

Escuela Politécnica de Ingeniería Sección Náutica, Máquinas  
y Radioelectrónica Naval

Universidad de La Laguna



TRABAJO FIN DE GRADO

“Maniobras y elementos de remolque a bordo de  
remolcadores portuarios”

Daniel Ledesma Estévez

Marzo 2018



# Maniobras y elementos de remolque a bordo de remolcadores portuarios.



NOMBRE: DANIEL LEDESMA  
ESTÉVEZ

GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS

MARZO 2018



Dr. Don Federico Padrón Martín, profesor Contratado Doctor Tipo I del área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación, perteneciente a la unidad departamental de Ingeniería Marítima de la Universidad de La Laguna certifica que:

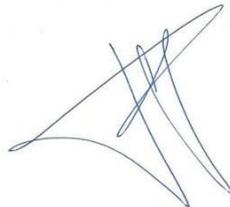
Don Daniel Ledesma Estévez, ha realizado el Trabajo Fin de Grado bajo mi dirección con el título:

“Maniobras y elementos de remolque a bordo de remolcadores portuarios”

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

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente certificado.

En Santa Cruz de Tenerife a 5 de marzo de 2018

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and strokes, positioned centrally on the page.

Fdo. Federico Padrón Martín

Director del Trabajo Fin de Grado



Dr. Don Servando Luis León, profesor asociado del área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación, perteneciente a la unidad departamental de Ingeniería Marítima de la Universidad de La Laguna certifica que:

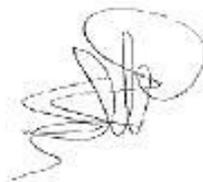
Don Daniel Ledesma Estévez, ha realizado el Trabajo Fin de Grado bajo mi dirección con el título:

“Maniobras y elementos de remolque a bordo de remolcadores portuarios”

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

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente certificado.

En Santa Cruz de Tenerife a 5 de marzo de 2018

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Servando Luis León', written in a cursive style.

Fdo: Servando Luis León.

Director del Trabajo Fin de Grado



Agradecimientos:

Primero, quisiera presentar mi más sincera gratitud al Dr Don Federico Padrón Martín por su apoyo, tutela y conocimientos que me han resultado de gran ayuda durante toda la elaboración de este TFG, con el fin de realizarlo de la forma más adecuada y perfecta posible.

En segundo lugar, quiero agradecer a la compañía Boluda Corporación Marítima el darme la oportunidad de realizar las prácticas obligatorias en uno de sus buques remolcadores en el puerto de Santa Cruz de Tenerife con la finalidad de complementar y terminar mi formación obligatoria como Oficial de Máquinas de la Marina Mercante española, usando los conocimientos adquiridos durante las mismas para la realización de este Trabajo de Fin de Grado.

Agradecer también a las tripulaciones del remolcador “VB Tenerife” por los conocimientos que me hayan ayudado a adquirir, los cuales he usado para realizar este Trabajo de Fin de Grado, y cuya paciencia y experiencia durante mi estancia en dicho buque me han ayudado a formarme mejor en el campo de la Marina Mercante.

Al Patrón de remolcadores Felipe por enseñarme y ayudarme con sus amplios conocimientos de maniobra con remolcadores y maquinillas en la cumplimentación de este Trabajo Fin de Grado.

Al Jefe de Máquinas Alejandro por sus conocimientos aportados y su gran confianza depositada en mí para poder realizar algunas tareas de arranque o mantenimiento.

Al Jefe de Máquinas Miguel por aportarme la virtud de la constancia, por su confianza, paciencia y sus conocimientos.

A los mecamares y demás patrones



## ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Introducción.....	3
1.2 Abstract.....	4
<b>II. OBJETIVOS.....</b>	<b>5</b>
<b>III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES.....</b>	<b>9</b>
3.1 ¿Qué es un remolcador? .....	11
3.2 Breve reseña histórica.....	12
3.3 Remolcadores en Canarias.....	13
3.4 Evolución de los remolcadores.....	14
3.5 Tipos de remolcador.....	15
3.6 Elementos de remolque.....	16
3.7 Tipos de maniobra.....	18
3.7.1 Atraque.....	18
3.7.2 Desatraque.....	20
3.7.3 Traslado.....	20
3.7.4 Remolque.....	20
3.8 Precauciones sobre las maniobras.....	21
<b>IV. METODOLOGÍA.....</b>	<b>23</b>
4.1 Documentación Bibliográfica.....	25
4.2 Metodología del trabajo de campo.....	25
4.3 Marco referencial.....	25
<b>V. RESULTADOS.....</b>	<b>27</b>
5.1 Remolcador VB Tenerife.....	30
5.1.1 Características Técnicas del remolcador VB Tenerife.....	30
5.1.2 Planos del VB Tenerife.....	32
5.1.3 Distribución de la sala de máquinas.....	33
5.1.4 Generadores auxiliares, alter. de puerto y su cometido con las maquinillas....	35
5.1.5 Panel de control de la máquina.....	36
5.1.6 Sistema de gobierno. Aquamaster y Aquapilot.....	40
5.2 Maquinilla de remolque o chigre-molinete de proa.....	44
5.2.1 Características de la maquinilla de proa.....	47
5.2.2 Accionamiento de la maquinilla.....	49
5.2.3 Lubricación de elementos.....	52

5.2.4	Maniobras con la maquinilla de proa.....	53
5.2.5	Planos.....	54
5.2.5.1	Maquinilla de proa.....	54
5.3	Maquinilla o chigre de remolque de popa.....	56
5.3.1	Características de la maquinilla de popa.....	57
5.3.2	Accionamiento de la maquinilla.....	58
5.3.3	Lubricación de elementos.....	60
5.3.4	Maniobras con la maquinilla de popa.....	61
5.3.5	Planos.....	63
5.3.5.1	Maquinilla de popa.....	63
5.4	Sistema hidráulico de las maquinillas.....	65
5.4.1	Bombas hidráulicas.....	66
5.4.2	Accionamiento y distribución del sistema hidráulico de las maquinillas.....	68
5.4.3	Tuberías.....	74
5.5	Gancho de remolque.....	75
5.5.1	¿Qué es un gancho de remolque? .....	75
5.5.2	Funcionamiento.....	77
5.5.2.1	Proceso de armado.....	77
5.5.2.2	Disparo manual a distancia.....	78
5.5.2.3	Disparo de emergencia.....	78
5.5.2.4	Disparo por escora límite.....	78
5.5.2.5	Panel de control de la máquina.....	79
5.6	Mantenimiento de las maquinillas.....	80
5.7	Remolcador VB Canarias.....	81
5.7.1	Características técnicas del remolcador VB Canarias.....	81
5.7.2	Planos del VB Canarias.....	82
5.7.3	Maquinillas de proa del VB Canarias.....	83
5.7.4	Maquinilla de popa del VB Canarias.....	84
5.7.5	Sistema hidráulico.....	86
5.7.6	Accionamiento.....	88
5.8	Remolcador VB Risbán.....	89
5.8.1	Características técnicas del remolcador VB Risbán.....	90
5.8.2	Planos del VB Risbán.....	90
5.8.3	Maquinilla de popa.....	92
5.8.4	Sistema Hidráulico-neumático.....	92
5.8.5	Accionamiento.....	94

5.9 Cuadro resumen de diferencias entre remolcadores.....	96
5.10 Esquema resumen de funciones a bordo de remolcadores portuarios.....	98
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>101</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>105</b>



# **I. INTRODUCCIÓN**



## I. INTRODUCCIÓN

Este Trabajo de Fin de Grado nace de mi experiencia durante mis prácticas a bordo del remolcador portuario y altura “VB Tenerife” de la empresa “Boluda, Corporación Marítima”. Durante las mismas he podido familiarizarme con el entorno marino, ver los elementos de remolque típicos de un remolcador portuario y verlos en medio de una maniobra de atraque o desatraque, así como conocer su funcionamiento y medidas de seguridad.

Aunque el contenido se base en las prácticas a bordo del remolcador “VB Tenerife”, sus elementos y capacidad, también se han tomado informaciones de otros tipos de remolcadores pertenecientes a la empresa Boluda Corporación Marítima, como el “VB Risbán” o el “VB Canarias” para establecer una pequeña comparación entre distintos tipos de elementos de remolque.

En el capítulo **Objetivos** se plantean las razones las cuales me han llevado a la realización de este TFG, que se intentarán cumplir durante la realización de este Proyecto.

En el capítulo **Revisión y Antecedentes** se ha escrito una pequeña reseña histórica, describiendo un remolcador y sus funciones esenciales, tipos de remolcadores, la maquinaria a bordo usada en las operaciones portuarias, cuyos sistemas están tanto en cubierta como en la sala de máquinas, y las maniobras que se realizan, habiendo tomado éstos como centro de este TFG.

En el capítulo **Metodología** se ha incluido tres apartados los cuales son Documentación bibliográfica, Metodología del trabajo de campo y el marco referencial.

En el capítulo de **Resultados** se encuentra el resultado del estudio realizado durante las prácticas en las maniobras realizadas en el remolcador “VB Tenerife” usando los medios de remolque pertinentes, conociendo su uso y funcionamiento así como las medidas de seguridad oportunas a seguir durante su uso en maniobras.

En el apartado de **Conclusiones** se aportará una conclusión personal sobre el tema y el desarrollo de este Trabajo Fin de Grado y mi experiencia realizándolo.

En **Bibliografía** se encuentran las fuentes que he usado para documentarme en este trabajo.

## I. ABSTRACT

This Final Degree Project is born from my experience during my practices on board the tugboat “VB Tenerife” of the company "Boluda, Maritime Corporation". During the practices I have been able to familiarize myself with the marine environment, to know the typical towing elements of a harbor tugboat and to see them in the middle of a maneuver of docking or unloading, as well as to know its operation and safety measures.

Although the content is based on the practices on board the tug “VB Tenerife”, its elements and capacity, also I have taken information of another types of tugs that belongs to the same company Boluda Maritime Corporation, for example, the “VB Risbán” or the “VB Canarias” to compare between different types of towing elements.

In the chapter “**Objectives**”, I sets out the reasons that have me taken to the realization of this FDP, I am going to accomplish this reasons during I carry out the this Project. A small historical review has been written in the Review and Background chapter, I describe a tugboat and its essential functions, types of tugs, the on board machinery that is used in port operations, its systems are both on deck and in the engine room, and the maneuvers that are made, having taken these as the center of this FDW.

In the “**Methodology**” chapter, three sections have been included: Bibliographical Documentation, Fieldwork Methodology and Reference Framework.

In the chapter “**Results**” is the result of the study carried out during the practices in the maneuvers performed on the tug “VB Tenerife” using the relevant towing means, knowing their use and operation as well as the appropriate safety measures to be followed during their use in maneuvers.

In the section of “**Conclusions**” I will provide a personal conclusion on the subject and the development of this Final Degree Work and my experience when I did it.

In “**Bibliography**” we can find the sources that I used to learn about to do this work.

## **II. OBJETIVOS**



## II. OBJETIVOS

Los principales objetivos que me he planteado alcanzar con este TFG son:

1. Conocer los sistemas de remolque a bordo de remolcadores portuarios.



2. Aprender las maniobras que se realizan con los sistemas de remolque.



3. Adquirir conocimientos para el uso de dichos elementos.



4. Entender el funcionamiento de los mismos.



## **III.- REVISIÓN Y ANTECEDENTES**



### III.- REVISIÓN Y ANTECEDENTES.

#### 3.1 ¿Qué es un remolcador?

Un remolcador es una embarcación que se utiliza para ayudar en las maniobras de aproximación, atraque y desatraque de buques de gran tamaño mediante el tiro por medio de un cabo que los une o el empuje de la proa del remolcador contra el casco del



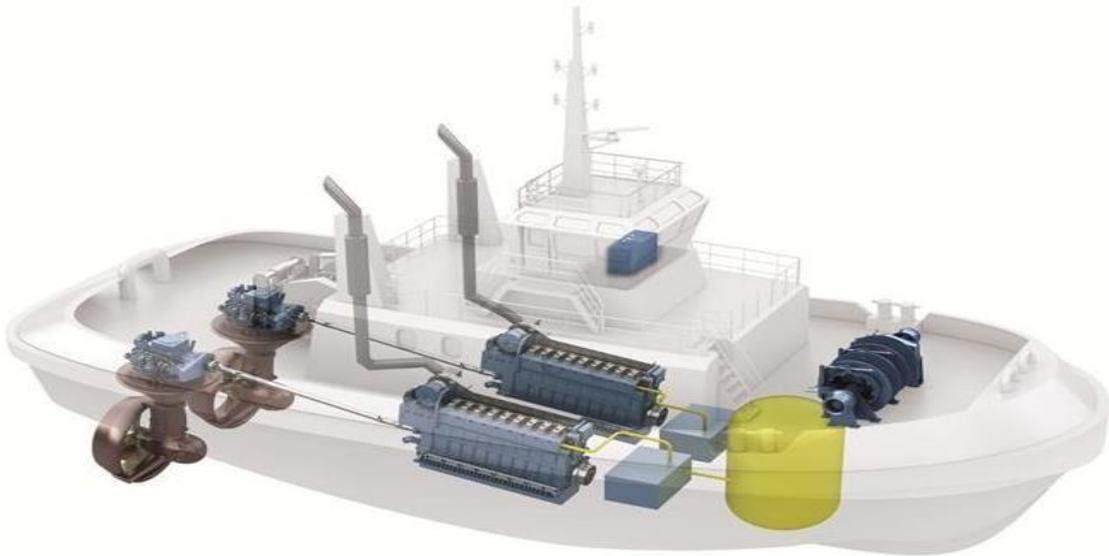
*Ilustración nº 1 Remolcador VB Tenerife en el muelle de los Llanos.*

**Fuente: Elaboración propia**

buque a remolcar. Su principal objetivo es tirar o empujar de una embarcación en puerto, aunque también pueden hacerlo en mar abierto o ríos muy anchos, ayudar en el reviro de buques dentro de sitios muy estrechos y acompañar a buques con cargas peligrosas que se puedan estar aproximando al muelle en tierra.

