elementos del Tren de remolque y que aconsejan que el conjunto no sea inferior a los 360 metros para tener una catenaria capaz de absorber las tensiones de forma eficaz. También existen tablas donde mediante relaciones varias se llega desde el tiro del remolcador a la flecha de la catenaria para posteriormente y con la siguiente fórmula se podría calcular una longitud de remolque aproximada:

$$S^2 = R \frac{2h}{P} + h^2$$

Donde **S** correspondería a la mitad de la longitud de remolque en metros, **R** a la resistencia total del buque (viento, corriente, etc.) en kilogramos, **P** es el peso del remolque en kilogramos y **h** la longitud de flecha de la catenaria que deseamos.

En los casos en que nos encontremos en alta mar y con oleaje tendremos que analizar también el período, altura y desplazamiento que estas generan en los buques por lo que la observación y la experiencia serán fundamentales. Así mismo, cuando nos encontremos en remolque con oleaje se intentará que remolcador y remolcado se encuentren en la cresta de la ola, para evitar los estrechonzos del cable debiendo ser ajustada la longitud cuando se considere necesario ya sea mediante el chigre, tanto lascando de forma manual como automática si se dispone de un chigre que mantenga la tensión constante, o con la velocidad del remolcador, disminuyéndola cuando se quiera acentuar la catenaria y viceversa. más adelante comentaremos en profundidad cálculos sobre márgenes de seguridad del cable en las maniobras en alta mar.
[48][63][64]

Imagen 19: Variación de la catenaria con oleaje en alta mar



Fuente: <https://www.globalsecurity.org/military/library/policy/army/fm/55-501/chap19.htm>

2.5. Catenaria del remolque

Como ya hablamos en el bloque de los cabos de remolque, la catenaria es necesaria para reducir los tirones producidos por agentes externos como el oleaje en remolques de altura. Por definición la catenaria es el seno que se crea por el peso del cabo al estar suspendido de dos puntos, estos puntos son la popa del remolcador y el firme del remolcado y teniendo un mínimo llamado flecha que representa el punto más profundo de la catenaria. Ésta necesita un cálculo previo y constante durante la navegación cuando nos acerquemos a profundidades próximas a la flecha de la catenaria, para evitar que sea demasiado profunda pudiendo tocar fondo con el consecuente riesgo de quedar el cabo atrapado y acabar siendo abordados por el buque u objeto remolcado. También se deberá jugar con la longitud ya que cuanto menor sea, mejor será la maniobrabilidad, pero se reduce la catenaria, con lo que la seguridad disminuye. **[39][63]**

Este cálculo se realiza de forma sencilla, con la siguiente fórmula:

$$h = \frac{(\text{longitud del remolque}/2)^2 \times \text{peso de un metro de cable}}{2 \times \text{tiro}}$$

La longitud del cable de remolque en metros la conocemos, el peso del cable lo sacamos del certificado o tabla de este y el tiro que se corresponde con el bollard pull del remolcador. **[65][66]**

Otra forma para calcular la longitud es con esta otra fórmula:

$$h = \frac{\text{peso de un metro de cable} \times \text{longitud del remolque}}{8 \times \text{tensión de remolque}}$$

Aunque es un poco más complicada ya que debemos contar con un dinamómetro en el chigre de remolque, algo que no en todos los buques se tiene, es más sencilla de calcular. Igual que en la fórmula anterior sacaríamos los datos del peso del certificado y en kilogramos, la longitud en metros la sabemos y la tensión del remolque nos la daría el dinamómetro. **[67]**

2.6. Maniobra de dar remolque

Distinguiremos entre los diferentes servicios ya citados en los Tipos de remolcadores según zona de trabajo. El procedimiento para dar la maniobra la marcará el buque remolcador y lo comunicará al buque remolcado, ya que cuenta con procedimientos específicos y seguros para cada situación, teniendo que usar la tripulación de ambas cubiertas obligatoriamente el EPI consistente en botas de seguridad, mono de trabajo, chaleco salvavidas, guantes de protección y casco. Así como diferente utillaje como mazo, pata de cabra y bichero entre otros, que estará ubicado cerca del chigre en el que se realice la maniobra para casos de emergencia. Como ya hablé con anterioridad me centraré en las maniobras que experimenté en el “*VB Canarias*” cuya propulsión es ASD, al tener una excelente maniobrabilidad se usaban los chigres de proa donde se tiene estachas, mientras que en el chigre de popa se disponía del cable de remolque.

2.6.1. Remolque portuario: de haber un práctico a bordo, éste nos indicaría el lugar por el que quiere que se ubique el remolcador por lo que la maniobra podría cambiar la ubicación, siendo similares los procedimientos, pero variando según la ubicación de la estacha de remolque. En el **caso A** se explicará un remolque con la estacha del chigre de proa del remolcador, usando la experiencia propia. En el **caso B**, se pasará a detallar el supuesto de un remolque por popa usando el gancho de remolque y las estachas del buque remolcado. [62]

Caso A:

1. El buque remolcador se aproxima al buque remolcado lo máximo posible, desde el remolcado se lanza una sisga a la cubierta del buque remolcador cuando nos den aviso de que se encuentra tripulación en cubierta.
2. La sisga es cobrada con ayuda del bichero si fuera necesario y se amarrará un virador a ella. A su vez a ese virador irá sujeta la gaza de la estacha que se vaya a usar en la maniobra.
3. El buque remolcado cobrará el virador mediante medios manuales o con maquinilla, subiendo a cubierta la estacha. En este paso el remolcador irá lascando estacha a la vez que se cobra desde el buque remolcado.
4. Una vez esté la estacha en cubierta esta se hará firme a la bita y el remolcador arriará la distancia que crea necesaria para trabajar con seguridad o navegar para servir de escolta, pudiendo tener que cobrar si el práctico requiere que se trabaje a la americana y siendo probable que en este caso se tuviera que usar otra estacha para hacer firme al remolcador contra el costado del buque.

Caso B:

1. El buque remolcador se aproxima al buque remolcado lo máximo posible, desde el remolcado se lanza una sisga a la cubierta del buque remolcador.
2. El buque remolcado cobrará la sisga y sujetará un virador a ella, para ser cobrada por el buque remolcado.
3. Desde el buque remolcado se juntará el cabo de remolque, que será cobrado por el buque remolcador. Mientras es cobrado, el buque remolcado arriará cabo para que desde el remolcador se proceda a engancharlo al gancho de remolque, quedando firme el cabo y pudiendo iniciar la maniobra.

2.6.2. Remolque de altura: aquí englobaremos también al remolque de escolta, siendo el procedimiento muy parecido al anterior apartado ya que también se usan estachas, aunque variando en la colocación del remolcador que se ubicaría abarloado y con la máquina en atención. Tanto en el remolque de escolta como en el de alta mar nos encontramos con agentes externos como viento y oleaje que pueden complicarnos el procedimiento, por lo que la aproximación al buque se hará con mayor precaución y siempre a sotavento para favorecer el lanzamiento de la sisga. Si se realiza un remolque de un objeto flotante como una barcaza o un bloque de hormigón cambia el procedimiento, al estar atracado en puerto y facilitar la maniobra, por lo que asumiremos que es un buque con máquina disponible y que usaremos el tren de remolque, ya que si fuera con estacha el procedimiento sería más parecido al de remolque portuario. **[48][61][62]**

1. El buque remolcador se aproximará igualando la velocidad con el buque remolcado y buscando el socaire, pudiendo abarloarse para ello.
2. Desde el buque remolcado se lanzará la sisga, que será cobrada por el buque remolcador y unida a un virador.
3. En el chicote del virador se usará un grillete de unión para fijar el cabo fusible.
4. Una vez esté el cabo fusible en la cubierta del buque remolcado se le unirán las cadenas mediante grilletes de unión, creando un pie de gallo.
5. En el buque remolcador se habrá unido el fusible o pennant con el grillete de unión al cable de remolque o si fuera necesario a la estacha y de ahí con un grillete de unión al cable de remolque. Desde el buque remolcado se da el largo de cadena necesario hasta hacerlo firme con el freno y el estopor. En ese momento el remolcador procederá a desvirar la longitud de cable calculada a medida que se aleja del buque remolcado.

Otra opción sería usando el triángulo de remolque y empezando la maniobra desde el remolcador.

1. El buque remolcador se aproximará igualando la velocidad con el buque remolcado y buscando el socaire, pudiendo abarloarse para ello.
2. Desde el remolcador se lanzará una sisga con un virador unido a ella cuando el buque remolcado nos dé el aviso de que se encuentra tripulación en cubierta y será cobrado por el buque remolcado.
3. Al chicote del virador le unirán desde el remolcador el triángulo con el resto del tren de remolque.
4. Una vez esté el triángulo en la cubierta del buque remolcado se le unirán las cadenas mediante grilletes de unión y un cable para que en caso de faltar el pennant o las cadenas se recupere el triángulo.
5. Desde el buque remolcado se da el largo de cadena necesario hasta hacerlo firme con el freno y el estopor. En ese momento el remolcador procederá a desvirar la longitud de cable calculada a medida que se aleja del buque remolcado.

2.6.3. Remolque de salvamento: en estos remolques entendemos que el buque remolcado está a la deriva, sin poder hacer uso de la máquina o el sistema de gobierno por lo que se encuentra en una situación de emergencia siendo crucial facilitar y agilizar el remolque, por lo que usaremos el ETS explicado más atrás. El caso de un buque siniestrado lo hablaremos más adelante, ya que requiere comprobaciones por parte del buque remolcador, aunque el procedimiento para dar cabos sería igual al remolque de altura. [53][54][68][69]

En este caso hablaremos del ETS al que obliga el estado de Alaska para la preservación del medio marítimo, aunque el ETS de la OMI tendrá el mismo procedimiento al ser muy parecido el equipo usado. Podemos distinguir entre dos tipos dependiendo del lanzamiento de la sisga. En el primer caso el buque remolcado lanzaría la sisga por lo que lo llamaremos **buque remolcado a buque remolcador** y en el segundo caso será el buque remolcador el que inicie la maniobra al buque remolcado por lo que lo llamaremos **buque remolcador a buque remolcado**.