También son muy utilizados en el remolque de equipos o embarcaciones especiales como por ejemplo barcazas de carga, diques flotantes o contenedores, transportando estos últimos de un lugar a otro. Las maniobras realizadas con los remolcadores están diseñadas para garantizar la seguridad estructural tanto del buque que se está remolcando como la del propio remolcador así como también evitar algún accidente contra el propio puerto. Muchas veces, el remolcador trabaja conjuntamente con el Servicio de Practicaje del puerto donde existen los Prácticos, los cuales son una guía tanto para el capitán del buque como para el patrón del remolcador pues es el práctico el que da instrucciones a los remolcadores durante las maniobras para que todo se realice de forma segura.

A pesar de su pequeño tamaño en comparación con los buques que suelen remolcar, los remolcadores son barcos con muchísima potencia, capaces de producir de media



*Ilustración n° 2 Sistema azimutal en un remolcador. Fuente: [1]*

unos 4000 o 5000 CV con sus motores diésel en los remolcadores pequeños y hasta 25000 CV en los remolcadores de gran eslora que operan en alta mar con grandes buques mercantes. Hoy en día, la práctica totalidad de los remolcadores que se usan utilizan un sistema de propulsión azimutal, es decir, existe un eje vertical el cual deriva a una tobera en la que se encuentra una hélice capaz de girar 360° sobre su propio eje. Los motores principales engranan con el sistema de giro servomotor y son los que proporcionan la velocidad a la hélice. Dependiendo de la necesidad o del remolcador los motores pueden girar hasta casi 1000 rpm (revoluciones por minuto). Algunas veces, en vez de aumentar la velocidad de la hélice incrementando las rpm de los motores, basta con mantener una velocidad de giro constante y variar el paso de la hélice, aumentando de esta forma el empuje y por tanto la velocidad del barco. Estos sistemas aportan a los remolcadores una maniobrabilidad increíble por lo que los hace perfectos para moverse por rincones estrechos en puertos donde un barco de gran eslora tendría problemas para recalcar o maniobrar aparte de proporcionarles el par suficiente para impulsar buques de gran tonelaje.

### **3.2 Breve reseña histórica.**

Cuando la navegación comenzó a adquirir importancia dentro del mundo ésta fue el pilar fundamental de la civilización humana. El comercio mundial se basaba más en

el transporte por mar que el transporte por tierra y con los años los barcos se fueron haciendo cada vez más importantes. Grandes rutas se abrían entre las diferentes partes del mundo: Europa y América y Asia y África. Al principio, eran barcos de madera, relativamente ligeros y de poca eslora con un desplazamiento o capacidad de carga pequeña, pero en el siglo XIX llegó la Revolución Industrial, la era del Acero y la producción en masa. Los pequeños barcos de madera fueron dando paso a barcos de acero de mayor tamaño, que en vez de velas llevaban máquinas alternativas de vapor o motores de combustión interna que permitían impulsar el incremento de peso y tamaño de los buques.

Pero a medida que estos barcos iban haciéndose más grandes, los puertos se iban haciendo más pequeños y, a pesar de que se intentaban incrementar los espacios portuarios para los barcos, un barco de casi doscientos metros de eslora y cincuenta mil toneladas de peso no es muy manejable a bajas velocidades en un espacio tan pequeño. Por ello, se tuvo que crear un método de ayuda a los grandes barcos para que pudieran entrar, atracar y zarpar de forma segura. Aquí entran en escena los remolcadores portuarios, nacidos en la era industrial. Fueron y siguen siendo muy importantes en el mundo naval pues estos pequeños barcos (o no tan pequeños) son la columna vertebral de los atraques de grandes barcos como los Maersk o los ULCC que atracan en los grandes puertos.

Los primeros remolcadores llevaban un motor de vapor al igual que la mayoría de buques del siglo XIX y principios del XX, capaz de producir entre 700 y 2000 caballos de vapor, suficientes para impulsar o ayudar a maniobrar buques como el RMS Titanic de 271m de eslora en el año 1912. Hoy en día existen varios tipos de remolcadores, los cuales llevan ya motores diésel, y en función de su uso pueden variar de tamaño y potencia, como los remolcadores de alta mar de ochenta metros de eslora y casi 25000CV o los portuarios que se dedican a atracar y desatracar barcos a cualquier hora del día. [2]

### **3.3 Remolcadores en Canarias**

Los primeros remolcadores que llegaron a las Islas Canarias se instalaron en el Puerto de La Luz de las Palmas de Gran Canaria. La mayoría de ellos eran de construcción británica y de empresas particulares y ninguno superaba los veinte metros de eslora. Eran buques pequeños, de poca eslora y escasa manga, sin superar nunca las

50 toneladas de arqueo bruto, iban impulsados por calderas de vapor de unos 200 CV y solían llevar tres tripulantes a bordo.

No existe mucha información sobre los remolcadores de principios del siglo XX en Canarias, pero si se sabe que se dedicaban a las tareas propias de un remolcador y que muchas veces eran usados como vía de comunicación entre el puerto de Santa Cruz de Tenerife y el de las Palmas de Gran Canaria, llevando correspondencia, o pasajeros a sitios determinados siendo usados a veces de transbordadores. [2]

### 3.4 Evolución de los remolcadores



*Ilustración n°3 Remolcador de principios del siglo XX*

**Fuente: [2]**

Los primeros remolcadores aparecieron en el siglo XIX como sistema auxiliar en los puertos internacionales y nacionales. Eran toscos barcos poco más grandes que una falúa, de poca potencia y que se encargaban más del remolque de mercancía dentro del propio puerto que de remolcar los barcos propiamente dichos. Tenían motores de vapor pequeños, de 70 o 100 CV de potencia, por lo que no podían empujar grandes barcos u otras embarcaciones que no fueran similares en tamaño. Llevaban poca tripulación a bordo y sufrían constantes averías por la falta de mantenimiento, pero a la mitad del siglo XIX, con el avance en la construcción de barcos y la mejora de rendimientos en las máquinas alternativas de vapor, los remolcadores fueron capaces de aumentar significativamente su potencia, sirviendo ya en el remolque de buques desde el exterior del puerto hasta el atraque y desde el desatraque hasta el exterior del puerto [2]

Al principio, los remolcadores eran pequeños movidos por motores alternativos, ya sea de vapor o de combustión interna, que movían una hélice de paso fijo convencional. Esto ponía límites en su movilidad e iban equipados con un gancho de remolque, que no era más que un gancho de material firme donde se acoplaba un cabo

con un grillete. Aunque servía para tirar, tenía sus limitaciones de maniobrabilidad y además era peligroso, pues el gancho de remolque era libre y se movía constantemente de un lado a otro. Este diseño se mantuvo hasta la mitad del siglo XX donde los remolcadores fueron aumentando de tamaño y se fueron equipando con motores diésel de mayor potencia capaces de arrastrar barcos de gran tonelaje que iban también aumentando de tamaño con la emergente competencia entre las navieras de transatlánticos y los comerciantes de petróleo. Aún por ese entonces los remolcadores usaban hélices convencionales, que limitaban su maniobra. Pero a partir de 1960, los remolcadores comenzaron a equiparse con propulsores azimutales mejorando su maniobrabilidad y la facilidad a la hora de realizar maniobras. Durante unos años, la hélice convencional y el sistema azimutal convivieron en los remolcadores pero hoy en día la práctica totalidad de remolcadores usan el sistema azimutal. [2]

### 3.5 Tipos de remolcador

Para cada situación existe un tipo de remolcador diferente. Un remolcador de puerto no puede ser usado como remolcador de altura en alta mar. Por ello, los remolcadores se dividen en varios tipos:

- **Remolcador portuario:** Son barcos de pequeña eslora y potencia, encargados de realizar los atraques y desatraques de los buques que soliciten sus servicios o del transporte y desplazamiento de embarcaciones auxiliares como gabarras o diques flotantes. Su eslora oscila entre los 20 y 30 m y su potencia puede variar desde los 1000 hasta los 3000 caballos de vapor de potencia. La mayoría son de propulsión azimutal pues necesitan mucha maniobrabilidad para poder virar o desplazarse por los estrechos rincones de los puertos o para empujar o tirar de forma rápida y eficaz cuando sea necesario. Su calado puede llegar a ser de hasta 4 metros y pueden moverse a una velocidad máxima de 14-15 nudos. [3]
- **Remolcador de puerto y altura:** Son buques más grandes que los anteriores, capaces de medir hasta 40 metros con una potencia que oscila entre los 4000 y los 10000 caballos de vapor. Su función puede ser tanto portuaria como de altura, ayudando a enormes buques tanque en su atraque en puerto, en el amarre y desamarre de boyas, o incluso de asistir a buques a cierta distancia de tierra donde un remolcador portuario no puede llegar. Este tipo de buques suelen ser

de propulsión azimutal y/o con hélice de paso variable. Éstos son buques que alcanzan una velocidad de 14 nudos. [3]

- **Remolcador de altura y salvamento:** Estos son los buques de remolque más



*Ilustración nº4 Remolcador de altura y salvamento Punta Salinas en Santa Cruz de Tenerife: Fuente: [1]*

importantes. Su tamaño y potencia los hacen perfectos para el remolque y rescate oceánico situado a varias millas mar a dentro. Si existiera un buque en peligro, ya sea por emergencia o por pérdida de gobierno, estos barcos saldrían a su encuentro trayéndolo de vuelta a puerto sano y salvo. Estos buques pueden alcanzar hasta 80 metros de eslora y casi 6 metros de calado. Son barcos capaces de producir hasta 25000

CV de potencia, casi la misma que posee un petrolero de gran capacidad, que les proporciona una velocidad de navegación de hasta 16 nudos náuticos. [3]

El puerto de Santa Cruz de Tenerife posee operativos dos remolcadores clase T, (portuarios y de altura), el “VB Canarias”, el “VB Tenerife”, y el “VB Risbán”, clase S, (portuario), propiedad de la empresa Boluda Corporación Marítima.

### 3.6 Elementos de remolque.

Los remolcadores se sirven de varios elementos durante las maniobras que realizan con buques. Estos son:

- **Chigres de remolque:** los chigres de remolque, vulgarmente llamados “maquinillas”, son los elementos principales de remolque en los remolcadores. Existen barcos que poseen dos, una en popa y una en proa para atender distintos tipos de maniobra. Por lo general, durante las maniobras de aproximación a puerto, en el caso de que tengan la propulsión ASD (Azimuthal Stern Drive) o propulsión a popa como el caso del remolcador “VB Tenerife”, los remolcadores se sirven de la “maquinilla de proa” pues hace más sencilla la operación. Si el remolcador posee propulsión tracto azimutal a un tercio de la proa (las hélices en vez de empujar el buque, tiran de él), como ocurre con el remolcador “VB

Risbán”, es mejor utilizar la maquinilla de popa.



*Ilustración nº 5 Chigre o maquinilla de remolque.*  
**Fuente: Elaboración propia**

Las maquinillas de remolque son bobinas con cabos que se accionan mediante un sistema oleo hidráulico. Unas bombas situadas en la sala de máquinas descargan aceite hidráulico hacia unos motores y unos frenos mantienen parada la maquinilla cuando esta no se usa. Desde el puente o los controles locales de las mismas se desbloquean los frenos y los motores hacen girar la máquina en un sentido o en otro, para arriar cabo o cobrarlo. La potencia de estas maquinillas se le llama **Potencia al freno** y suelen medirse en toneladas. La del remolcador “VB Tenerife” es de 100 Tn. [4]

• **Gancho de remolque:** el gancho de remolque es un elemento que se sitúa a popa



*Ilustración nº 6 Gancho de remolque*  
**Fuente: Elaboración propia**

del barco que se usa para remolcar. Hoy en día los ganchos de remolque están en desuso debido a su peligrosidad pero sigue siendo obligatorio tenerlo a bordo de remolcadores debido a que si existe un fallo en la “maquinilla de popa” puede usarse como alternativa. Su uso consiste en encapillar un cabo o cable metálico con una “galga de alambre” en el extremo, que será mayor o menor dependiendo del tiro

del remolcador. Mediante un cilindro hidráulico puede cerrarse el gancho y asegurar el cable. La desventaja de este elemento de remolque es que es libre y se mueve conforme el remolcador, buque o elemento a remolcar se mueve horizontalmente

desplazando su centro de gravedad y puede golpear a los marineros que estén trabajando con él. Es por eso que hoy en día se usan las maquinillas pero en caso de emergencia pueden usarse los ganchos. Su disparo suele ser hidráulico o manual siendo más seguro el hidráulico que el manual porque éste, con tensión, no puede disparar.

- **Bitas:** un elemento estructural del buque que sirve para hacer firme el cabo de remolque del remolcador, los cabos de tierra, etc. Debe haber suficientes bitas en un barco como para que los cabos sean firmes y puedan realizar las operaciones de remolque sin problemas.



Ilustración n° 7 Bitas. Fuente: Elaboración propia

### 3.7 Tipos de maniobra

Dependiendo del servicio que se requiera por parte de un buque o del propio puerto o empresa particular, existen varios tipos de maniobra:

- Atraque
- Desatraque
- Traslado
- Remolque

#### 3.7.1 Atraque

El atraque se da cuando un buque se aproxima al puerto y solicita la ayuda de un remolcador para atracar. En esta maniobra, el remolcador se aproxima al barco que solicita el servicio y se coloca paralelo a él (Posición **abarloada**) a baja velocidad.

Desde la cubierta principal del buque se lanza un cabo el cual es recogido por un tripulante en la cubierta del remolcador y atado al *virador* (cabo con el que el buque tira del cabo de remolque). Éste es subido por los tripulantes del buque a la vez que el patrón del remolcador da la orden de ir soltando el cabo de remolque desde la “maquinilla” o chigre. Cuando ha llegado a la cubierta, se encapilla bien a una bita (se *hace firme el buque*) y el remolcador procede al acompañamiento hasta el muelle designado. En esta situación, a no ser que el práctico o la maniobra lo exija, el remolcador no tira del buque, pues el cabo de remolque nunca es tensado, simplemente



*Ilustración n° 8 Remolcadores acompañando.*

**Fuente: Elaboración propia.**

se le acompaña hasta llegar al muelle en cuestión donde ya después el remolcador maniobra para hacer virar el buque y ponerlo paralelo al espigón del muelle y ayudarle a colocarse en el punto estipulado de amarre. Después de eso, el remolcador procede a colocar la proa perpendicular al buque (posición *de través*) y a empujarlo contra el muelle mientras los amarradores amarran el buque, evitando así que se aleje provocando un accidente o un mal amarre. Generalmente durante esta maniobra se suele intentar dejar el buque con la proa hacia la mar para que le sea sencillo zarpar, aunque a veces

hay que dejarlo perpendicular al muelle. En esos casos, los barcos de gran envergadura suelen pedir ayuda en el desatraque pues pueden correr el riesgo de, una vez haber largado los cabos, de volver a colisionar contra el espigón del muelle.

### **3.7.2 Desatraque**

El desatraque es la situación en la que un buque está amarrado al muelle y necesita asistencia para salir de él y dirigirse a mar abierto. Esta es una de las maniobras menos peligrosas para los remolcadores. El procedimiento es sencillo: El remolcador se aproxima al buque y se coloca cerca de su casco haciéndose firme mediante el cabo de remolque. Una vez el buque ha largado amarras el remolcador comienza a tirar de él para separarlo del muelle y colocarlo con la proa apuntando hacia el mar. El remolcador recoge su cabo en coordinación con los tripulantes del buque y el capitán del barco da potencia a la máquina para conseguir velocidad y dirigirse a la mar. Muchas veces el buque no necesita ayuda del remolcador para salir del muelle si está en posición de dirigirse hacia mar abierto, por lo que el remolcador realiza una maniobra de apoyo, vigilante por si el buque necesitara ayuda. A esto se le llama maniobra de “*Stand by*”.

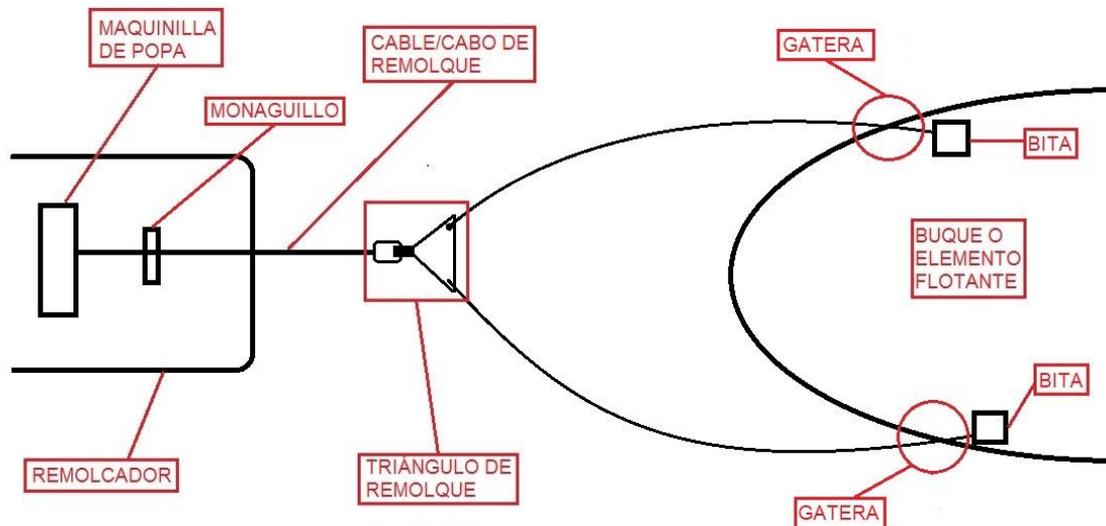
### **3.7.3 Traslado**

El traslado es el desplazamiento de un elemento flotante de un lado a otro del puerto. Generalmente suele ser un buque debido a que otro de más envergadura necesita el muelle en el que ya hay uno atracado y hay que llevarlo de un lugar del muelle a otro. A veces es moverlo unos metros y otras veces es desplazarlo hasta la posición contraria al sitio en el que está colocado del muelle. También suelen ser otros elementos como contenedores flotantes que se requieren en algún punto del puerto o desde un punto de la costa a otro, como puede ser cambiar el elemento de puerto llevándolo de uno a otro a lo largo de la costa.

### **3.7.4 Remolque**

Esta maniobra se da cuando el remolcador debe remolcar un buque o elemento flotante sin ninguna ayuda por parte del mismo desde las aguas exteriores del puerto. Si un barco se queda sin propulsión antes de llegar a tierra y un remolcador debe salir en su ayuda, cuando lo trae a tierra lo hace con el cable o cabo, dependiendo de la distancia o las condiciones meteorológicas, firme y en tensión moviéndose a distintas velocidades en función de las especificaciones del otro buque para, por ejemplo, no romper las bitas

del otro buque. Muchas veces en estos casos suele usarse la “maquinilla de popa”, dependiendo de la situación.



*Ilustración n° 9 Esquema del triángulo de remolque.*

**Fuente: Elaboración propia.**

También puede realizarse con contenedores o gabarras que tengan que llevarse de un sitio a otro o un buque de un puerto a otro. Durante esta maniobra se usa un conjunto de elementos que se acoplan a la “maquinilla de popa” que facilita el trabajo de empuje. Directamente desde la maquinilla sale un cable de acero que acaba en un grillete. A continuación hay una pequeña extensión de cabo, usada para absorber las contracciones y dilataciones que pueda sufrir la estructura durante el remolque, de esta forma el sufrimiento es menor. En el otro extremo del cabo puede haber o no un grillete donde vuelve a haber un cable que continúa hacia un elemento triangular, conocido como triángulo de remolque o “Pata de gallo”. De ahí salen dos cabos/cables que se acoplan al buque o elemento a remolcar, uno por estribor y otro por babor, entrando por las gateras. Este sistema combinado es más efectivo que si solo se usara un cable.

### **3.8 Precauciones sobre las maniobras.**

Cuando un remolcador está tirando de un buque, ya sea hacia atrás desde la maquinilla de proa o avante desde la maquinilla de popa, hay que tener extremo cuidado con el ángulo de tiro del cabo de remolque. Por lo general, el ángulo que el cabo debe formar con la horizontal del remolcador (es decir, con la cubierta) no debe superar los

30° de inclinación pues si el remolcador tira hacia detrás corre el riesgo de levantarse del agua forzar en exceso la maquinilla haciendo que se parta o se raje el cabo y que los motores hidráulicos se rompan porque no se está aplicando el tiro del remolcador sino su desplazamiento y la alzada que pudiera haber por la climatología, etc. Con todo esto, se transmite el esfuerzo a toda la maquinaria del remolcador: maquinilla, motores, con la consecuencia de la rotura de la maquinilla y como consecuencia al sistema hidráulico del barco.

También hay que fijarse a la hora de maniobrar en la posición de la propulsión. Como se dijo anteriormente, la mayoría de los remolcadores portuarios poseen un sistema de propulsión azimutal y cada barco responde de forma distinta teniéndola a un tercio de proa o a popa. Si la propulsión está en popa el barco tarda menos en reaccionar y virar sobre sí mismo pues tiene más brazo de barco y la fuerza aplicada lo más lejos posible del punto de apoyo (la proa) por la Ley de Momento de Fuerzas, en cambio si la posición de la propulsión está a un tercio de proa el tiempo en virar sobre sí mismo es mayor pero su desplazamiento lateral, su maniobrabilidad, es en menor tiempo por tener la fuerza aplicada en el centro de gravedad propio del buque, no en un extremo.

El “VB Risbán” posee un sistema de propulsión azimutal a un tercio de la proa por lo que su maniobrabilidad es mayor, es decir, es capaz de desplazarse lateralmente en menos tiempo por lo que las maniobras que se realizan con su maquinilla deben ir enfocadas a esa maniobrabilidad. No obstante eso le hace tener menos fuerza de impulsión. El “VB Tenerife” y el “VB Canarias” tienen menor movilidad lateral por tener la propulsión a popa pero eso les permite tener más potencia de empuje. Cuando las maniobras requieren de dos o más remolcadores estas diferencias son cruciales pues cada remolcador adquiere una función distinta durante la maniobra. ***Para empujar es mejor un barco con propulsión a popa y para tirar un barco con propulsión a un tercio de proa.***

## **IV. METODOLOGÍA**



## **IV. METODOLOGÍA**

La metodología empleada en referencia a este Trabajo de Fin de Grado la hemos dividido en los siguientes apartados.

### **4.1 Documentación Bibliográfica**

La documentación bibliográfica en este TFG es los manuales, mi propia experiencia y conocimiento adquirido durante las prácticas a bordo de un remolcador de la Empresa Boluda Corporación Marítima parte de información buscada en páginas en internet especializadas en el tema.

### **4.2 Metodología de trabajo de campo**

El trabajo de campo consistió en la experiencia dentro del remolcador, realizando mantenimiento de elementos dentro de la sala de máquinas, observando maniobras y el funcionamiento de los elementos de remolque, además de la seguridad a la hora de su manejo y la consulta de manuales.

### **4.3 Marco referencial**

El marco referencial es el remolcador “*VB Tenerife*”, en el que he realizado las prácticas de embarque obligatorias, perteneciente a la empresa Boluda Corporación Marítima, en el puerto de Santa Cruz de Tenerife.



## **V. RESULTADOS**



## V. RESULTADOS

En este apartado irá reflejado todo el trabajo de campo realizado durante las prácticas de embarque orientado a describir, conocer y explicar los elementos de remolque anteriormente descritos a bordo del remolcador “VB Tenerife” procediendo a describir el buque y después a enfocarse en el tema principal de este Trabajo fin de Grado empezando por los requisitos necesarios para poner en marcha dichos elementos (similar en todos los buques) y después proceder a la descripción física de los mismos y su funcionamiento.

Asimismo, se procederá a explicar también los elementos de remolque a bordo de los remolcadores “VB Risbán” y “VB Canarias”, establecidos también en el puerto de Santa Cruz de Tenerife, para realizar, al final de este documento, una pequeña comparación entre los tres remolcadores. Primero, se hablará del “VB Tenerife”, después del “VB Canarias” y, al final, del “VB Risbán”.

Para situarnos geográficamente, a continuación, se expondrá un plano del puerto de Santa Cruz para saber donde operan y atracan los distintos remolcadores que se estudiarán en este Trabajo de Fin de Grado.



*Ilustración n° 10 Plano del puerto de Santa Cruz de Tenerife. Fuente: [1]*

En la *Ilustración n° 10* podemos ver al “VB Tenerife” atracado en la Dársena de los Llanos y al “VB Canarias” y al “VB Risbán” en la Dársena de Anaga, concretamente atracados en el Muelle Norte. El primero se encarga de los buques que arriban al Muelle de Honduras y de prestar apoyo en las maniobras que se realizan en el Dique del Este, aunque, por lo general, esta tarea recae en el “Risbán” y el “Canarias”, que a veces prestan servicio en Honduras junto con el “Tenerife”.

## 5.1 Remolcador VB Tenerife



*Ilustración nº11 Remolcador VB Tenerife*

**Fuente: Elaboración propia**

El remolcador “VB Tenerife” es un remolcador de puerto y altura situado en la Dársena de los Llanos en el Puerto de Santa Cruz de Tenerife. Es el encargado de atender a los buques del Muelle de Honduras y atender otras asistencias tanto dentro del muelle de la ciudad como en aguas exteriores a la misma. Pertenece a los servicios portuarios que aporta la empresa Boluda Corporación Marítima junto con el sistema de abastecimiento Spa Bunker.