- **Buque remolcado a buque remolcador:** en este caso el tambucho contendrá los siguientes elementos por este orden: un ancla de capa, una boya de señalización unida al ancla, el cabo mensajero de 180 metros irá unido por el chicote a la boya de señalización, en el otro extremo acabará en una gaza con perilllos y guardacabo. A éste irán por un lado un pequeño cabo que lleva en su chicote una boya y por otro la línea de remolque que puede ser grande (107 metros de largo y 25 centímetros de diámetro) capaz de aguantar remolques de más de 50.000 DWT o pequeña (152 metros de largo y 18 centímetros de

diámetro) que puede ser usado para remolque de buques de hasta 50.000 DWT. Finalmente, la línea de remolque acabará en una gaza con un protector de cabo que lo proteja del roce y será éste el que hará firme en la bita del buque a remolcar.

En este caso el procedimiento para dar remolque es relativamente sencillo.

1. Se abre el tambucho y se disponen sobre cubierta los cabos adujados por el orden en que se sacan, colocando en una banda el ancla y la boya de señalización y en la contraria el cabo de remolque y la boya, dejando el cabo mensajero en crujía cerca de la gatera. Esta maniobra se realizará cerca de la bita donde hagamos firme el cabo de remolque.
 2. Se pasarán la boya de señalización con el ancla por la gatera próxima a la bita que se vaya a usar en la maniobra de remolque y se hará firme a esta el chicote del cabo de remolque que dispone del protector.
 3. Se encenderá la boya de señalización y se lanzará sobre el pasamanos de barlovento con el ancla de capa.
 4. Se largará el mensajero por la gatera controlando que no sea demasiado rápido para evitar que se enrede.
 5. Una vez que esté el mensajero fuera, se largará el conjunto de la boya y el cabo de remolque.
 6. Una vez que el remolcador llegue a la zona no tendrá más que recuperar la boya de señalización y cobrar el mensajero. En este proceso el remolcador debe maniobrar para evitar que el mensajero esté en tensión y pueda faltar. Se unirá el cabo de remolque al cable de remolque con el grillete de unión o bien al tren de remolque y una vez esté unido, se podrá quitar el cabo mensajero y la boya.
- **Buque remolcador a buque remolcado:** este tambucho tendrá elementos similares a los anteriores ya que la forma de lanzamiento es distinta, llevando por este orden: un lanzacabos con la sisga preparada en su interior, en su chicote irá el cabo mensajero de 180 metros, en el otro extremo acabará en una gaza con perrillos y guardacabo. A éste irán por un lado un pequeño cabo que lleva en su chicote una boya y por otro la línea de remolque que puede ser grande (107 metros de largo y 25 centímetros de diámetro) o pequeña (152 metros de largo y 18 centímetros de diámetro). Finalmente, la línea de remolque acabará en una gaza con un protector de cabo que lo proteja del roce.

Este caso es más sencillo al anterior, puesto que se simplifica la maniobra.

1. Se abre el tambucho y se disponen sobre cubierta el mensajero con el lanzacabos por un lado y el cabo de remolque con la boya por otro. Esta maniobra se puede realizar cuando nos encontremos en las proximidades del buque a remolcar si las condiciones lo permiten.
2. En la cubierta del remolcado se conectará el cabo de remolque al cable o tren de remolque, según se necesite, mediante el grillete de unión correspondiente.
3. El buque remolcador se situará a barlovento y a no más de 100 metros del buque para usar el lanzacabos. Cuando tengamos confirmación del buque remolcado de que se encuentra la tripulación en cubierta, se lanza la sisga a la cubierta del buque remolcado, que será cobrada por la tripulación.
4. La tripulación del buque remolcador irá lascando la sisga y el mensajero a la par que viran desde el buque remolcado. Una vez esté el mensajero en la cubierta del buque remolcado, se pasará su chicote por la gatera más próxima a la bita que usemos para hacer firme el cabo de remolque.
5. Según se vire el mensajero, ya sea a mano o con la maquinilla, se tendrá que vigilar desde ambos buques que el mensajero no tenga una tensión excesiva que pueda hacer que falte.
6. Una vez el buque remolcado tenga en cubierta la boya con el cabo de remolque lo hará firme a la bita, en ese momento se podrá quitar el mensajero y la boya para comenzar el remolque según se lo comuniquen al remolcador.

2.7. Remolque portuario

En esta clase de remolque el remolcador sirve como un extra de maniobrabilidad en buques que no disponen de hélices de maniobra o a los que por condiciones climáticas adversas se les complica la maniobra de atraque o desatraque.

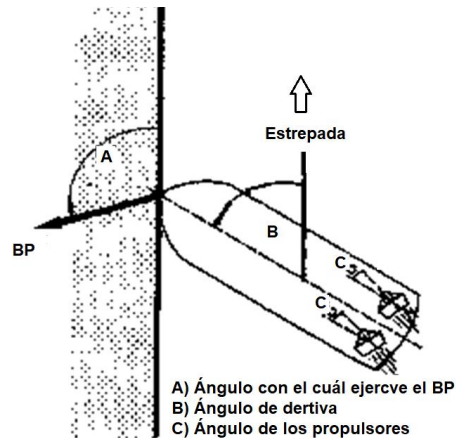
Por mi breve experiencia de prácticas asumo en este apartado que partimos de una situación en la que en la maniobra se encuentran el número de remolcadores adecuados y con la potencia suficiente para realizar el remolque sin peligros, ya que en el caso de Boluda desde la central se llamaba al teléfono del barco para asignarnos el buque a remolcar.

Aunque hay muchos tipos de maniobras y cada patrón o capitán las realiza según las condiciones meteorológicas, el tipo de propulsión del remolcador, etc., se ha acordado globalmente dividir las maniobras en dos grupos principales que son: **sistema americano** y **sistema europeo**. [43][60][70][71]

Sistema americano: comúnmente a este sistema también se le llama de carnero ya que es una de las formas en las que se puede trabajar, habiendo más formas según las necesidades del buque remolcado.

- **Carnero:** el remolcador se aproxima proa al buque a remolcar y hará firme al menos una estacha para mantener la proximidad. Usará los cintones de proa para hacer la fuerza directamente sobre el costado del buque, ejerciéndola de forma perpendicular a la crujía pudiendo combinarla con el sistema europeo o pull, ejerciendo un pull-push en el que sobresale el ASD por su capacidad de cambiar el sentido del propulsor de forma rápida. Su uso sería similar a la acción que podría hacer una hélice de maniobra si situamos el buque remolcador a popa o en la proa del buque. La fuerza que se necesite nos la indicarán desde el buque remolcado y se regulará con el ángulo en el que la proa apoye sobre el costado, pudiendo ejercer en buques de no gran tamaño un mínimo empuje avante o atrás según apoyemos. Otro uso de esta forma de remolque es en barcazas, situándose a la popa y empujando, resultando el remolcador en el sistema de propulsión y gobierno. En la imagen de más adelante, la estrepada corresponde a la deriva del remolcador que crea el cabo mediante los estrechonazos.

Imagen 20: Resultante de fuerza de empuje respecto al ángulo de ataque



Fuente: http://www.maniobradebuques.com/cursos1_1/Remolque%20portuario.pdf

- **Abarloado:** el buque remolcador se abarloada al buque remolcado dando por norma general el largo de proa que evita los movimientos longitudinales hacia popa, spring de proa evita los movimientos longitudinales hacia la proa y un través de popa que aconcha el remolcador al buque remolcado, quedando de esta forma mantenida la posición del remolcador y pudiendo transmitir el empuje de forma eficaz al poderse considerar al conjunto como un único buque a efectos de maniobrabilidad. Suele abarloadarse a popa del buque a remolcar en situaciones en las que el buque carece de la propulsión necesaria para maniobrar de forma eficaz en aguas confinadas o con poco espacio de maniobra y con mar en calma. De ser necesario, con esta forma el remolcador podría pasar a trabajar de carnero si larga el través de popa o bien push-pull, pudiendo lascar el spring de proa para ello. En cualquier caso, el buque remolcado ayudará a la maniobra poniendo el timón a la banda a la que quiera maniobrar.

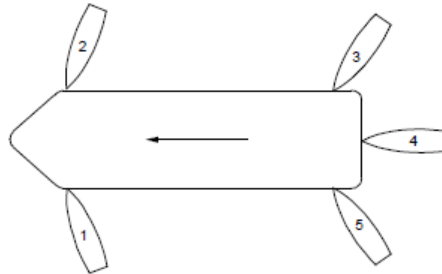
Imagen 21: Remolcador abarloado



Fuente: https://ingenieromarino.com/remolcadores/#73-Remolcador_Abarloado

Para entender cómo reacciona el buque remolcado según el empuje del buque remolcador tenemos la siguiente imagen, con la que posteriormente comentaremos cada efecto.

Imagen 22: Acción individual de cada remolcador



Fuente: Maniobra de los buques de R. Marí Sagarra

- **Remolcadores 1 y 2:** cuando el buque remolcador actúa de carnero dando avance por la amura, lleva la proa del buque remolcado en dirección al empuje, es decir, si el remolcador 2 empuja, llevará la proa del remolcado a babor. Pero, no es aconsejable puesto que añade avance al buque con lo que el radio de giro aumenta. En caso de actuar tirando, dando atrás, la caída de la proa seguirá siendo igual al caso anterior, cayendo la proa a babor cuando el remolcador 1 tira. Cuando se necesite acelerar la caída, actuarán de forma simultánea ambos remolcadores. Por ejemplo, en la caída de la proa a estribor, el remolcador 1 empujará y el remolcador 2 tirará, contrarrestando la componente avante del remolcador 1 al actuar como si de un ancla se tratara, por lo que el radio de giro del remolcado se mantendría. A su vez, si el buque remolcado llevara una velocidad excesiva, el uso de ambos remolcadores reduciría su velocidad al ejercer una resistencia al avance extra, pudiendo tirar de ambas bandas.
- **Remolcadores 3 y 5:** al actuar empujando el buque remolcador por la aleta, llevará la popa del buque remolcado en la dirección en la que se efectúe el empuje, es decir, si el remolcador 5 trabaja de carnero, la popa del remolcado caerá a estribor. En el momento en que alguno de los remolcadores actúe tirando, provocará una deriva en el buque, por lo que la maniobra deberá ser planificada con anterioridad y teniendo en cuenta el espacio disponible. También deberá tenerse en cuenta la reducción de eficacia que se produce en los remolcadores cuando el remolcado da atrás, ya que al encontrarse muy cerca de la popa la corriente de expulsión puede incidir sobre ellos.
- **Remolcador 4:** el uso de este remolcador es común en embarcaciones que no disponen de sistema propulsor propio, como las barcasas, o en buques que lo tienen inoperativo. En buques mercantes con sistema propulsor operativo no es común, ya que al encontrarse en el chorro de expulsión el remolcador vería su

eficacia afectada. En el caso de usar este remolcador, este actuaría sobre el objeto o buque remolcado como si de un sistema propulsor y su timón se tratase.