### 5.1.1 Características técnicas

El “VB Tenerife” es un remolcador de propulsión azimutal situada en popa (ASD) equipado con dos chigres o maquinillas de remolque, una en popa y otra en proa, y un gancho de remolque en la popa.

Fue diseñado y construido entre los años 1997 y 1998 en los Astilleros Zamakona, en Bilbao, y diseñado por la empresa de construcción naval Cintrana SA. Tiene capacidad de habitabilidad para 7 tripulantes.

Este barco mide 30.15 metros de eslora, con una Epp (Eslora entre perpendiculares) de 26.80 m, y 9.85 metros de manga con una potencia de tiro de 52 toneladas. El tiro es la unidad de fuerza con la que se valoran los remolcadores. El remolcador VB Canarias, por ejemplo, tiene 65 toneladas de tiro. Su puntal es de 5.40 m y posee un calado de trazado de 4.00 m.

Posee una planta de propulsión conformada por dos motores principales sobrealimentados MAK 8M20 que generan 1550 kW de potencia (2067 CV) cada uno, lo que supone una potencia total de 3100 kW o 4134 CV los cuales derivan en dos sistemas de dirección azimutal marca Aquamaster que mueven cada uno una tobera con

una hélice en su interior capaz de moverse 360°. El peso muerto del remolcador es de 326 Toneladas con un Arqueo bruto de 375 GT.

Tiene una planta eléctrica con la que se autoabastece formada por dos generadores auxiliares Guascor de 165kW (225CV) y un alternador de puerto Deutz de 52 kW. (70 CV). [4]

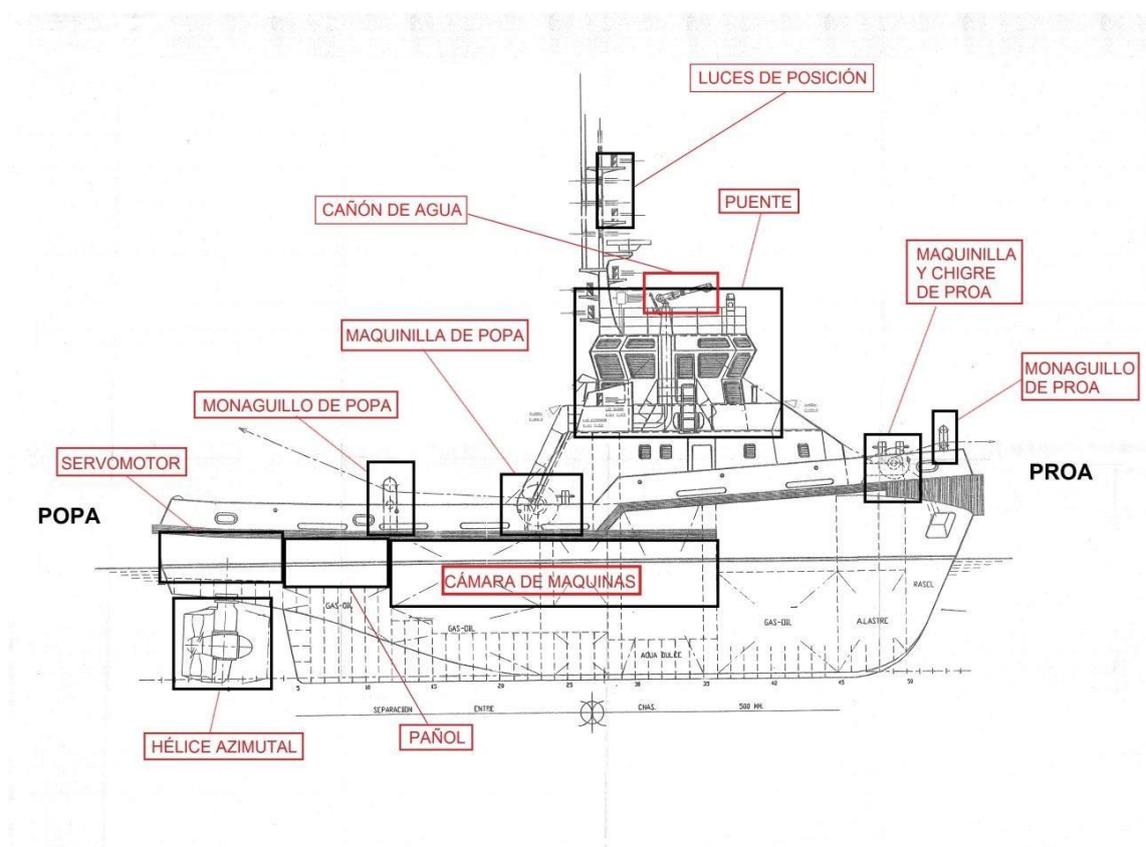
El remolcador “VB Tenerife” posee los siguientes sistemas

- **Aire comprimido:** Tiene dos electrocompresores que suministran aire a dos acumuladores de 60 bar de presión máxima y 30 bar de presión de trabajo. También tiene un motocompresor de emergencia. Este aire está destinado al arranque de los motores, tanto principales como auxiliares y a algunos sistemas auxiliares.
- **Almacenamiento, trasiego y separadora de combustible:** Tiene dos tanques almacén a proa, uno central y dos a popa, de los cuales se succiona combustible mediante una bomba de trasiego hasta los tanques de servicio diario, a través de una separadora de combustible. Los tanques de servicio diario son los tanques de los cuales se succiona el combustible que usan todos los motores y su nivel se revisa cada día.
- **Sistema de agua salada:** es el sistema de refrigeración principal del barco. Tiene dos bombas de agua salada (una siempre en *stand by*) que refrigeran el agua dulce de refrigeración de los motores principales, el aceite del Aquamaster y el aceite del Twin-Disc.
- **Sistema de Agua Dulce:** esta agua es el que refrigera los motores principales. Cada motor tiene su bomba de agua.
- **Aquamaster y Aquapilot** (explicado más adelante): es el sistema de gobierno azimutal del buque.
- **Twin Disc:** Es un embrague de platos que actúa por fuerza hidráulica que transmite el giro del motor al Aquamaster.
- **Fi-Fi (Fire Fighting):** Es el sistema de los cañones de agua contra incendios. Funcionan con una reductora engranada al motor que mueve una bomba de agua.
- **Maquinillas y ganchos de remolque a bordo del remolcador:** Tema principal de este trabajo. Son los elementos esenciales de un remolcador.
- **Hidróforo:** Es el sistema de agua destinada a la habitabilidad: grifos, duchas...

Las tuberías de gases de escape que salen de los guardacalores de este remolcador están dobladas hacia dentro para dar más visibilidad y tener una visibilidad de 360°. Además posee dos cañones de agua para sofocar incendios, pues esa es una de las labores de los remolcadores de puerto: ir en ayuda de otros buques.

### 5.1.2 Planos del VB Tenerife

En la *Ilustración nº 12*, podemos ver el perfil longitudinal del “VB Tenerife” y los elementos principales de los que vamos a hablar con su localización en el barco. Se puede ver la maquinilla de proa en la proa del barco, a la derecha de la imagen, la maquinilla de popa en la popa, a la izquierda de la imagen y también podemos observar la localización de la cámara de máquinas, del servomotor (o local de propulsores) y la hélice azimutal, así como otros elementos tales como los monaguillos de proa y popa o el puente. Conforme se vayan explicando ciertos elementos nos iremos desplazando a lo largo del buque teniendo como referencia siempre este plano general.



*Ilustración nº 12* Perfiles del remolcador VB Tenerife. Fuente: [5]

En la *Ilustración nº 13* podemos ver, desde una vista de planta, los elementos vistos en la ilustración anterior y otros nuevos. En esta ocasión podemos observar la

situación del gancho de remolque del “VB Tenerife”, en la popa del barco, las bitas del remolcador, y ambas maquinillas con sus monaguillos. Más adelante, conforme se vaya avanzando, se irán explicando con detalle cada uno de estos elementos.

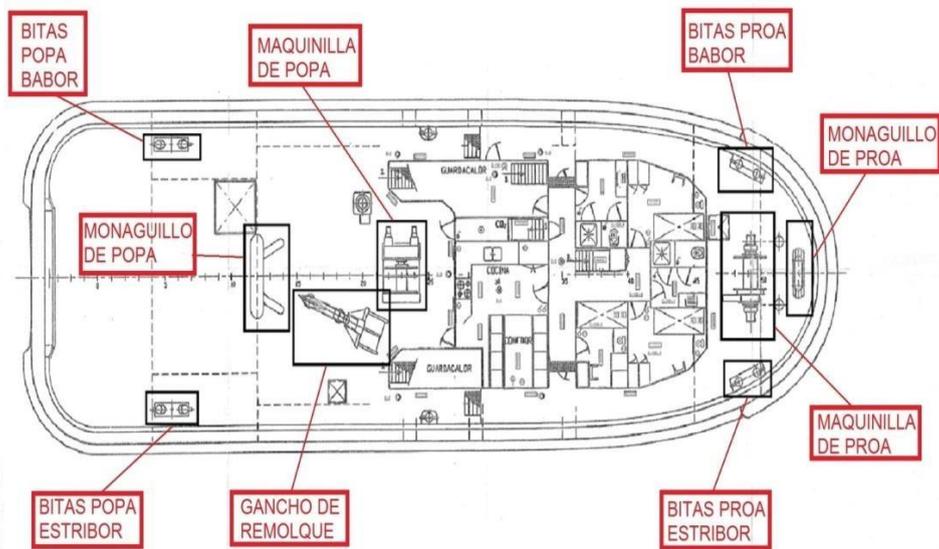


Ilustración n° 13 Perfil longitudinal del VB Tenerife. Fuente: [5]

### 5.1.3 Distribución de la sala de máquinas.

La sala o cámara de máquinas del remolcador es el espacio en el que se encuentran los sistemas esenciales del buque. En la *Ilustración n° 12* podrá verse su localización. Como el tema en torno al cual gira este TFG es las maquinillas o chigres de remolque que poseen los remolcadores hablaremos de los sistemas esenciales para su funcionamiento y su localización en la sala de máquinas en este apartado. Las maquinillas de remolque se accionan con un sistema oleo hidráulico impulsado por dos electrobombas centrífugas, una para la maquinilla de popa y otra para la maquinilla de proa que son alimentadas por uno de los generadores auxiliares. Desde estas bombas el fluido se distribuye hasta los chigres.

A continuación se expondrán unos planos generales de la sala de máquinas con los elementos principales para conocer la localización de los mismos.

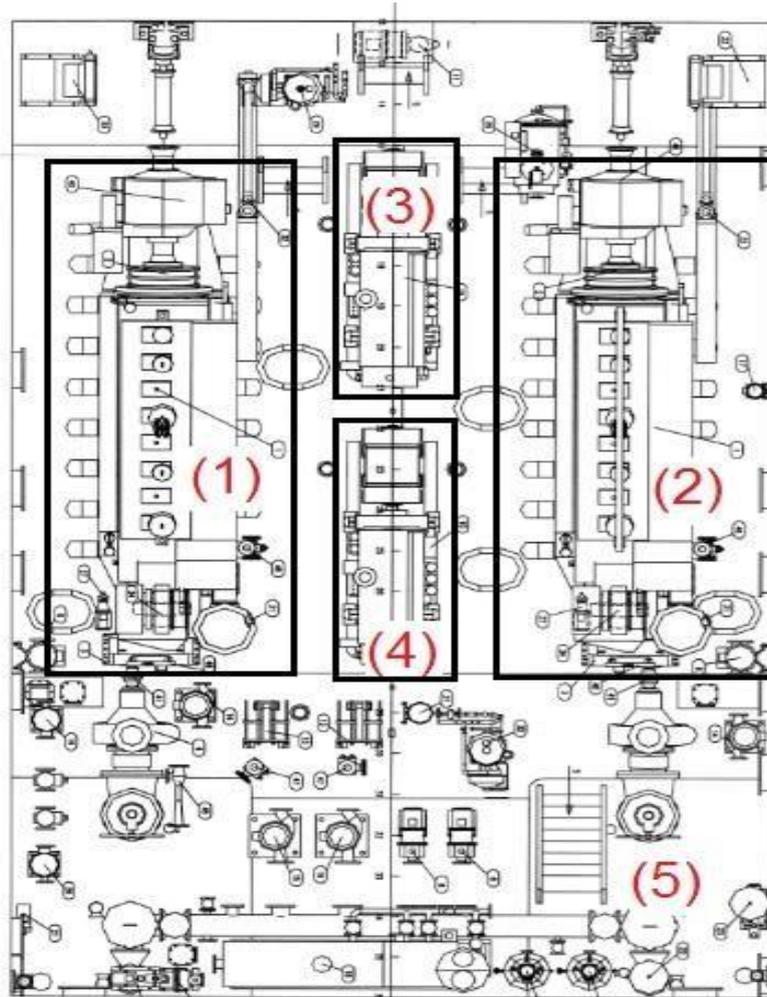


Ilustración n° 14 Disposición sala de máquinas. Fuente: [5]