Por otro lado, tenemos el **sistema europeo**, donde el buque arria estacha y ejerce la fuerza tirando del buque, teniendo como ventaja que la fuerza ejercida se realiza por completo en dirección a la estacha, lo que facilita la maniobra. En este sistema a su vez se pueden incluir el tiro directo e indirecto.

- **Tiro directo:** en este modo de remolque la fuerza del tiro es ejercida en su totalidad por la potencia que suministran los motores, siendo el más común en las maniobras de puerto, sobre todo cuando se realiza el push-pull, que es el conjunto con la maniobra de carnero.

Imagen 23: Remolcador ejerciendo tiro directo desde chigre de popa



Fuente: <https://www.pinterest.cl/pin/403212972882413200/>

- **Tiro indirecto:** aquí implica además la resistencia hidrodinámica que ejerce el buque remolcador al colocarse con cierto ángulo respecto al buque a remolcar, resultando en una especie de freno hidrodinámico que es usado principalmente con grandes buques para reducir su velocidad antes de entrar a puerto en el remolque de escolta o dentro del puerto. El ángulo óptimo para el remolque es estando el cabo de remolque a 45° de la crujía del remolcado y con un ángulo máximo de 30° del remolcador respecto al remolcado, llegando a generar una resistencia hidrodinámica del doble del bollard pull cuando se va a 10 kn .

Imagen 24: Remolcador escorado durante el tiro indirecto

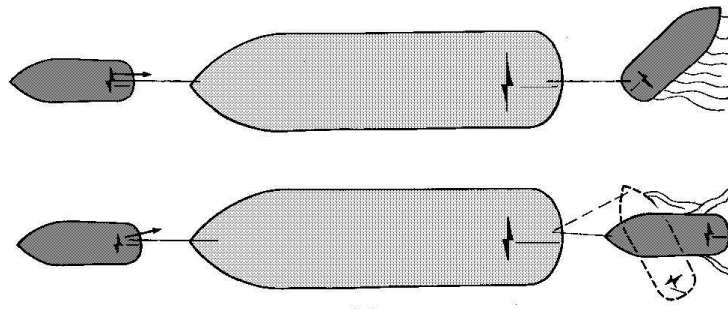


Fuente: <https://www.pinterest.de/pin/404972191474350567/>

La elección del sistema que vayamos a usar depende de muchos factores, desde la resistencia estructural del buque, a las bitas donde hacer firme e incluso el francobordo ya que de estar el buque sin carga un gran francobordo podría limitar el trabajo del remolque con cabo o **sistema europeo**, aunque el factor más importante es el espacio que se disponga para hacer la maniobra. Si se trata de un lugar donde el espacio lateral es reducido, como podría ser un canal, el sistema más efectivo es el **europeo** al no tener espacio suficiente para maniobrar el remolcador si trabajara a la **americana o abarloado**, mientras que si se trata de un muelle donde no hay grandes distancias para dar el cabo suficiente será mejor trabajar a la **americana** ya que al ir abarloado al buque remolcado no requiere de grandes espacios más allá de su eslora.

Como principales desventajas podemos contar por un lado con que en el **sistema europeo** se corre un mayor riesgo de que falte el cabo al recaer toda la tensión sobre éste, además del riesgo de zozobra que es producido cuando la estacha de remolque se atraviesa adquiriendo un gran ángulo de trabajo y por tanto escora del buque que produce la inundación de los espacios estancos a través, mayormente, de puertas y ventilaciones que no se cierran para facilitar la refrigeración de la máquina. Se puede dar por varias razones, desde un cambio de velocidad brusco y repentino, por la mala ubicación del remolcador respecto a la posición que debería tener quedando el remolcador muy atrás si el remolque es avante y viceversa, como por una longitud escasa de estacha. En cualquier caso, si nos encontramos en esta situación usando el chigre se deberá cortar la estacha para recuperar la posición de equilibrio, aunque en el caso de usar el gancho de remolque éste se soltaría de forma automática al adquirir cierta escora. Otro de los riesgos es el ángulo sobre el que pivotan los ASD cuando remolcan por popa al tener la propulsión en popa. Cuando el remolcador se encuentra por proa, si el buque remolcado adquiere mayor velocidad que el remolcador, entrará en riesgo de colisión. Mientras que, si se remolca por proa la popa del remolcado, el remolcador tendrá situaciones donde no ejerza tracción perdiendo entonces la acción de remolque.

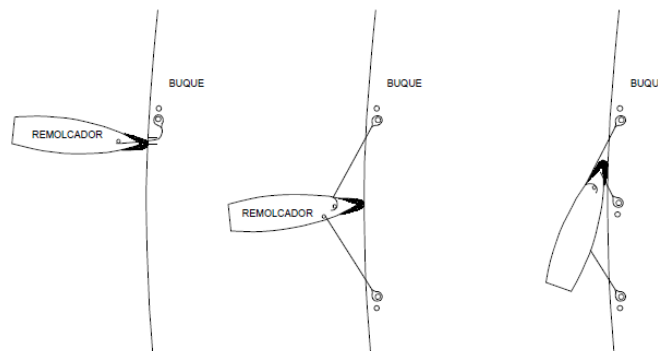
Imagen 25: Remolque a la europea, a proa tiro directo y a popa tiro indirecto



Fuente: http://www.maniobradebuques.com/cursos1_1/Remolque%20portuario.pdf

En cuanto al remolque a la **americana** su principal desventaja es que cuando actúe de push-pull, ya que cuando esté empujando (“pull”) su potencia se verá reducida en un 10% respecto a la de máquina avante.

Imagen 26: Remolque a la americana



Fuente: Marí Sagarra, R., (1998). *Maniobra de los buques*, Barcelona, España, UPC

Antes de hablar de las maniobras explicaré de forma muy básica cómo son las comunicaciones desde el buque remolcado al remolcador, variando las órdenes en función del práctico de cada puerto o capitán del buque remolcado, pero siempre realizándose mediante VHF. Por norma general, y según pude observar en las prácticas, las órdenes indican la potencia y la dirección del tiro del remolcador. La potencia se indica con órdenes comunes como poco avante o por puntos en los que 1 punto avante indica muy poca avante y así sucesivamente. Por otro lado, la dirección del tiro, al

trabajar a la europea, se indica mediante los nombres asignados a los diferentes tipos de cabos de amarre y la función que cumplen, al decir por largo el remolcador se ubica a popa y como si de una bita se tratara hace la función de un largo actuando hacia popa y reduciendo el avance del buque remolcado. Al empezar la maniobra el práctico indicará la dirección a la que quiere el tiro, para que el remolcador se coloque en posición. Una vez esté en la posición, se lo hará saber al práctico, indicándole este si debe quedarse en stand by, la potencia que debe usar o si debe templar el cabo para empezar a ejercer el tiro. En el caso de que desde el buque remolcado se dé la orden de parar, el remolcador deberá ir reduciendo la tensión del cabo para evitar el efecto elástico y que nos leve contra el buque remolcado. Cualquier maniobra que se realice desde el remolcador será comunicada al buque remolcado, desde que se inicie la maniobra al aproximarse al buque, hasta que quede el remolcador libre de cabo.

Ahora que conocemos por encima las órdenes al remolcador, empezaremos hablando de las 3 maniobras de asistencia al buque dentro de un puerto que son el atraque, desatraque y la ciaboga, este último lo limitaremos a buques que por su eslora puedan hacer la maniobra en el interior del puerto. Explicaremos las maniobras básicas con las posiciones de los remolcadores, ya que es un tema muy extenso y con diferentes variables como son la superestructura del buque remolcado, su sistema de propulsión, las condiciones meteorológicas, tamaño y potencia del remolcador, tamaño del puerto, etc. Incluiremos en este apartado desde maniobras con un remolcador donde cambiará de sistema según las necesidades lo requieran, hasta sistemas combinados donde se usa en una cabeza del remolcado el sistema americano y en la otra el europeo. Para todos los casos supondremos que el buque remolcado tiene un sistema de propulsión convencional ya que son los que se corresponden con la mayor parte de buques mercantes y cuya maniobrabilidad se ve limitada. A excepción de los casos de cruceros modernos que cuentan con hélices azimutales y buques que posean waterjets como los fast ferry, aunque según las circunstancias meteorológicas podrían incluirse en este apartado. En cualquiera de las 3 variantes de maniobras posibles podremos distinguir 3 casos, en el **caso 1** el buque remolcado no dispondrá de hélice de maniobra en ninguna de sus cabezas, en el **caso 2** el buque contará con una hélice de maniobra a proa y en el **caso 3** tendrá hélices de maniobra en ambas cabezas. [72]

2.7.1. Ciaboga: esta maniobra puede ser usada para cambiar la banda de atraque en buques de gran tamaño y en puertos donde el espacio no la limite.

- **Caso 1:** al tratarse de un buque de gran tamaño y no disponer de hélice de maniobra, se usarán al menos 3 remolcadores. En la amura se ubicará un remolcador que trabajará de carnero, en la banda opuesta y situado en la aleta otro remolcador trabajando de igual manera. El tercero y último se ubicará trabajando a la europea cerca de la aleta contraria. Como ya explicamos anteriormente, los efectos de los remolcadores actuando de carnero harán girar la proa y popa de forma conjunta y contrarrestando los efectos de deriva y avance. El remolcador trabajando a la europea favorece la caída de la popa con una mayor rapidez.

Imagen 27: Maniobra de ciaboga de un buque portacontenedores



Fuente: <https://www.marineinsight.com/marine-navigation/ship-handling-using-tugs-for-manoeuvring-a-ship/>

- **Caso 2:** al contar con hélice de maniobra a proa se facilita la asistencia pudiendo usar uno o dos remolcadores, según requiera la situación, y los medios propios del buque remolcado. El buque remolcado usará todos sus medios para favorecer la maniobra, usando la hélice de maniobra y el timón, pudiendo ubicarse un remolcador trabajando a la europea en la amura contraria al chorro de expulsión de la hélice de maniobra para acelerar la caída. El otro remolcador se ubicaría en la aleta de la misma banda actuando de carnero o en la banda contraria si trabajara a la europea.
- **Caso 3:** para estos casos cuando la meteorología es adversa deben usarse remolcadores, pudiendo usar una configuración similar que en el caso 2 en la que el remolcador ubicado a proa se relocalizaría trabajando a la europea en la banda contraria al chorro de expulsión de la hélice de maniobra de popa. Si el buque ciaboga a estribor, quedaría un remolcador en la amura de estribor y el otro remolcador en la aleta de babor, ambos trabajando a la europea. De este modo se controla la caída, pudiendo frenarla al actuar de carnero.

2.7.2. Maniobras de ataque: para todos los casos supondremos que el buque no dispone de las condiciones necesarias para ejercer la maniobra por sus propios medios con seguridad y que, por ello, la asistencia de remolcadores es esencial. Asumiremos que el buque remolcado se encuentra en aguas interiores del puerto y que el remolcador o remolcadores tienen firme el cabo de remolque a la bita del buque remolcado.

- **Caso 1:** el remolcador se ubicará por la aleta de la banda contraria del atraque para tener un mayor control en todo momento de la velocidad y caída del buque. El buque remolcado se aproximará por sus medios al atraque, llevando la proa al muelle y el remolcador actuará a modo de escolta. Una vez esté la proa cerca del muelle, el remolcador comenzará a actuar de carnero para aproximar al remolcado, se dará entonces el largo de proa a tierra desde el remolcado. Por último, el remolcador sigue actuando de carnero reduciendo la distancia de la popa al muelle, finalizando la maniobra cuando estén las amarras firmes.
- **Caso 2:** el remolcador al igual que en el caso 1 se ubicará por la aleta de la banda contraria al atraque, actuando en este caso como si de una hélice de maniobra en popa se tratara. El buque remolcado podrá aproximarse hasta quedar prácticamente paralelo al atraque y con poca o ninguna arrancada, usando entonces la hélice de maniobra de proa para acercar la proa al muelle. Cuando la proa esté próxima al muelle se dará el largo y se hará firme en tierra, para controlar la distancia. A su vez, el remolcador puede actuar de carnero mientras, dando poca para acercar la popa. Una vez esté la popa cerca del muelle se darán cabos para ajustar la posición del remolcado, manteniendo aún el remolcador el empuje, si es necesario, para que la popa no se despegue.
- **Caso 3:** para este caso he encontrado una maniobra de atraque en el puerto de Long Beach, California, donde un buque portacontenedores, que posee hélices de maniobra a proa y popa, usa la asistencia de dos remolcadores para atracar por estribor. En esta ocasión y por la disposición del muelle y el atraque, el buque remolcado inicia la maniobra con arrancada atrás casi nula, ubicándose un remolcador en la crujía de popa que trabaja a la europea para proporcionar el empuje y direccionar la popa. El otro remolcador se coloca en la crujía de proa también trabajando a la europea, pero sin templar el cabo y a la espera para frenar la inercia si fuera necesaria. Tras esto, el remolcado de proa temple el cabo y ejerce poco tiro para frenar la arrancada, mientras, el remolcador de popa pasa a abarloarse a la aleta de babor cambiando el cabo a una gatera de la aleta de esa misma banda para empezar a ejercer empuje atrás. El buque remolcado irá usando la hélice de maniobra de proa para ir pegándola al muelle. Una vez se encuentre paralelo al atraque, el remolcador de popa pasará a trabajar de carnero en la misma posición para con la ayuda de la hélice de popa pegar ésta al muelle, de forma simultánea el remolcador de proa que se encontraba en stand by, templará el cabo para frenar la arrancada atrás. Finalmente, mientras el remolcador de proa mantiene la tensión del cabo sin aplicar tiro trabajando como una codera prácticamente, desde el buque remolcado se dejarán de usar las hélices de maniobra y se dan los cabos por proa para hacerla firme, una vez se haga firme el remolcador de proa puede lascar. El remolcador de popa sigue actuando de carnero para mantener el buque pegado al muelle hasta que den los cabos y hagan firme, en ese momento la maniobra se dará por finalizada y se largarán los cabos del remolcado quedando libre los remolcadores. [73]

Imagen 28: Portacontenedores atracando con la ayuda de dos remolcadores



Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=yaaf5NeZfmE>

2.7.3. Maniobras de desatraque: podrían considerarse como maniobras inversas a las de atraque, pudiendo usar los cabos y la ayuda de los remolcadores para salir del atraque.

- **Caso 1:** presentaré otro caso real para explicar la maniobra de desatraque en el puerto de Malta de un buque portacontenedores de CMA CGM de unos 300 metros de eslora con la asistencia de 3 remolcadores, debido al gran porte del buque. Primero se colocarán dos remolcadores en sus posiciones y harán firme, ubicándose uno en la amura de babor y el otro en la aleta de babor, el tercero quedará a la espera por popa. Los buques se colocarán para actuar de carnero empujando al buque contra el muelle con el empuje justo para que no se separe en exceso, tras eso el buque remolcado dará la orden de largar las amarras. Cuando se encuentre libre de cabos, los remolcadores lascarán cabo para reubicarse y trabajar a la europea alejando así, el buque del muelle. En el momento en que haya el espacio adecuado entrará a trabajar el tercer buque que estaba en stand by ubicándose, en este caso, primero en la aleta de estribor trabajando de carnero para liberar totalmente la popa y posteriormente largando la estacha para reubicarse en la amura de estribor y liberar también la proa. Este último movimiento se debe a que el buque debe virar a babor para salir del puerto, por ello el remolcador que se encuentra en la aleta de estribor seguirá trabajando de carnero, el de la aleta de babor a la europea y el remolcador de la amura de babor mantendrá la tensión para que el buque gire sobre su eslora en la medida de lo posible. Una vez libre y enfilado a la bocana los remolcadores podrían escoltarlo como medida preventiva.

Imagen 29: Buque portacontenedores desatracando en el puerto de Malta



Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=wUXTrT9_bvc

- **Caso 2:** al contar el buque remolcado con la hélice de maniobra a proa, el remolcador se ubicará a popa en espera, pero con el cabo firme al remolcado. Desde el buque remolcado se dará la orden de largar amarras, cuando queden libres de amarras darán una palada adelante para adquirir una arrancada mínima. Cuando la inercia haya sido vencida se usará la hélice de proa para despegar la proa del muelle, mientras, el buque remolcador templará el cabo y empezará a tirar de la popa del remolcado para despegarla del muelle. Una vez quede el buque libre del muelle, se parará la hélice de maniobra y el remolcador dejará de ejercer tensión en el cabo, pudiendo dar la maniobra por finalizada si no requiere del servicio de escolta.
- **Caso 3:** para este caso sería aplicable el uso de remolcadores si el viento llevara al buque remolcado sobre el muelle y las hélices de maniobra no pudieran contrarrestarlo, considerándose como el **caso 1**, con la variante de un posible mayor uso de remolcadores para contrarrestar la fuerza del viento.

2.8. Remolque de altura

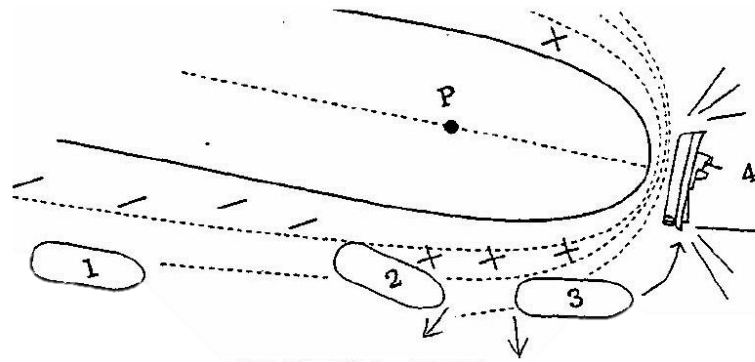
En este apartado se hablará en primer lugar de los peligros en las maniobras de escolta, ya que las acciones que pueda hacer están explicadas un apartado más atrás. Posteriormente pasaremos a hablar de la teoría del remolque en alta mar, los peligros que se dan durante el remolque y las medidas de seguridad para evitar accidentes de cualquier tipo. El remolque de altura engloba también al remolque de salvamento, por lo que en este apartado pondremos algún caso de remolque de salvamento de buques que han quedado a la deriva o varados. Aunque no todo el remolque de altura es de salvamento, también se puede encontrar transporte de objetos flotantes como barcasas o bloques de hormigón, buques que vayan a astilleros y buques para desguazar.

2.8.1. Peligros en el remolque de escolta: aunque sea común al remolque portuario, hablaremos en este apartado de uno de los problemas que se originan en la aproximación del buque remolcador al remolcado cuando ejerce remolque de escolta. Se producen los fenómenos de succión o repulsión, que son provocados cuando el buque remolcado se encuentra a una velocidad superior a la debida, sobre el remolcador al aproximarse para dar cabos o cuando actúa escoltándolo. Estos fenómenos se originan al estar el buque en movimiento y generar campos de presión, habiendo altas presiones a proa y depresiones en los costados del buque y popa. Si el buque remolcador se encuentra en la proa nos encontramos con estos 4 casos posibles.
[74][75]

- **Caso 1:** el buque remolcador se abarboa por acción propia o del viento al costado del buque remolcado, al haber una zona de depresión, el remolcador se ve succionado por el remolcado entrando en una situación complicada en la que de no reaccionar a tiempo puede acabar en accidente. Para salir de esta situación el remolcado debe aminorar, reduciendo así la presión y facilitando la maniobra del remolcador que al ser ASD tendrá más facilidad que un remolcador convencional.
- **Caso 2:** en este caso el remolcador se encuentra entre dos zonas, actuando la zona de altas presiones a proa y la depresión a popa, generando un par de fuerza que favorece la succión de la popa hacia el costado del remolcado y la repulsión de la proa. La solución a este problema es la rápida maniobra del remolcador, manejando también la potencia para salir de la zona de bajas presiones.
- **Caso 3:** si el buque remolcador actúa por la amura o se desliza hacia ella, se encontrará en una zona de altas presiones por popa que podrían actuar como si diéramos toda hacia la proa del buque remolcado, pudiendo encontrarnos en una situación de emergencia como en el **caso 4** si el buque remolcado tuviera una velocidad alta, lo que generaría un aumento de las altas presiones. Si se reacciona a tiempo, el remolcador debe actuar como en el **caso 2**, maniobrando en este caso para sacar la popa de la zona de altas presiones. En el caso de que el campo de altas presiones sea muy elevado, se debe comunicar al buque remolcado que modere y manibre la proa a la banda contraria en la que nos

encontramos para evitar el rumbo de colisión, a la vez que el remolcador maniobra controlando rumbo y potencia para salir del campo ya que, de no salir, acabaremos cortando la proa con el consecuente riesgo de zozobra o daños en ambos buques.