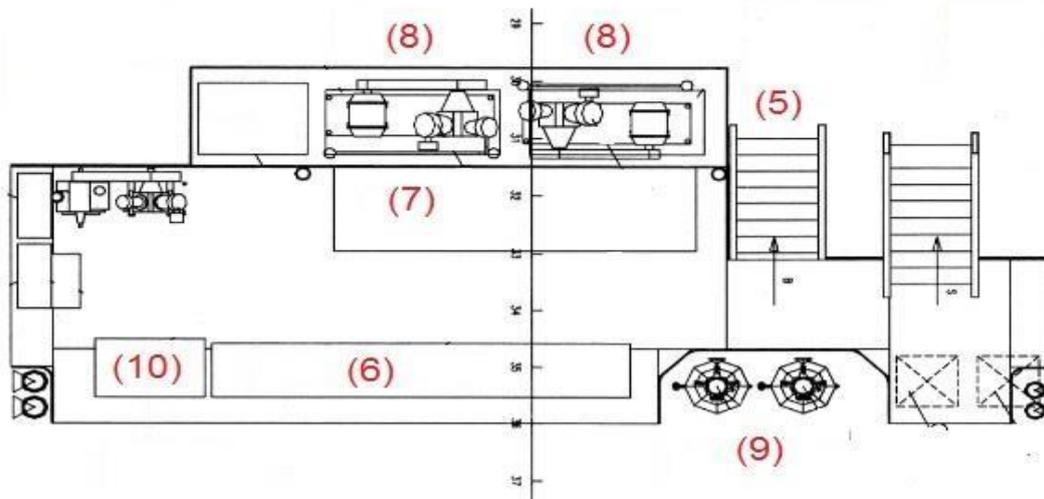


Ilustración n° 15 Control de la sala de máquinas. Fuente: [5]

En la *Ilustración n° 14* los dos motores principales MAK8M20 (1) y (2) están situados a **babor** (Izquierda mirando a proa) y **estribor** (Derecha mirando a proa) de la

sala de máquinas, los generadores auxiliares (3) y (4) están situados en el centro a lo largo del eje longitudinal del buque, uno a proa y otro a popa. El alternador de puerto está situado tras la sala de máquinas, en el **PAÑOL**. En una elevación superior está el control (*Ilustración nº 15*), al que se accede por una escalera (5), donde se encuentran los paneles eléctricos que permiten el accionamiento de todos los sistemas (6) y, delante de éste, está el pupitre de trabajo (7), detrás del cual están las bombas hidráulicas, bajo los compresores de aire (8), las cuales por medio de tuberías, llevan el fluido hasta los motores y frenos de ambas maquinillas. Los acumuladores de aire (9) también están situadas en el control y, debido a su altura, llegan hasta el suelo de la sala de máquinas, un piso por debajo. En el control también podemos encontrarnos el panel de alarmas (10) con el cual se controlan todos los sistemas, incluyendo los generadores auxiliares y de puerto que veremos a continuación.

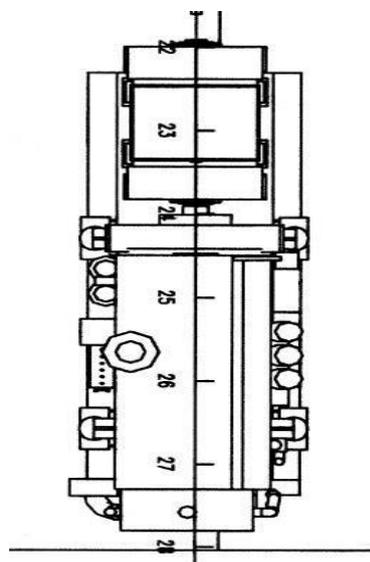
#### 5.1.4 Generadores auxiliares, alter. de puerto y su cometido con las maquinillas.

Este remolcador, como ya se dijo antes, posee tres generadores de electricidad: dos generadores diésel auxiliares y un alternador de puerto.



*Ilustración nº 16 Motor Auxiliar nº 2.*

**Fuente: Elaboración propia.**



*Ilustración nº 17 Esquema del auxiliar. Fuente: [5]*

Por lo general, mientras el buque se encuentra atracado en el muelle, está acoplado al generador de puerto de 52 kW el cual genera electricidad suficiente para abastecer las demandas de iluminación y electricidad, acomodamiento, separador de combustible y los sistemas de emergencia como luces de posición y el sistema hidróforo de agua dulce. No obstante, no puede ir más allá de eso pues el intento de

arranque de los compresores de aire, por ejemplo, significaría su completo desacople de la línea eléctrica principal produciendo un *black out* (una caída de la planta dejando al buque sin electricidad) total en el buque, lo cual en puerto es un accidente importante pero controlable, al contrario de si pasara en el mar. Es lógico suponer entonces que tampoco es capaz de suministrar la energía suficiente a las bombas hidráulicas del sistema de las maquinillas. Para poder poner en marcha las maquinillas es necesario pasar de la energía suministrada por el generador de puerto a la energía suministrada por un generador auxiliar. Primero, con aire comprimido en una de las dos botellas que posee el barco, se arranca manualmente uno de los auxiliares, se desacopla el generador de puerto desde el panel de control y se introduce el generador auxiliar en la red eléctrica principal. Una vez hecho esto, se activan las bombas hidráulicas de las maquinillas de popa y proa y ya están listas para su funcionamiento.

Cabe decir que, pese a que para poder hacer funcionar dichas bombas y los sistemas de los motores principales hay que arrancar y conectar un auxiliar, este generador está diseñado prácticamente para suplir la fuerza eléctrica que necesita la bomba para desplazar el fluido hidráulico con la fuerza suficiente para vencer los fuertes frenos de las maquinillas tanto de popa como de proa. Sólo una pequeña parte de la energía generada por el auxiliar va destinada al suministro eléctrico de sistemas esenciales como bombas de combustible, agua de refrigeración o luz eléctrica.

Por lo tanto se puede concluir que el generador de puerto solo se usa para cuando el buque está en puerto y los auxiliares se usan durante las maniobras para suministrar energía a las fuertes bombas del sistema hidráulico de las maquinillas.

#### **5.1.5 Panel de control de la máquina.**

El panel de control de la sala de máquinas se encuentra en EL CONTROL y engloba todos los sistemas del buque, desde la separadora hasta el arranque manual de los compresores. Existen tres zonas diferenciadas:

- Zona de alarmas y control de prioridades (P. EFANSA) *Ilustración N° 15 (10)*
- Zona de control de los sistemas de 380 V (dos zonas) *Ilustración n° 15 (6)*
- Zona de control de los auxiliares. *Ilustración n° 15 (6)*

En el panel EFANSA se encuentran las alarmas de todos los sistemas, tanto de los motores principales, como del Aquamaster, compresores, etc. Cuando una alarma

suenan, el oficial de turno debe ir y revisar dicha alarma, apagándola en el botón rojo para aceptar la alarma y apretando el botón naranja para resetearla una vez se haya arreglado el problema. También están los botones de inicio de la secuencia de arranque de los motores principales, que consiste en pre-lubricar los motores aportándoles presión de aceite lubricante, así como el botón que para la lubricación. Por lo general la presión de aceite baja por si misma cuando se para el motor pero con este botón se puede acelerar el proceso. Los selectores de prioridad también están en este panel, de las bombas de refrigeración del Twin Disc (el cual es el embrague/caja reductora de motor principal), las bombas de agua salada, los compresores y los auxiliares así como la guardia, si es máquina desatendida o con un maquinista en la máquina.

La parte que nos interesa de este panel es la zona de control de los motores auxiliares. En esta zona existen tres selectores: dos para seleccionar el control de cada uno de los auxiliares (automático o manual) y el selector de prioridad, donde podemos seleccionar cuál de los dos motores se pone en marcha de forma automática y se conecte al bus principal. Si se quisiera arrancar y acoplar un auxiliar de forma manual, habrá que poner el selector de control en “manual” y apretar el pulsador de arranque. Para conectar manual mente un auxiliar a la red deben darse dos situaciones:

- El alternador de puerto está conectado, hay que salir de maniobra y colgarse de un auxiliar.
- Hay que hacer maniobras de mantenimiento con la maquinilla.

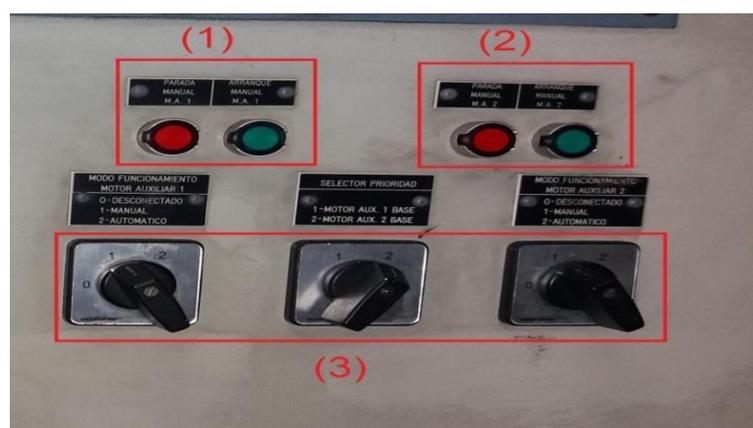


Ilustración n° 18 Selector de prioridades: Fuente: Elaboración propia

En la *Ilustración n° 18* los botones (1) y (2) de esta zona son los botones de arranque y parada de los auxiliares 1 y 2 respectivamente. Y los selectores de abajo (3) seleccionan

el modo de funcionamiento de los auxiliares. Si, por ejemplo, se acoplara el generador nº1 y tuviera algún problema, si el generador nº 2 está en automático, el sistema se encargará de conectarlo por sí mismo evitando un problema mayor. La zona de control de los auxiliares sirve para sincronizar ambos auxiliares si se quisiera acoplar a la vez o para conectar o desconectar de la red uno u otro. Para conectarlos a la vez hay que sincronizarlos mediante un indicador que muestra la frecuencia de cada uno de ellos. Se selecciona en el selector de auxiliares cual se quiere acoplar y se encenderán las lámparas de sincronismo que indican que el motor está listo para acoplar. Entonces se empezará a variar la frecuencia del motor hasta que coincida con la del que ya está acoplado, se encenderá una bombilla verde y entonces se apretará el botón de conexión de dicho motor. Por lo general esta práctica no se lleva a cabo ya que, si es necesario, el control es capaz de hacerlo por sí mismo o siempre hay un operario en la máquina para hacerlo manualmente pero, por emergencia, está este método.

Si se quiere cambiar de un auxiliar al alternador de puerto o viceversa (que es lo más común) se tienen que usar los paneles de conexión de los auxiliares y el panel de corriente auxiliar (donde se sitúan el control de acople del alternador de puerto y la toma de corriente exterior).

Poniendo de ejemplo el auxiliar nº 1 y el alternador de puerto de la *Ilustración nº 19* tenemos los siguientes interruptores en cada uno de ellos:

<b>Auxiliar nº 1</b>	<b>Alternador de puerto</b>
Botón de disparo (Desconexión)	Botón de disparo (Desconexión)
Botón de conexión del generador	Palanca de acople del generador
	Selector (Alternadores, Alt. Puerto, tierra)

Tal y como nos encontramos este ejemplo, en la *Ilustración nº 19*, ahora mismo el “VB Tenerife” está colgado del alternador de puerto pues:

- El selector está en “Alternador de puerto”.
- La palanca del alternador de puerto está subida (conectado).

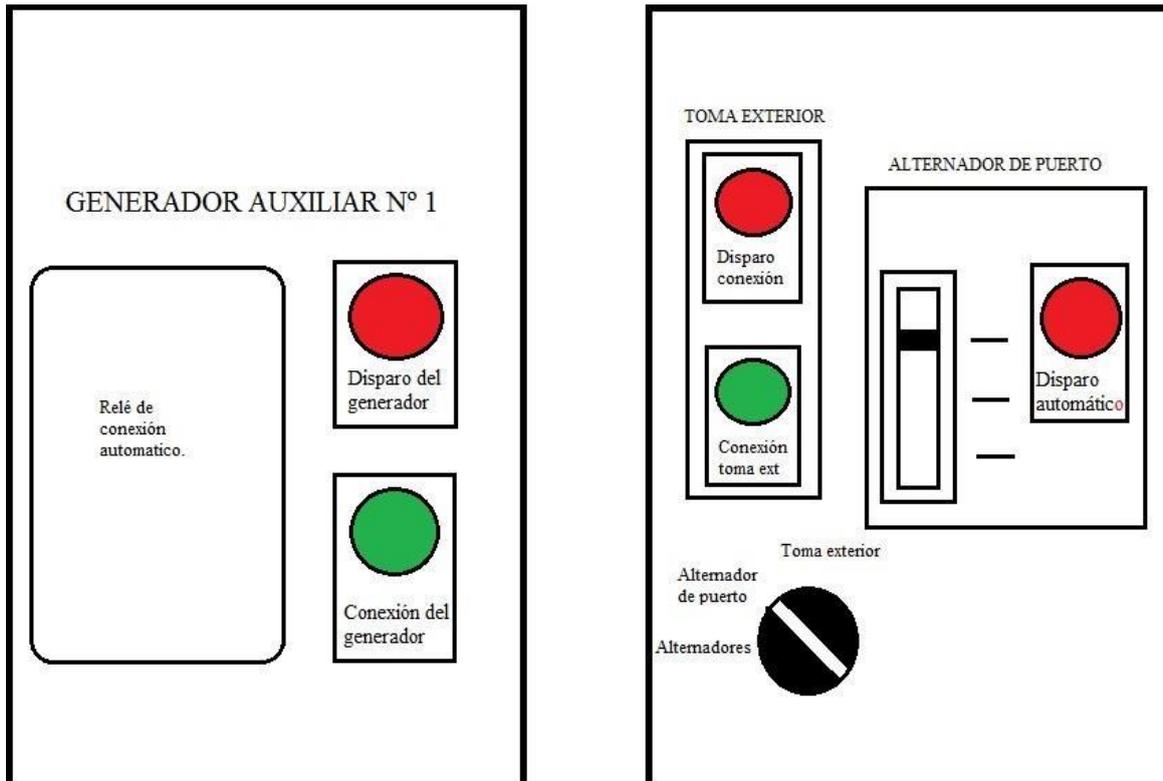


Ilustración nº 19 Panel de control del auxiliar de puerto y auxiliares principales.  
Fuente: Elaboración Propia.