Imagen 30: Diagrama de campos de presiones de costado a proa

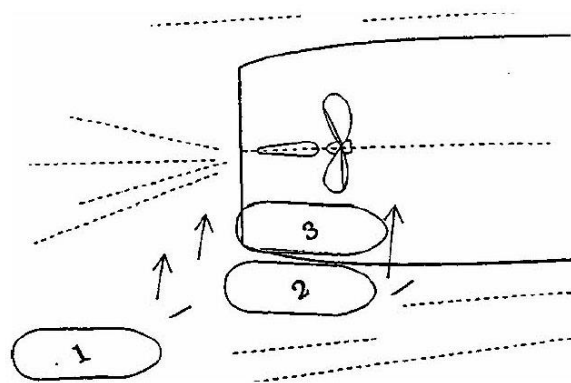


Fuente: <http://www.geocities.ws/mpaoral/ch5/interaction.htm>

De encontrarnos a popa esos efectos serían similares a si nos encontráramos en el costado.

- **Caso 1:** el remolcador pasa de una zona de altas presiones a una zona de depresión con la consecuente acción de succión por parte del remolcador hacia el chorro de expulsión y la bovedilla, lo que reduciría la maniobrabilidad y empuje del remolcador al encontrarnos en una zona de aguas turbulentas, pudiendo producirse cavitación en la hélice.
- **Caso 2:** cuando el buque remolcador se aproxime a la aleta del remolcador, el efecto de succión lo atraerá hacia la aleta pudiendo abordar al remolcador si no se reacciona a tiempo, **caso 3.**

Imagen 31: Diagrama de campo de presiones de aleta a popa

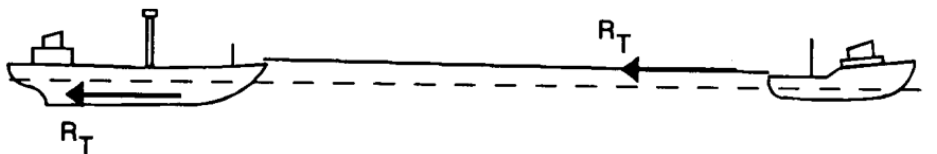


Fuente: <http://www.geocities.ws/mpaoral/ch5/interaction.htm>

2.8.2. Teoría del remolque en alta mar: cuando el buque remolcador remolca por su popa y a la velocidad prevista al remolcado, este ejerce una resistencia al avance que debe ser calculada previa a la salida ya que el remolcador deberá tener potencia suficiente para superar esa resistencia. A esa resistencia la llamaremos R_t que corresponde con la resistencia total, ya que depende de un conjunto de factores que enumeraremos a continuación:

1. Resistencia hidrodinámica del buque remolcado por fricción, olas transversales y remolinos.
2. Resistencia de la hélice del buque remolcado, que en caso de ir bloqueado el eje aumentará.
3. Golpes de mar en el casco.
4. Efectos del viento en la obra muerta.

Imagen 32: Diagrama de la Resistencia Total



Fuente: <http://www.maniobradebuques.com/pdf/articulos/teoria-del-remolque-de-alta-mar.pdf>

Antes de realizar la maniobra se deberá llevar a cabo una serie de cálculos para saber la resistencia total y así saber la potencia que requerirá el remolcador, así como de unos márgenes de seguridad del cable de remolque. [48][62][76][78]

- Cálculo de potencia:

✓ **Potencia efectiva de máquina (EHP):** usaremos la fórmula del Almirantazgo.

$$EHP = \frac{v^3 \times \sqrt[3]{D^2}}{k}$$

v: velocidad que se quiere obtener en m/s.

D: desplazamiento del buque remolcado.

k: coeficiente específico del buque remolcado, sacado de las curvas de potencia que no siempre están disponibles.

✓ **Potencia al freno (BHP):** aquí calcularemos la potencia al freno que requiere el remolcador para ejercer el remolque, pero el remolcador usa parte de esa potencia para alcanzar la velocidad de remolque deseada. Esta pérdida de potencia se considera óptima si se encuentra por debajo del 10% de la potencia total. Resultando en una primera fórmula para el cálculo de la primera BHP:

$$BHP_i = \frac{EHP}{0,7}$$

Tras esto, calcularemos la potencia al freno real, donde quitaremos ese 10% de pérdida.

$$P_r = \frac{BHP_i \times 9,1}{100}$$

Por último, obtendremos la potencia al freno final que requerirá el remolcador.

$$BHP_f = P_r + BHP_i$$

✓ **Bollard Pull (BP):** nos sirve para conocer la fuerza que ejercerá el remolcador sobre el buque remolcado. Usaremos la fórmula de buques mercantes y remolcadores sin especificar.

$$T = \frac{1,3 \times BHP}{100}$$

✓ **Potencia adicional:** aquí se calculará la potencia necesaria para superar la resistencia generada por las hélices en las que tenemos dos supuestos, en el primero la hélice está bloqueada por lo que definiremos la potencia como P_{hp} o potencia con hélice parada y en el segundo la hélice gira libremente por lo que la potencia se llamará P_{hg} o potencia con hélice girando.

$$P_{hp} = \frac{d^2 \times v^2}{65}$$

$$P_{hg} = \frac{d^2 \times v^2}{340}$$

d: diámetro de la hélice en metros.

v: velocidad del buque en nudos.

- Cálculo de resistencias:

✓ **Resistencia total (R_t):** dispondremos de 3 fórmulas, la primera será para un buque abandonado. Por lo que la resistencia obtenida de esta fórmula tendrá que ser corregida según experiencias multiplicando por un factor de 2 en buques de una hélice y de 2,5 en buques con hélices gemelas.

$$R_t = \frac{EHP}{6,86 \times v}$$

v: velocidad del buque remolcado en nudos.

Esta segunda fórmula será usada en objetos flotantes de formas paralelepípedas cuando son remolcados con cierto ángulo α de costado, usaremos la fórmula de Joessel.

$$R = \frac{5,3 \times SV \times v^2 \times \sin \alpha}{0,2 + 0,3 \times \sin \alpha}$$

SV: superficie de obra viva, que se calcula de la siguiente forma $(2 \times calado + manga) \times eslora$. Todo en metros, dando el resultado en m².

v: velocidad del buque remolcado en nudos.

α : ángulo de incidencia del agua sobre la superficie.

Esta tercera forma es la más efectiva para cualquier tipo de objeto remolcado ya que tiene en cuenta más resistencias que se originan debido a corrientes, vientos u oleaje. Se trata de un sumatorio de diferentes resistencias que iremos exponiendo.

$$R_t = R_{agua} + R_{viento} + R_{hélices} + R_{cable} + R_{olas}$$

✓ **Resistencia al agua (R_{agua}):** para usar la siguiente fórmula se debe calcular antes un coeficiente dependiente de la eslora llamado **k** y la superficie de obra viva (**S_{viva}**) con la fórmula del apartado anterior.

$$k = 0,1392 + \frac{0,258}{2,68 + E}$$

$$R_{agua} = k \times \delta \times S_{viva} \times v^{1,825}$$

E: eslora del buque remolcado en metros.

δ : la densidad del agua donde se remolca.

SV: superficie de obra viva en m².

v: velocidad de remolque del buque en m/s.

✓ **Resistencia por viento (R_{viento}):** se disponen de varias fórmulas según la unidad de medida y factores usados, en este caso el resultado lo dará en kg.

$$R_{viento} = \frac{k \times \delta \times S_c \times (v_{viento} \pm v_b)^2}{2}$$

k: varía de 0,82 para vientos puestos, hasta 10 para ángulos de 30°.

δ: valores sacados de la Tabla 1 en (Kg*s²)/m⁴.

S_c: superficie de carena en m².

v_v: velocidad del viento en m/s.

v_b: viento del buque en m/s.

Tabla 1: Densidades de distintos medios según temperatura.

	TEMPERATURAS				
MEDIO	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C
Aire	0,1335	0,1288	0,1248	0,1193	0,1146
Agua dulce	102,21	102,05	101,79	101,42	
Agua salada	104,84	104,68	104,47	104,16	

✓ **Resistencia por hélices ($R_{hélices}$):** para este apartado tendremos dos casos, uno en que la hélice esté bloqueada o parada (R_{hp}) y otro en que gira libremente (R_{hg}).

$$R_{hp} = 2,1 \times v^2 \times d^2$$

$$R_{hg} = 0,35 \times R_{hp}$$

v: velocidad del buque en nudos.

d: diámetro de la hélice en metros.

✓ **Resistencia por cable (R_{cable}):** pasaremos a calcular la resistencia del cable que arrastramos por el mar.

$$R_{cable} = l_a \times d_c \times v^2 \times 10^{-3}$$

l_a: longitud total del cable en el agua, en metros.

d_c: diámetro del cable en metros.

v: velocidad del buque remolcador en nudos.

✓ **Resistencia por olas (R_{olas}):** por último, obtenemos la resistencia ejercida por el oleaje en función de la escala Douglas

$$R_{olas} = \frac{k_0 \times \delta \times S_c \times v^2}{2}$$

δ : densidad del agua sacada de la Tabla 1.

S_c : superficie de carena en m^2 .

v : velocidad del buque remolcador en nudos.

k_0 : este coeficiente oscilará entre los valores de la Tabla 2.

Tabla 2: Coeficientes de k según valores de la escala Douglas

Valor de k_0	Escala Douglas	Altura de olas en metros
Entre 0,1 y $0,2 \cdot 10^{-3}$	Entre 1 y 2	Entre 0 y 0,5
Entre 0,3 y $0,4 \cdot 10^{-3}$	Entre 3 y 4	Entre 0,5 y 2,5
Entre 0,5 y $0,6 \cdot 10^{-3}$	Entre 5 y 6	Entre 2,5 y 6

Gracias a la implementación de experiencias se han podido crear criterios básicos de maniobra para ciertas situaciones, siendo una de las más importantes la del buque "*Universe Ireland*" un ULCC de 320.000 DWT y 345 metros de eslora con el cual la EMPA realizó la experiencia de Bantry Bay.

De esta experiencia se extrajeron los siguientes resultados:

- Los remolcadores deberán tener el tiro total un 15% superior a la resistencia total calculada.
- La velocidad de aproximación del buque al muelle dependerá de la distancia, quedando de la siguiente manera:
 - ✓ Cuando el buque se encuentre entre 0,5 millas y 90 metros la velocidad debe ser entre 0,5 y 0,25 kn.
 - ✓ Cuando el buque se encuentre a 90 metros del muelle y acercándose, la velocidad deberá estar por debajo de los 0,25 kn y los remolcadores tirando para frenar.
- Por último, se obtuvo la siguiente tabla a modo orientativo donde se muestra según las toneladas del buque, el tiro que será necesario y en cuántos remolcadores repartir ese tiro. Como ya se ha comentado, no sirve para todos los puertos como una tabla estandarizada ya que cada puerto tiene unas características distintas tanto en lo que a meteorología se refiere, como en infraestructuras y remolcadores en servicio.

Tabla 3: Tabla orientativa para el uso de remolcadores según DWT del buque

Peso muerto (T)	Tiro necesario (T)	N.º de remolcadores
50.000	60	2x30
100.000	80	2x40
150.000	95	4x25
200.000	105	4x27
250.000	115	4x29
300.000	120	4x31
500.000	150	4x38

Imagen 33: Universe Ireland en navegación



Fuente: <http://www.aukevisser.nl/supertankers/id450.htm>

2.8.3. Margen de seguridad del cable de remolque: durante la operación de remolque al encontrarse en alta mar y sin resguardo, el conjunto remolcador-remolcado sufre el efecto de las olas que provoca estrechonzos en el cable, lo que hace que la flecha disminuya y aumente. Como vemos en la Imagen 19 si no se lleva la debida vigilancia en la tensión del cable, el margen de seguridad se reduce pudiendo faltar, por lo que realizaremos el cálculo del límite en el cual puede fallar la elasticidad el cable. Aunque la experiencia demuestra que el factor de seguridad más adecuado es usando un tiro máximo ($T_{m\acute{a}x}$) que sea un 30% menor a la carga de rotura del cable (C_r) quedando: $T_{m\acute{a}x} = 0,7 \times C_r$. A pesar de la experiencia, debemos fijarnos en tres aspectos que son el alargamiento de cable, la deformación elástica y la distancia entre el remolado y el remolcador.

✓ **Alargamiento relativo del cable de remolque (Δl):**

$$\Delta l = \frac{n \times l \times T}{100 \times C_r}$$

l: longitud inicial del sistema de remolque.

T: tiro constante del remolcador.

C_r: carga de rotura del cable.

n: es un coeficiente que varía según la constitución física del cable, como se recoge en la Tabla 4.

Tabla 4: Valor de **n** según el tipo de cable

Valor de n	Tipo cable
2	Cables nuevos
4	Cadenas con concretos
15	Cabos vegetales
15 a 45	Cabos sintéticos

✓ **Deformación elástica (l'):**

$$l' = \frac{T \times l}{E \times F}$$

T: tiro constante del remolcador.

l: longitud inicial del sistema de remolque.

E: módulo de elasticidad del cable, en kg/cm².

F: suma de las secciones de todos los alambres, en cm².

✓ **Distancia entre remolcado y remolcador:** se mantendrá vigilancia en la longitud en línea recta de ambos puntos de amarre del cable y del largo de cable arriado (**l**).

2.8.4. Seguridad antes y durante el remolque: antes de comenzar la maniobra se deberá inspeccionar tanto el buque remolcador como el remolcado para garantizar la seguridad y subsanar las deficiencias observadas. En el buque remolcado se comprobará que cumple con las condiciones de navegabilidad, que el lastrado es el adecuado, en caso de no haber tripulación a bordo se bloqueará el timón a la vía para evitar guiñadas inesperadas y se inspeccionará que el tren de remolque esté en buenas condiciones y firme. A su vez, en el buque remolcador se observará que todos los elementos de remolque están en buenas condiciones y funcionando, la maquinilla y el cable de remolque bien engrasados. Además, en ambos buques se dispondrán las luces y marcas que correspondan según el RIPA, se asegurará la estanqueidad cerrando

portillos, puertas, etc., así como el establecimiento de un canal de trabajo para las comunicaciones con la tripulación del buque remolcado, si la hubiere.

Se debe tener precaución durante la maniobra ya que cuando nos encontramos en medio de un temporal, se capeará con proa o popa a la mar o con un ángulo de entre 10 y 20° por la aleta o amura. A partir de ese ángulo la resistencia aumenta, peligrando el remolque al aumentar la superficie expuesta al viento. Cuando el remolcador caiga a una banda, si en el buque remolcado se encuentra tripulación a bordo, ésta debe maniobrar con suficiente antelación metiendo el timón a la banda contraria a la de la caída del remolcador evitando atravesarse al tiro, para no actuar en contra del par evolutivo del remolcador y que sufra el riesgo de zozobrar. Tras encontrarse la proa del remolcado con la popa del remolcador, irá corrigiendo de a poco el rumbo y se seguirá la estela del remolcador. Si en el buque remolcado no se encuentra tripulación, las caídas se deben corregir usando pies de gallo que repartan mejor el esfuerzo. En ambos casos, el remolcado no debe producir grandes guiñadas o reducirlas al mínimo si no fuera posible.

Como ya contamos en el apartado de la Catenaria del remolque, se deberá calcular la flecha cuando nos aproximemos a profundidades cercanas a ella para no tocar fondo o dañar el cable, a su vez, desde el remolcador se deberá mantener la vigilancia en el cable para comprobar que no haya signos de daño que puedan hacer que falte. Si se detectara sobrecalentamiento por fricción en el cable, se deberá aplicar la protección que se considere necesaria, incluso enfriar el cable con agua, para reducir la abrasión y mantener la integridad del cable. Una prevención ante la abrasión del cable es virar y desvirar cada cierto tiempo el cable para que no siempre actúe sobre un mismo punto. Durante la navegación es recomendable que el cable se encuentre entre las mordazas para evitar que corra libre por cubierta, con lo que podría ocasionar daños a la tripulación, al propio cable o que actúe de través sobre el remolcador y hacerlo zozobrar. Si este último supuesto ocurriese, el remolcador deberá actuar de emergencia cayendo de forma que la popa se alinee con el cable, teniendo que largar el cable si fuera necesario. En caso de que el tren de remolque falte y el buque no disponga de tripulación a bordo, se debe disponer de un tren alternativo fijado al costado con filásticas y que se prolongue hasta la popa, donde el chicote irá unido a una boya para la recuperación del remolque por parte del buque remolcador. [39][48]

2.8.5. Peligros durante el remolque: el viento debe tenerse muy en cuenta, sobre todo cuando se remolcan objetos con una gran superficie que pueda actuar como si de una vela se tratase. Podría ser capaz de aumentar la velocidad del remolcado cuando actúa de través, sobrepasando éste la velocidad del remolcador con el riesgo de que pierda el control del remolque. Para estos casos una posible solución si el remolcado tiene tripulación y puede gobernar es ordenarle que caiga hasta encontrarse de nuevo en la estela del remolcador, si no tuviera y tenemos acceso al servo del remolcado se haría la misma operación. Otra posible solución es variar la longitud del remolque para que en ningún momento el remolcado gobierne al remolcador. Relativa a la superficie vélica del remolcado y como comentábamos anteriormente, si éste sufre agentes externos que al remolcador no le afectan, crearía una mayor resistencia al

avance con la consecuente reducción de la velocidad y el riesgo de que se supere el margen de seguridad, donde el tren de remolque podría faltar.

Tal y como hablábamos más atrás, cuando el remolcado realiza grandes guiñadas puede hacer zozobrar al remolcador por lo que para evitarlo se puede trimar al buque remolcado con asiento apopante o usar anclas de capa por popa para mejorar la orientación de la proa. Aunque la mejor solución podría ser la variación de la velocidad, en caso de que las guiñadas se produzcan por un trimado deficiente, se reducirá la velocidad, disminuyendo así la guiñada. Si por el contrario la guiñada es producida por la escora del remolcado, al aumentar la velocidad se reducirán las caídas. A su vez, si el buque contara con dos hélices funcionales y la guiñada tiende siempre a una misma banda, se podrá bloquear la hélice de la banda contraria para que corrija la caída.

El hundimiento del buque remolcado es otra opción que se contempla, sobre todo cuando se trata de buques accidentados, ya sea por abordajes donde puedan producirse vías de agua o por incendios que debiliten la estructura del buque. En cualquier caso y para evitar desgracias, una buena vigilancia del remolcado es esencial ya que, en caso de producirse el hundimiento del remolcado por fallo de las bombas de achique, podría llevarnos con él, por lo que se tiene que actuar a tiempo largando o cortando el cable de remolque. En caso de que el hundimiento del remolcado sea inminente, una vez se largue el cable se esperará hasta que se haya sumergido por completo, para cerciorarnos de que no quedan partes a flote que puedan ser un peligro para la navegación y de producirse en aguas pocas profundas, se largará una boya al chicote del cabo o cable cortado para señalar el peligro.

Otro peligro ocurre cuando la catenaria es demasiado grande y toca fondo, al encontrarnos en un banco o en aguas someras, en estos casos el remolcador podría quedar inmovilizado siendo abordado por el remolcado. Por lo que una correcta vigilancia de la sonda y la flecha es crucial, en caso de fallar en la vigilancia y encontrarnos en una situación de peligro deberemos filar el cable y salir de la trayectoria de abordaje. [48][76][77]

2.8.6. Buque a la deriva o tras abandono: usaremos una situación real como fue la del car carrier “Modern Express”, de 164 metros de eslora, que a causa de un corrimiento de carga alcanzó una escora de 43 grados en medio de un temporal, quedando el buque a la deriva y obligando a la tripulación a abandonar el buque. En el momento del abandono el buque se encontraba a 148 millas de la costa gallega, en el golfo de Vizcaya, aproximándose peligrosamente a la costa francesa debido al viento y la corriente. Debido al riesgo de embarrancamiento y posible derrame de combustible, se moviliza el remolcador “Centaurus” de 104 toneladas de bollard pull y una fragata de la marina nacional francesa con personal a bordo de la empresa “Smit Salvage”, encargada de evaluar la maniobra de rescate. Al ser demasiado arriesgado que la tripulación suba a bordo, se opta por una exhaustiva inspección área en la que se determina que no hay vías de agua, ni derrames de contaminantes y que la escora se debe efectivamente al corrimiento de la carga, por lo que la única opción para la maniobra es el remolque por la proa del “Modern Express”. Después de que fuera aprobado el plan de rescate por el gobierno francés, organizador del rescate junto con