Si quisiéramos colgar el “VB Tenerife” del motor auxiliar debemos:

- Pulsar el botón “**Disparo automático**” del alternador de puerto, lo que causará su desconexión y la bajada de la palanca.
- Colocar el selector en “**Alternadores**”
- Pulsar el botón “**Conexión del generador**” del auxiliar nº 1.

Para volver al estado inicial:

- Pulsar el botón de “**Disparo automático**” del auxiliar.
- Colocar el selector en “**Alternador de puerto**”.
- Subir la **palanca** del alternador de puerto.

Si se quisiera colgar el “VB Tenerife” de la toma exterior el procedimiento sería el mismo. Suponiendo el mismo ejemplo:

- Pulsar el botón “**Disparo automático**” del alternador de puerto, lo que causará su desconexión y la bajada de la palanca.

- Colocar el selector en “Toma exterior”.
- Pulsar el botón “Conexión toma ext.”.

Las bombas hidráulicas de las maquinillas tienen también sus interruptores en el panel de control; son dos, uno para cada bomba oleohidráulica. Se accionan levantando o bajando la palanca. Esta acción da corriente a los motores eléctricos de las bombas oleohidráulicas, pero NO las pone en marcha. Como veremos más adelante, las bombas se ponen en marcha desde el puente.

### 5.1.6 Sistema de Gobierno. Aquamaster y Aquapilot.

El remolcador “VB Tenerife” es un buque de propulsión azimutal tipo ASD (Azimutal Stern Drive o Propulsión azimutal a popa). Esto quiere decir que no posee un sistema de propulsión de hélice convencional sino que tiene dos hélices dentro de toberas que, gracias a un eje vertical, pueden girar 360° de forma independiente incluso de la otra hélice. Este tipo de propulsión es el más común entre los remolcadores pues les aporta la maniobrabilidad que necesitan dentro de un puerto y la velocidad necesaria para reaccionar en caso de apuros. Es esencial dentro de los elementos que permiten las maniobras en un puerto conocer este sistema de gobierno pues es el que influye directamente en la actuación de las maquinillas y las maniobras de remolque pues no es

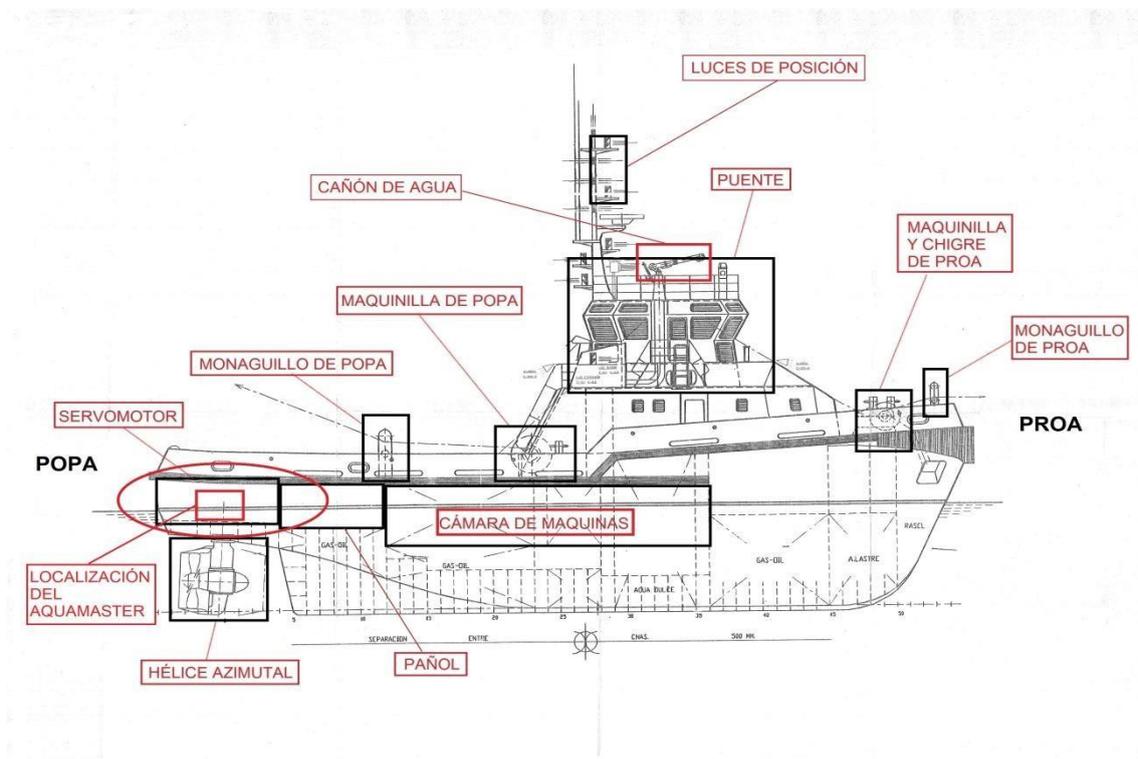
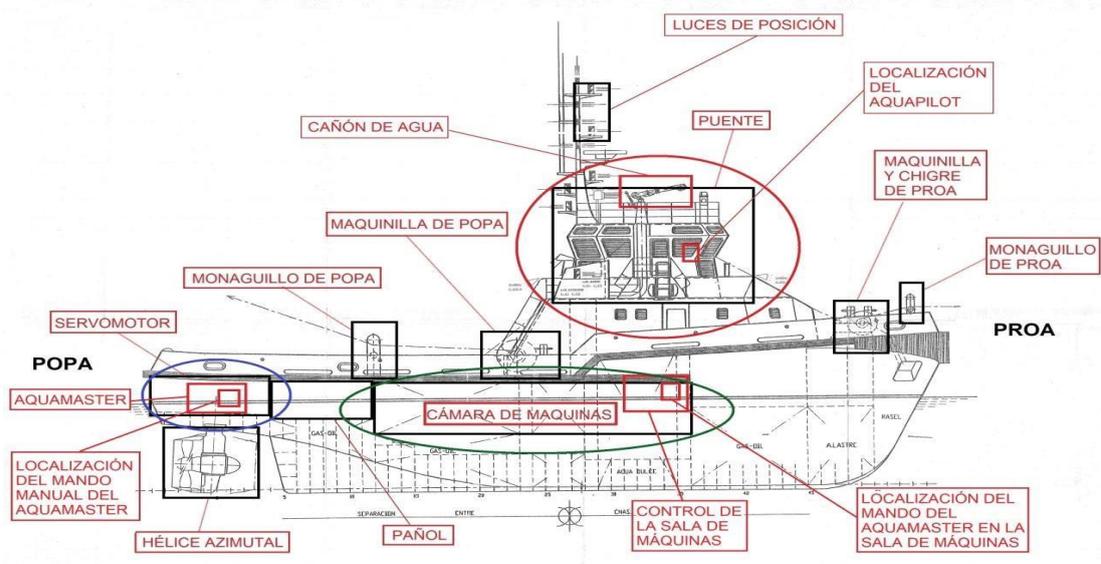


Ilustración nº 20 Localización del Aquamaster en el barco. Fuente: [5]

lo mismo tener propulsión de hélice convencional a tener propulsión ASD al igual que tampoco es lo mismo tener maquinilla a proa o a popa pues se trabaja de forma distinta. Por eso se ha introducido este apartado en este TFG.

Para hablar del medio de gobierno del remolcador debemos ir al servomotor o local de propulsores. En la *Ilustración n° 20* está marcado el lugar en el que se encuentra dicho sistema. El sistema de gobierno azimutal del “VB Tenerife” se llama *Aquamaster*. Gracias a un motor de propulsión (en este caso de combustión interna) se hace girar un eje que se transmite a través de un embrague hasta el sistema azimutal *Aquamaster* y ahí el eje engrana de forma que se acopla a un eje vertical y este eje va a dar a la hélice, permitiéndole girar. La hélice girará a la velocidad que giren los motores principales. El *Aquamaster*, mediante dos motores hidráulicos, permite a este eje vertical girar sobre sí mismo 360°, en función de lo comandado desde el puente, permitiendo orientar la hélice en una dirección u otra de forma totalmente libre. Aparte del control de puente, también existen otros dos controles del propio *Aquamaster*, uno en el *control de la sala de máquinas* (*Ilustración n° 21*) y otro manual, en el servo, con un artefacto móvil. Estos dos últimos controles sólo se usan en caso de emergencia.

El control de giro principal del *Aquamaster* es denominado *Aquapilot* y se encuentra en el puente (*Ilustración n°21*).



*Ilustración n° 21 Localización del control del Aquapilot, y controles del Aquamaster. Fuente: [5]*

El Aquapilot no sólo tiene el sistema de giro del eje de la hélice, sino que también tiene el control de velocidad del motor. Consiste en una palanca acoplada a un elemento que puede girar 360°. Esta palanca puede moverse hacia delante y hacia detrás un ángulo de 90 grados y así se controla la velocidad de la hélice (aumentando o disminuyendo la velocidad de los motores), variando la inclinación de la palanca. Si el elemento se gira sobre sí mismo, hace girar la hélice en torno a sí misma. El Aquamaster funciona con dos motores hidráulicos los cuales giran a la vez en un sentido u otro para mover la hélice. Ambos trabajan con un aceite hidráulico especial situado en dos pequeños tanques separados, uno para cada Aquamaster que además es refrigerado por el agua de mar que también refrigera el Twin Disc. Además, interiormente, en el entramado de engranajes que tiene dentro, hay aceite lubricante pesado debido a que el rozamiento de las piezas genera un sobrecalentamiento que puede ser peligroso, por tanto siempre debe haber un nivel de aceite correcto dentro de la caja de engranajes.

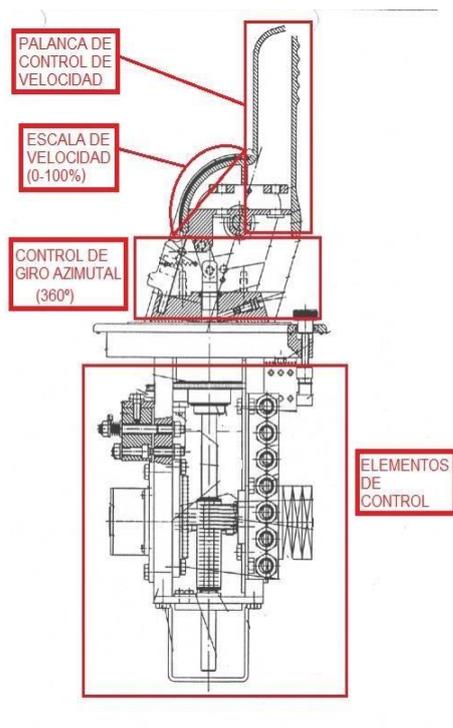


Ilustración n° 22 Esquema del Aquapilot.

Fuente [6]



Ilustración n° 23 Aquapilot

Fuente: Elaboración propia.

Existe un Aquapilot para cada hélice, independiente uno de otro. Eso permite una libertad de movimientos gigantesca, como realizar un giro abierto mientras se realiza un reviro del propio remolcador, colocando una hélice en una posición fija

mientras con la otra se maniobra para revirar el buque. Claro está que con este sistema hay que maniobrar con cuidado pues si la maniobra es demasiado brusca o la velocidad que se aporta es excesiva se puede producir un tiro del cabo que lo parta o, en el peor de los casos, que rompa la maquinilla ya sea la de popa o la de proa.

Para ayudar a los patronos a maniobrar y saber hacia dónde se va a dirigir el buque, delante de cada Aquapilot hay un display con la posición de la tobera y la dirección en la que sale el chorro de propulsión. Debido a que el “VB Tenerife” tiene la propulsión a popa la aplicación de fuerzas es mayor que, por ejemplo el “VB Risbán”, que tiene propulsión a un tercio de la proa, haciendo que el barco tienda a bascular en sentido contrario hacia donde salga el chorro. Por ejemplo, si el Aquapilot está en posición 0° el chorro sale hacia la popa y el barco irá avante. Si el Aquapilot está en posición 30° el chorro saldrá hacia babor y el barco girará hacia babor por la Ley de Acción-Reacción y de Momentos de Fuerzas. Así mismo, en el propio display se exponen las revoluciones de la propia hélice y la carga que está soportando la misma.

Sabiendo la posición de la hélice y la carga o fuerza que da podemos saber cuánta tensión se aplicará al cabo de remolque (si se aplica) y con ello la carga a la que se someterá la maquinilla. A eso hay que sumarle la posibilidad de mal tiempo que pueda existir provocando mayor fuerza de tiro en el chigre o si el grado de disposición del cabo es igual o superior a 30° desde la horizontal del remolcador (es decir, desde la cubierta), sin contar con que una maniobra brusca que provoque una tensión repentina del cabo puede producir el hundimiento del propio remolcador.

También es importante el hecho de saber cuándo hay que realizar una maniobra y en que ángulo poner la hélice para conseguir el mayor tiro posible con el menor esfuerzo del motor. Un ejemplo es una maniobra en la que el remolcador tenga que acompañar a un buque pero al mismo tiempo deba acercarlo lentamente a tierra. Para ello una opción es realizar una diagonal, con un movimiento avante pero que el mismo remolcador tire de forma perpendicular al barco a remolcar. Esta forma podría producir un esfuerzo mayor sobre la maquinilla en función de qué ángulos se apliquen y qué fuerza se aplique también.

Por eso es importante recordar y saber bien cómo funciona el Aquamaster y como se aplican a la hora de una maniobra así como las precauciones que hay que tener

para no forzar en exceso la maquinilla y poner en peligro la integridad de ambos buques. [6]

## 5.2 Maquinilla de remolque o chigre-molinete de proa

La maquinilla o chigre es el elemento de remolque conformado por una bobina de cabo que gira en un sentido u otro en función de las órdenes que se transmitan desde los controles locales o del puente. En los remolcadores de propulsión ASD la de proa es la maquinilla más usada pues permite una mayor facilidad de realización de las maniobras. Como el “VB Tenerife” tiene dicha propulsión y maquinilla a proa, la estudiaremos a fondo.

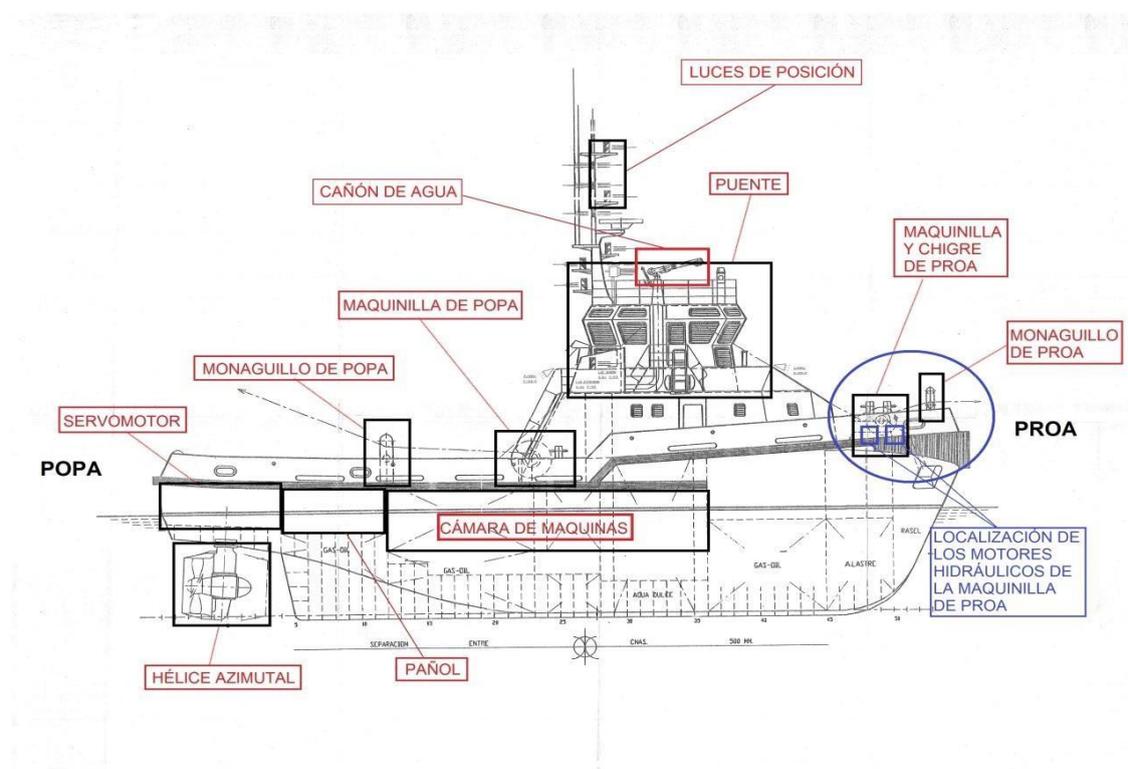


Ilustración nº 24 Localización del chigre de remolque en el VB Tenerife. Fuente: [5]

Como vemos en la *Ilustración nº 24*, esta vez nos encontramos en la proa del remolcador donde está la maquinilla, con sus motores y el monaguillo de proa.

La maquinilla de proa del “VB Tenerife” está conformada por una bobina o carretel de cabo de gran longitud accionada por un par de motores hidráulicos, ambos para arriar y ambos para izar girando en un sentido u otro, que funcionan mediante un circuito hidráulico que tiene su inicio en la sala de máquinas. Cuando ésta no está en uso está parada gracias a unos frenos situados en el extremo de los ejes de giro de los

motores que consisten en unos platos metálicos, que poseen muelles de gran fuerza, presionándose uno contra otro e impidiendo cualquier giro.



Ilustración n° 25 Maquinilla o chigre de proa del VB Tenerife. Fuente: Elaboración propia

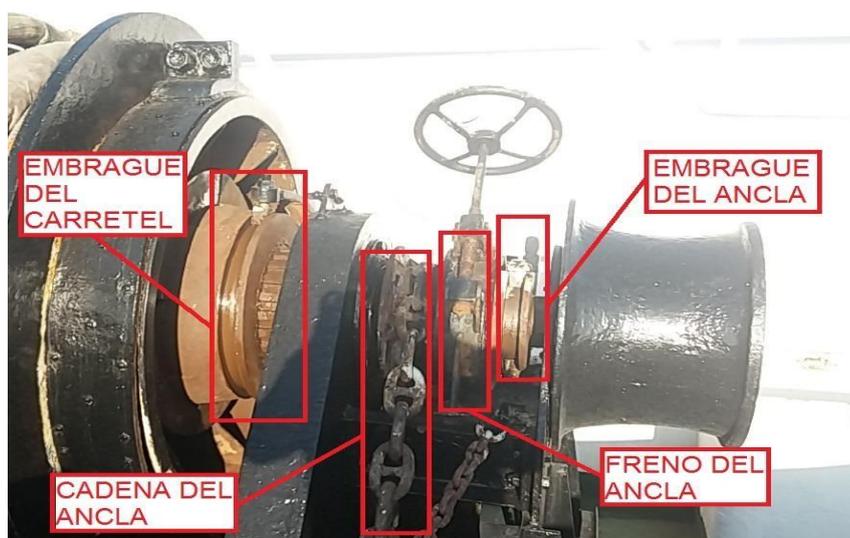
Cuando el chigre de proa no está en funcionamiento estos muelles le impiden girar. Si desde el puente o desde el mando *in situ* se transmite la orden de arriar cabo, el circuito hidráulico, es capaz de vencer la fuerza elástica de los muelles haciendo que dejen de hacer fricción contra el eje y dejándolo libre. Al mismo tiempo la apertura o cierre de una serie de válvulas redirigen el fluido hacia los motores hidráulicos, (Ilustración n° 26) haciendo que éstos giren en un sentido determinado o en otro.



Ilustración n° 26 Motores hidráulicos del chigre o maquinilla de proa. Fuente: Elaboración propia.

Este circuito de presión hidráulica suele ser de gran presión alcanzando los 250 bar en los latiguillos y motores. Esto acarrea algunos problemas de seguridad a la hora de su mantenimiento o uso por lo que hay que saber controlarla, manejarla y usarla durante las maniobras para no producir algún fallo en su estructura interna.

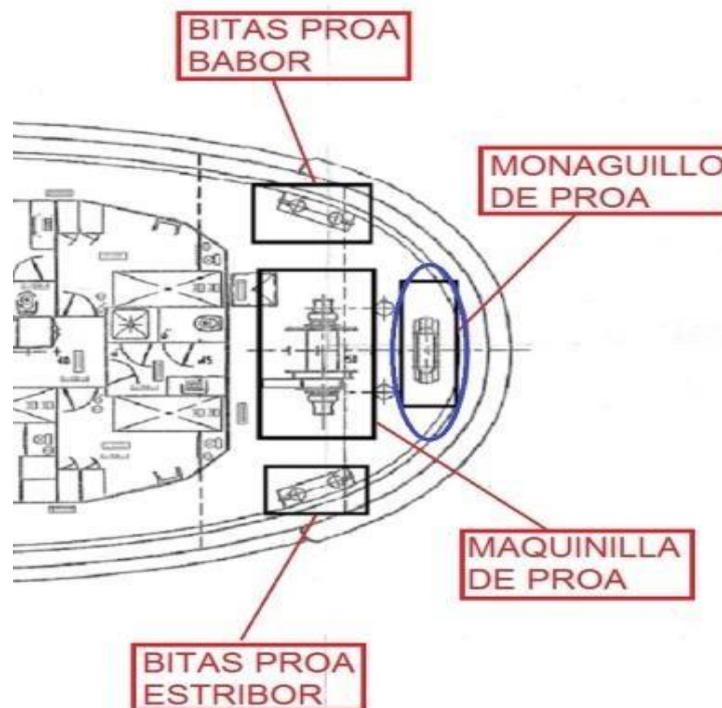
Incorporado en la maquinilla de proa está el sistema de izado y arriado de las anclas del barco (*Ilustración n° 27*). La maquinilla posee un embrague que va acoplado al carretel o bobina de cabo el cual lo hace girar cuando los motores hidráulicos están funcionando. Manualmente o hidráulicamente se puede desembragar lo que permite que el eje gire pero que no arríe o ice cabo. A continuación, se embragarían los ejes de las anclas y se liberarían del freno que poseen, que no es más que un tornillo con volante que aprieta una brida que hace fricción con el eje, asegurándolo así y evitando que las cadenas se muevan por las inclemencias del tiempo o el bamboleo del remolcador. De esta forma pueden subirse y bajarse las anclas. [7]



*Ilustración n° 27 Detalle del embrague del carretel y sistema de levado del ancla. Fuente: Elaboración propia.*

Frente a la maquinilla o chigre hay una estructura con un orificio (en el caso del “VB Tenerife”, es triangular) llamada *monaguillo* por la que pasa el cabo de remolque y el virador hasta el buque a remolcar. Su función es hacer de punto de apoyo al remolcador ya que la tarea que cumple este buque durante las maniobras no sería posible si no existiera un sitio donde bascular el cabo. Si no existiera, el cabo se saldría de la bobina y no se podría aplicar toda la fuerza necesaria para arrastrar el elemento que corresponda remolcar. Es lógico por tanto, que sea muy resistente y que sea capaz

de aguantar los tirones repentinos que puede ocurrir durante una maniobra, como un cambio brusco de dirección. Al lado de la maquinilla de proa están las bitas, elementos en los cuales están los cabos con los que el remolcador se amarra al muelle. Existen dos pares de bitas en la proa, un par a babor y otro par a estribor. En la *Ilustración n° 28* podemos verlo con más detalle.



*Ilustración n° 28 Localización del monaguillo de proa y las bitas.*

Fuente: [5]

### 5.2.1 Características de la maquinilla de proa.

- Tiro y velocidad: [7]
  - Fuerza de retención al freno: 100 Tn
  - Características dinámicas a diámetro interior
    - -Tiro 23 Tn a 14 m/min
    - -Tiro 10 Tn a 33 m/min
    - -Tiro 5.5 Tn a 58 m/min

- -Características a diámetro de 700 mm
  - Tiro 16.5 Tn a 20 m/min
  - Tiro 7 Tn a 46 m/min
  - Tiro 4 Tn a 81 m/min

La maquinilla de proa del remolcador tiene un tiro o una fuerza de retención al freno de 100 Tn. Esto quiere decir que los frenos de la misma son capaces de resistir una fuerza de tiro del cabo de 100 Tn sin permitir que el chigre gire y arríe cabo. ***Es importante diferenciar el tiro del remolcador del tiro de la maquinilla.*** El tiro es la fuerza que el remolcador es capaz de producir mientras remolca pero el tiro de la maquinilla es la fuerza que puede aplicarse a ésta sin que ceda. La fuerza de retención o tiro de una maquinilla debe ser superior al tiro del remolcador ya que la fuerza que se ejerce durante las maniobras en el cabo de tiro no es constante. En maniobras con mala mar la fuerza de tiro puede aumentar de repente y superar el tiro máximo del remolcador, por ello el de la maquinilla debe ser superior para poder soportar ese incremento instantáneo de fuerza. Ejemplo, el tiro del VB Tenerife es de 52 Tn pero la fuerza de retención al freno de su maquinilla de proa es de 100 Tn, margen más que suficiente para proteger la maquinilla. [7]

En función de los diámetros las maquinillas tienen más o menos fuerza de tiro. El diámetro interior es el diámetro exterior del eje de giro. Normalmente en los extremos de estos ejes, como se vio en la *Ilustración nº 25* suele ir el sistema de arriado e izado del ancla. Recogiendo cadenas la maquinilla puede aplicar una fuerza de 23 Tn recogiendo 14 m de cadena por minuto o una fuerza de 10 Tn recogiendo a 33 metros por minuto. En función de un diámetro de 700 mm (70cm), que es con el cabo de remolque colocado, puede tener una fuerza mayor o menor. Al igual que con el anterior ejemplo, la maquinilla puede tirar, mientras recoge cabo, 16.5 Tn a 20 metros por minuto. Esta variación de carga se da porque la fuerza aplicable es menor cuanto más hacia el exterior nos desplazamos del eje. [7]

El carretel principal tiene un embrague y un freno de bandaje adicional los cuales son accionados hidráulicamente por un circuito hidráulico que comienza en la sala de máquinas. La nuez de cadena tiene un embrague y un freno de bandaje que son accionados de forma manual. También posee un sistema de largado rápido actuando sobre los frenos de láminas hidráulicamente. [7]

## 5.2.2 Accionamiento de la maquinilla.

El accionamiento de las maquinillas (tanto proa como popa) es mediante una actuación hidráulica. Los controles transmiten una “señal” hidráulica a las correspondientes electroválvulas para hacer pasar el aceite por un lugar u otro hasta hacerla entrar por los motores hidráulicos, que girarán a la vez en un sentido o el contrario para arriar o virar cabo. Estos controles tienen su aceite en un pequeño tanque cuyo nivel hay que vigilar de forma constante pues si se gasta o no hay suficiente nivel no habrá órdenes que transmitir a los motores.