“Smit Salvage” y con apoyo de salvamento marítimo español, un equipo es llevado a bordo mediante un helicóptero para proceder a dar remolque, aunque fallan en el intento. Tras encontrarse el buque a 25 millas náuticas de la costa francesa, vuelve a hacer un segundo intento, esta vez con resultado positivo. Se establece una conexión de remolque desde la gatera próxima a la línea de crujía del “Modern Express” mediante dyneema hasta el cable del remolcador, siendo el procedimiento el ya explicado más atrás en el remolque de altura. La conexión se hace firme en ambos buques al caer la tarde, así que se decide que por razones de seguridad se espere hasta la mañana siguiente para comenzar el remolque, ya que con la luz se facilitará la vigilancia de un posible aumento de la escora y el consecuente riesgo de zozobrar. Esa mañana llegan más buques para ofrecer apoyo al “Centaurus”, entre ellos el “Alice One” un remolcador de 108 toneladas de bollard pull que se ubica en la popa del “Modern Express”, desde el que se da una segunda línea de remolque a la proa del remolcador, a pesar del riesgo de aproximarse a la popa del car carrier con mar de fondo de 5 metros. Con sendas líneas de remolque firmes, se procede a iniciar la maniobra de remolque hasta el puerto de Bilbao teniendo como escolta a otros 5 remolcadores. Con el remolcado enfilado a la bocana y tres prácticos a bordo de los remolcadores dirigiendo la maniobra, el cable del “Centaurus”, falta ya que debía virar y desvirarlo para controlar la maniobrabilidad del “Modern Express”, en ese momento se opta por sacar de la bocana al remolcado y que el “Ibaizabal 11”, que hasta el momento actuaba de escolta, de una nueva línea de remolque desde la proa del remolcado a la popa del “Centaurus”. Las maniobras de viro se ejecutan con los remolcadores “Sertosa 30” y “Gatika” escoltando a estribor y babor, actuando ambos de carnero para asegurar la maniobra debido a la escora del remolcado que dificultaba la maniobra. Una vez en el atraque, el “Centaurus” y el “Alice One” para asegurar los cabos se procede a empujar el “Modern Express” con ayuda de los remolcadores hasta que estos estén firmes en los norays. En ese momento, los remolcadores harán otro trabajo que es el de extender una barrera anticontaminación alrededor del buque atracado para contener posibles vertidos de los tanques del “Modern Express”. [79][80][81]

2.8.7. Buque varado: en muchas ocasiones la utilización de los remolcadores para reflotar el buque varado no es necesario, pudiendo actuar en ese caso como asistencia para efectuar el plan de reflote. En el caso de ser necesaria la ayuda del remolcador se coordinará un plan de reflote consistente primero en la observación de varios factores. Se mira el tipo de fondo, así como la profundidad de embarrancamiento, las pleamares y bajamares que se esperan ese día, las sondas alrededor del buque y las corrientes y vientos que hay y se esperan. A su vez, se observará que el buque no tiene daños estructurales a causa de la varada, en caso de haberlas, se arreglarán y de haber vías de agua se achicarán. Después de realizar todas las observaciones y reparaciones, se decidirán el número y dirección de tiro de los remolcadores.

Si el fondo es de arena o fango se realizará la maniobra, si el calado lo permite, con cuatro remolcadores trabajando a la europea, colocados trabajando en pareja en bandas opuestas para cada cabeza. Estarán ubicados de forma que tiren los cuatro en un mismo sentido, con un ángulo de 30° respecto a la crujía del buque varado, de esta forma además de sumarse los cuatro tiros, se añade el efecto del chorro de expulsión de los remolcadores para remover el fondo y liberar el buque.

En cambio, para fondos muy duros donde la corriente es perpendicular al buque varado, los remolcadores usarán una estacha o cable lo más a popa y a crujía que el remolcado permita. El tiro del remolcador será seco para romper el efecto ventosa y seguirá con la colocación del remolcador proa a la corriente y tirando, para contrarrestar el efecto de ésta y evitar que siga embarrancando el buque, a la vez que ganamos espacio. Posteriormente, se formará un arco sobre el punto de pivote, dejando caer el remolcador a la banda contraria a la corriente para seguir ganando espacio y que el buque varado reflote. Como se vio en el reflote del “*BSLE Sunrise*”, esta configuración puede ser usada en fondos arenosos, aunque al usar dos remolcadores pueden llegar a colisionar si no se deja una separación de seguridad y es vigilada, al pivotar ambos sobre un mismo eje. [61]

Ahora hablaremos de un caso real documentado, como fue la operación de reflote del buque de carga general “*BSLE Sunrise*” en la playa del Saler de Valencia, cuando se encontraba fondeado a la espera de atraque en el puerto de Valencia. Con el motor parado y vientos de 40 kn, el buque comienza a garrear y arrancan máquinas dando poco avance en un principio y pasando a media avance para tratar de virar cadena con ayuda de la propulsión, aunque con escaso resultado al haber rachas de hasta 60 kn. En dos ocasiones se les paró el motor por bajo nivel en el circuito de aceite lubricantes y ante la imposibilidad de virar cadena deciden largarla y dar todo avance al encontrarse a 550 metros de la playa, no surtiendo efecto y acabando varado paralelo a la playa. Tras el estudio del caso, se decide en principio dividir el reflotamiento en dos etapas, en la primera se tirará del buque con dos remolcadores hasta colocarlo perpendicular a la costa para posteriormente, en la segunda etapa, proceder con un tercer remolcador más la propulsión del buque embarrancado.

Para la primera etapa fue usado el remolcador “*Punta Mayor*” de Salvamento Marítimo, con una potencia de tiro de 81 toneladas, que tras hacer firme una línea de remolque por la gatera de proa de la crujía comienza a tirar del “*BSLE Sunrise*” cayendo un poco a babor, y el “*Mesana*” de 60 toneladas de tiro, que comienza a tirar de través con un cabo pasado por la gatera de la amura de babor. Al terminar el día el buque se encuentra perpendicular a la costa y comienza la segunda etapa, en un principio se usa la máquina del buque remolcado dando avance, lo que logra mover algo de arena de la popa, y siguen trabajando ambos buques situándose cada uno en una amura y pivotando hacia la crujía, llegando a provocarse una pequeña colisión sin daños entre ambos. Al faltar una de las líneas de remolque, se decide parar y con una draga formar un canal alrededor del buque para facilitar que reflote. Una vez hecho el canal se prueba con una nueva configuración en la que el “*Mesana*” tirará por la amura de babor, el “*Punta Mayor*” por la crujía y el “*Marta Mata*” con 60 toneladas de tiro por la amura de estribor. Este intento también fracasa, por lo que se opta por reducir el peso del buque descargando parte de la mercancía. En un último intento, un mes después de que embarrancara, aprovechando el estado de la mar se procede a remolcar con el “*Punta Mayor*” y el “*Mesana*”, cada uno por una amura, esta vez con resultado satisfactorio y siendo reflotado el “*BSLE Sunrise*”. [82][83][84][85]

2.8.8. Hundimiento del remolcado durante el remolque: como ya explicamos más atrás, es uno de los peligros que se contemplan durante el remolque. Cuando el buque remolcado se hunde crea una gran tensión sobre el tren de remolque, en el que las partes, en teoría, más débiles o con una menor carga de rotura deberían fallar, pero no lo hacen, pudiendo hundir consigo al remolcador si no se lleva la debida vigilancia y el cable no falta antes. Estas situaciones no se suelen dar, ya que normalmente los equipos hacen su función de seguridad y faltan al llegar a la carga de rotura.

Pondremos un caso real sacado de un informe técnico de la CIAIM donde durante la maniobra de remolque, el buque remolcado se hunde sin daños ocasionados al remolcador ya que el cable cumple su función de seguridad y falta. El buque remolcado era un buque auxiliar de pesca llamado “*Algatecsa Uno*” de 20 metros de eslora, que salía del puerto de Zumaia en el País Vasco con destino a la costa mediterránea y el cual no llevaba tripulación. El buque que ejerció la maniobra era el remolcador de altura “*Zumaia Tercero*”, con un tiro de 27 toneladas. A modo introductorio comentaremos que el “*Algatecsa Uno*” tras encontrarse varios años sin actividad, cambia de dueño el cual realiza un cambio de la mayor parte de las chapas de fondo y costado debido a la corrosión en las anteriores. Tras las pruebas e inspecciones pertinentes, se le emiten los certificados reglamentarios. El día 2 de mayo salen de puerto siguiendo el plan de remolque aprobado por la Capitanía Marítima de Pasaia con una longitud de remolque de 380 metros, que al llegar a la mar se alarga hasta los 500 metros para evitar estrechonzos. Al día siguiente, en el cambio de guardia la 01:00 sale el capitán y entra el primer oficial que realiza la rutina de observación habitual, consistente en comprobar el estado del remolque encontrándolo normal. A las 05:00 del mismo día, desde el puente creen apreciar que el buque navega hacia atrás, sienten un fuerte golpe y el remolcador cambia bruscamente de rumbo. Al comprobar de nuevo el estado del remolcado observan que éste ha desaparecido. Al encontrarse a 20 millas del punto más próximo a la costa y con sondas de 700 metros, deciden virar el cable, comprobando que en su extremo más alejado estaba roto. Comunican la situación al Centro Regional de Coordinación y Salvamento (CRCS) de la sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima (SASEMAR) de Gijón, a los pocos minutos el “*Zumaia Tercero*” encuentra un aro salvavidas del remolcado y se suspende la búsqueda.

En el informe se explica que la sensación de que navegaban hacia atrás puede deberse a que el tiro de remolque aumentó, frenando al remolcador y adelantándolo el tren de olas formado por el “*Zumaia Tercero*”. El cambio de rumbo es explicado debido a la rotura repentina del cable, produciendo una guiñada que lo deja casi en el rumbo opuesto al que llevaba. La rotura del cable podría deberse en consecuencia a un posible mal estado del cable de remolque o provocado por el buque remolcado, donde tendría que superar las 100 toneladas de carga de rotura teniendo éste que embarcar más de 30 toneladas de agua, que tardarían varios minutos. Si ese hubiera sido el caso y se llevara la debida vigilancia se podría haber detectado, aun no pudiendo salvar la situación. Ese embarque de agua podría deberse a un vuelco por fallo de soldadura de los perfiles de amarre, por un fallo en la reparación de las chapas o por el choque del remolcado con un objeto semisumergido. [77][86]

Conclusiones

Gracias a que prestan una variedad de servicios, en algunos puertos de tráfico variopinto se han dedicado a apostar por remolcadores versátiles de poca eslora, capaces de hacer asistencias en puerto u operaciones de salvamento, reduciendo así el número de remolcadores necesarios. Eso ha llevado a que hoy en día el nivel de especialización tanto de los remolcadores como de las tripulaciones se ha reducido, para pasar a tener una mayor variedad de equipos y un conocimiento más diverso basado en la experiencia a través de ejercicios periódicos realizados a bordo.

En cuanto a maniobras se refiere, es un campo casi inagotable de estudio al depender de factores externos que varían durante la misma, por lo que normalmente los patrones y capitanes incorporan los conocimientos adquiridos a las circunstancias en las que se encuentran, creando técnicas y métodos propios para realizar las maniobras. Esto da como resultado que una misma maniobra pueda tener diversas soluciones, según el patrón o capitán al cargo.

Conclusions

Due to the fact that they provide a variety of services, in some ports of mixed traffic they have dedicated themselves to opting for versatile tugs of short length, capable of assisting in port or make rescue operations, thus reducing the number of tugs required. This has led to the fact that nowadays the level of specialization of both, tugs and crews, has been reduced to have a greater variety of equipment and a more diverse knowledge based on experience through periodic exercises performed on board.

As far as maneuvers are concerned, it is an almost inexhaustible field of study as it depends on external factors that vary during the maneuver, for which reason the captains normally incorporate the knowledge acquired into the circumstances in which they find themselves, creating their own techniques and methods to perform the maneuvers. This results in the same maneuver having different solutions, depending on the captain in charge.

Bibliografía

- [1] <https://es.wikipedia.org/wiki/Remolcador>
- [2] <https://en.wikipedia.org/wiki/Tugboat>
- [3] <https://ingenieromarino.com/remolcadores/>
- [4] <http://www.flanderstoday.eu/worlds-first-hydrogen-powered-tugboat-debut-port-antwerp>
- [5] <https://www.practicosdepuerto.es/colegio-federacion/publicaciones/remolque-portuario>
- [6] <https://core.ac.uk/download/pdf/129521461.pdf>
- [7] https://en.wikipedia.org/wiki/Charlotte_Dundas
- [8] https://en.wikipedia.org/wiki/Paddle_steamer#Paddle_tugs
- [9] http://www.abcpuertos.cl/documentos/Rom_03/rom3199parte_5.pdf
- [10] [https://es.wikipedia.org/wiki/H%C3%A9lice_\(dispositivo\)](https://es.wikipedia.org/wiki/H%C3%A9lice_(dispositivo))
- [11] <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/20293/TFC.pdf>
- [12] <http://www.fao.org/3/x0487s/X0487S05.htm>
- [13] https://www.vidaalternativa.com/zarlene/219_cumpleanos_de_josef_ressel.htm
- [14] https://es.wikipedia.org/wiki/SS_Archimedes
- [15] <https://www.nauticadvisor.com/blog/2016/03/21/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-la-helice-de-tu-barco/>
- [16] http://www.fondear.org/infonautic/Barco/Motores_Helices/Inversora/Reductora_Motor.asp
- [17] <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/controllable-pitch-propeller-cpp-vs-fixed-pitch-propeller-fpp/>
- [18] https://es.wikipedia.org/wiki/H%C3%A9lice_de_paso_variable
- [19] https://es.wikipedia.org/wiki/H%C3%A9lice_con_tobera
- [20] https://en.wikipedia.org/wiki/Ducted_propeller
- [21] <http://www.kortpropulsion.com/products/kort-nozzles>
- [22] <https://www.marinersmuseum.org/blog/2018/10/aeronautical-engineer-and-mariner/>
- [23] http://www.fondear.org/infonautic/Barco/Motores_Helices/Cicloidales/Cicloidales.htm
- [24] https://en.wikipedia.org/wiki/Voith_Schneider_Propeller
- [25] https://es.wikipedia.org/wiki/Propulsor_Voith_Schneider
- [26] <https://voith.com/corp-en/service-products/power-transmission/voith-turbo-fin.html>
- [27] <https://www.practicosdepuerto.es/index.php?q=colegio-federacion/publicaciones/tipos-de-remolcadores-voith-water-tractor-y-sus-aplicaciones>
- [28] https://en.wikipedia.org/wiki/Pleuger_rudder
- [29] <https://en.wikipedia.org/wiki/Z-drive>
- [30] <https://en.wikipedia.org/wiki/L-drive>
- [31] https://en.wikipedia.org/wiki/Azimuth_thruster
- [32] <https://en.wikipedia.org/wiki/Azipod>
- [33] <https://www.gruppogesmar.es/azimuth-stern-drive-tugs/>
- [34] https://es.wikipedia.org/wiki/Propulsor_azimutal

- [35] <https://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/9760/b34753515.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [36] <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/7928/MANIOMBAS%20Y%20ELEMENTOS%20DE%20REMOLQUE%20A%20BORDO%20DE%20REMOLCADORES%20PORTUARIOS.pdf;jsessionid=166EBAB5F16E88B73D341D6AF9BB3825?sequence=1>
- [37] <https://es.wikipedia.org/wiki/Cabrestante>
- [38] [https://es.wikipedia.org/wiki/Chigre_\(n%C3%A1utica\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Chigre_(n%C3%A1utica))
- [39] <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/1152/maniobras%20con%20remolcadores.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [40] <https://novatug.nl/tug/#1446546031155-d96afb8a-d9d8>
- [41] <https://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/15171/b36206295.pdf?sequence=1>
- [42] <https://marinesurveypractice.blogspot.com/2013/01/modu-towing-arrangements.html>
- [43] https://www.shipownersclub.com/media/2015/08/PUBS-Loss-Prevention-Tug-and-Tow-Safety-and-Operational-Guide_A5_0715.pdf
- [44] <https://nauticainfo.com/una-cuestion-de-seguridad-importante-conocer-los-tipos-de-remolque>
- [45] <https://dynamica-ropes.com/mooring-rope/>
- [46] <https://www.nauticadvisor.com/blog/2016/05/30/la-importancia-de-los-cabos-en-una-embarcacion/>
- [47] <https://www.atlantic-avitaillement.es/cuerda-natural/>
- [48] Mari Sagarra, R., (1998). *Maniobra de los buques*, Barcelona, España, UPC
- [49] <https://www.nauticadvisor.com/blog/2018/06/07/tipos-de-cabos/>
- [50] <http://www.tugmasters.org/wp-content/uploads/2014/07/Towlineshenk.pdf>
- [51] <https://www.coastguard.net.nz/sartr/modules/Towing%20Techniques.pdf>
- [52] http://www.fondear.org/infonautic/Barco/Velas_Aparejos/Cabulleria/Dyneema_Spectra.asp
- [53] <http://www.gard.no/web/updates/content/52597/emergency-towing-arrangements-for-tankers>
- [54] <http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Maritime-Safety-Committee-%28MSC%29/Documents/MSC.35%2863%29.pdf>
- [55] <http://estabilidadbuque.blogspot.com/2012/01/estabilidad-dinamica-su-importancia-y.html>
- [56] <http://estabilidadbuque.blogspot.com/2011/07/estabilidad-estatica-transversal.html>
- [57] <https://personales.gestion.unican.es/martinji/Archivos/EstabilidadRemolcadores.pdf>
- [58] <http://www.fao.org/3/i0625s/i0625s02d.pdf>
- [59] <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/2530/Seguridad+en+remolcadores.pdf;jsessionid=D4191CED1DAAD694D9E4C9A91B32936E?sequence=1>
- [60] http://www.maniobradebuques.com/cursos1_1/Remolque%20portuario.pdf
- [61] <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/9127/Edgar%20G%3bmez%20V%c3%a1quez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [62] <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/7429/Eduardo+Alea+Diez.pdf;jsessionid=2FFB334D7163A7E59A8164A1157FCCA5?sequence=1>

- [63] <https://es.wikipedia.org/wiki/Catenaria>
- [64] <https://www.globalsecurity.org/military/library/policy/army/fm/55-501/chap19.htm>
- [65] <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/18442/8.2%20ANEXO%2002.-INST-RE-09%20Operaciones%20de%20Remolque.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- [66] https://www.directemar.cl/directemar/site/artic/20170130/asocfile/20170130123222/010_002.pdf
- [67] <http://www.maniobradebuques.com/articulosTecnicos/articulo77.html>
- [68] [https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/emergency-towing-system-\(ets\)-also-emergency-towing-gear](https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/emergency-towing-system-(ets)-also-emergency-towing-gear)
- [69] <https://dec.alaska.gov/spar/ppr/prevention-preparedness/ets/>
- [70] http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/54067/3/TFM_CarlosGustavoalvarezRodriguez.pdf
- [71] <http://www.maniobradebuques.com/articulosTecnicos/articulo73.html>
- [72] <https://www.marineinsight.com/marine-navigation/ship-handling-using-tugs-for-manoeuving-a-ship/>
- [73] <https://www.youtube.com/watch?v=yaaf5NeZfmE>
- [74] <http://www.maniobradebuques.com/pdf/articulos/interacciones-que-pueden-sufrir-los-buques.pdf>
- [75] <http://www.geocities.ws/mpaoral/ch5/interaction.htm>
- [76] <http://www.maniobradebuques.com/pdf/articulos/teoria-del-remolque-de-alta-mar.pdf>
- [77] <http://www.maniobradebuques.com/articulosTecnicos/articulo75.html>
- [78] https://meteoglosario.aemet.es/es/termino/404_escaladouglas
- [79] <https://www.practicosdepuerto.es/colegio-federacion/publicaciones/el-modern-express-seguir%C3%A1-durante-un-largo-plazo-en-el-puerto-de-bi>
- [80] <https://boskalis.com/about-us/projects/detail/salvage-of-the-modern-express.html>
- [81] <https://www.youtube.com/watch?v=tJmO7ohBkhM>
- [82] https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/it_21_2013_s_bslesunrise_web.pdf
- [83] <https://www.scheepvaartwest.be/CMS/index.php/tugs/5752-punta-mayor-imo-8305066>
- [84] <http://naucher.com/actualidad/derecho-maritimo/el-misterioso-incendio-del-grande-europa-y-el-buen-hacer-de-marina-mercante/>
- [85] http://www.javrullan.es/es/Incidente_BSLE_Sunrise_y_Celia_en_el_Saler.html
- [86] https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/it_2012s02_algatecsa_uno_web.pdf