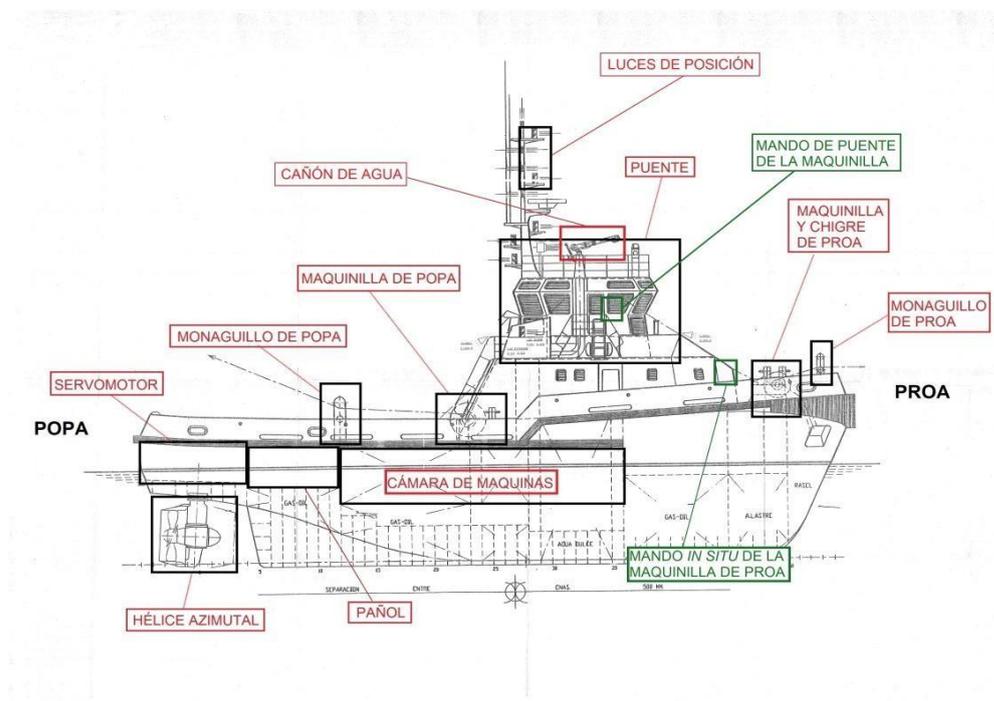


Ilustración n° 29 Localización de los mandos de accionamiento de la maquinilla.

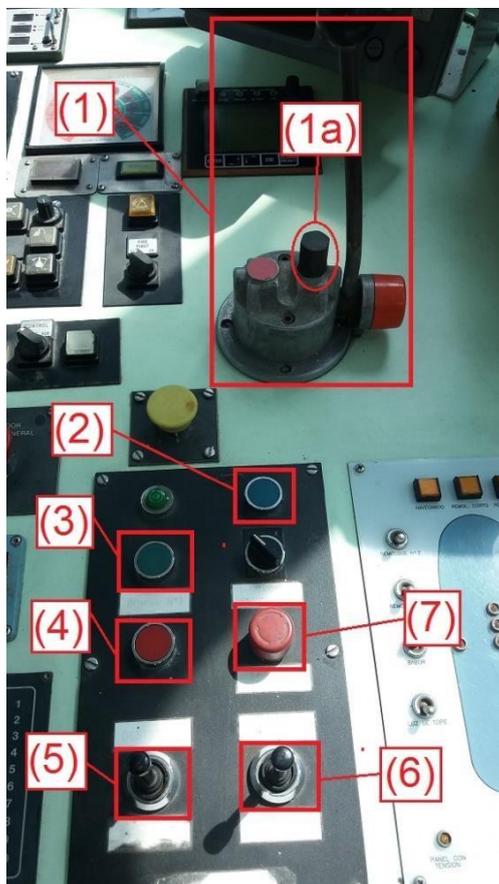
Fuente: [5]

- **Panel de mando:** Para el accionamiento del chigre-maquinilla hay previstos dos mandos hidráulicos, uno situado en el puente y otro situado *in situ*. (Ver *Ilustración n° 29*) Ambos mandos actúan sobre las bombas hidráulicas y estas lo hacen automáticamente sobre los frenos de discos, cuando viramos o desviramos el chigre por medio de la actuación hidráulica.

En la *Ilustración n° 30* podemos ver el mando del puente, que consiste en el **mando de actuación**, una palanca regulable (1), el **pulsador de encendido** del sistema de accionamiento de la bomba (2), el pulsador de marcha de la bomba (3) (recordemos que en la sala de máquinas les hemos dado corriente pero no las hemos encendido),

el *pulsador de apagado* de la bomba (4), la palanca de *frenado y desfrenado* (5), la palanca de *embragado-desembragado* (6) y la seta roja de *largado rápido* de emergencia.

La palanca regulable (1) es la que hace que el carretel de cabo gire hacia delante o hacia atrás más o menos rápido, moviendo aceite hidráulico que, mediante unas válvulas distribuidoras, llegan a las bombas y éstas hacen salir aceite en mayor o menor cantidad. Moviéndola avante, la maquinilla arría, y hacia atrás, recoge. Esta palanca tiene un tornillo regulador (1a) de cabeza hexagonal (en otros sistemas similares puede tener otra forma) que controla el flujo de fluido hidráulico al control de la maquinilla. Cuanto más suelto o más apretado esté, es decir, cuanto más elevado o más



*Ilustración n° 30 Mando de puente de la maquinilla de proa.*

**Fuente: elaboración propia.**

bajo esté ese tornillo, la palanca podrá moverse con mayor o menor amplitud permitiendo que el fluido que pasa a través de los motores hidráulicos sea mayor y así se consiga que el chigre se mueva con mayor o menor potencia, tirando con más o menos fuerza y moviéndose a más velocidad. El botón de encendido de la bomba (3) da

corriente al motor eléctrico de la bomba, encendiéndola y haciendo que recircule aceite a la espera de una orden, y el pulsador (4) es el pulsador de apagado de la bomba. El pulsador de actuación del mando (2), lo que hace es permitir mover la palanca regulable y que el aceite salga hacia los motores hidráulicos. Por mucho que se intente mover la palanca, si no se aprieta este pulsador, no habrá virado o arriado de cabo. La “seta” de color rojo (7), activa, cuando se pulsa, un largado rápido automático del cabo de remolque. Esto quiere decir, que si hay alguna emergencia, este pulsador hará que la maquinilla se desfrené por completo para que podamos arriar cabo rápidamente hasta que el cabo de seguridad se rompa, dejando libre al remolcador del objeto a remolcar.

En el caso de la maquinilla de proa hay dos palancas que nos permiten “frenarla o desfrenarla” (5) y otra palanca para “embragarla o desembragarla” (6): Estas acciones significan:

- **Frenarla:** consiste en mantener la maquinilla siempre frenada y que sólo pueda moverse cuando actúe sobre los frenos una presión hidráulica suficientemente grande como para vencer la fuerza elástica de los muelles. Generalmente la maquinilla está frenada siempre.
- **Desfrenarla:** significa quitar los frenos de la maquinilla mediante presión hidráulica, dejándola libre y que esta gire en función del movimiento del propio remolcador o de los mandos. Es un estado peligroso ya que el cabo es imprevisible pudiendo arriarse de repente o no arriarse a suficiente velocidad.
- **Embragar.** La maquinilla es el conjunto de carretel de cabo y el sistema de las anclas. El carretel posee un embrague que lo acopla al eje haciendo que gire si el eje también gira.
- **Desembragar:** Si se desembraga el eje del carretel entonces girará el eje pero no el carretel con el cabo.

Con las anclas pasa exactamente igual. Ambas tienen un freno y un embrague. Si se desembragan éstas no girarán con el giro del eje (el cual es su estado natural, por lo general no se usan las anclas a bordo de un remolcador). El freno es un freno de fricción que se aprieta contra su eje por medio de un tornillo de rosca. (*Ilustración n° 27*) [7]

En caso de que la bomba de la maquinilla de proa estuviera averiada, cambiando de forma manual una válvula de varias vías podría usarse el control de la maquinilla de

popa para el control de la maquinilla de proa y viceversa. Esto se verá más adelante con más detalle. [7]

Como se dijo anteriormente, la maquinilla de proa posee un control local, una palanca de control *in situ*, detrás de la propia maquinilla encerrado dentro de un compartimento estanco. Con este control local el tripulante encargado de hacer firme el buque con el remolcador puede controlar de forma manual el giro y la velocidad de la maquinilla solo moviendo la palanca hacia delante y hacia atrás. También posee el tornillo regulador que existe en el mando del puente. Es útil si, en casos de tempestad, mala mar o emergencia, todos los tripulantes (a excepción del Patrón del buque) están en cubierta realizando la maniobra y no haya un marino controlando la maquinilla desde el puente. [7]

### 5.2.3 Lubricación de elementos.

Para el buen funcionamiento de los elementos que conforman la maquinilla y los elementos hidráulicos, es necesaria una buena lubricación que tiene que llevarse a cabo cada cierto tiempo en varios elementos.

- **Reductores:** Los reductores son elementos que van acoplados al motor hidráulico que reducen la velocidad de giro de este para que el giro del carretel o bobina de cabo no sea tan rápida. Para el buen funcionamiento de estos elementos es necesario que el nivel de aceite llegue hasta el adecuado, por defecto. El exceso de aceite es sinónimo de calentamiento y la falta del mismo produce problemas de lubricación, causando serios daños irreparables en ejes, rodamientos y demás elementos móviles del chigre.
- **Carretel:** el carretel es el elemento de la maquinilla en el que va enrollado el cabo de remolque. Para la lubricación del carretel debe introducirse aceite lubricante por el tapón correspondiente y asegurarse de que el nivel sea adecuado.
- **Embragues:** Los embragues son los que acoplan el eje de giro de la maquinilla tanto al carretel de cabo como a las anclas. Para evitar sobrecalentamiento y que se realice un buen acople (y también para facilitararlo) se debe mantener bien lubricado y engrasados ambos embragues.

- **Cilindros de accionamiento:** Los cilindros de accionamiento son aquellos que, mediante acción hidráulica, mueven los pivotes y palancas que embragan o desembragan los elementos al eje de giro.
- **Ejes:** Es especialmente importante engrasar los cojinetes y ejes de la maquinilla en general para evitar rozamiento, calentamiento y, como consecuencia, un gripado de la maquinilla que durante una maniobra puede resultar totalmente catastrófico poniendo en peligro la integridad física del buque. [7]

#### 5.2.4. Maniobra con la maquinilla de proa.

Cuando el remolcador se ve obligado a usar la maquinilla de proa (por lo general en maniobras de atraque o desatraque suele usarse la proa) el procedimiento a seguir es el siguiente:

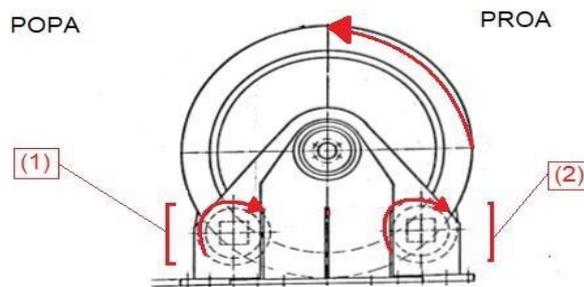
- I. Asegurarse de que la maquinilla está embragada, de forma que gire sin problema cuando se le aporte presión hidráulica.
- II. Acercarse al buque a remolcar en función de las órdenes del práctico. Por lo general, el remolcador se hace firme por una de las aletas o por las amuras.
- III. Uno de los tripulantes del buque lanza una sirga que es amarrado al *virador* por el **MECAMAR** o **MARINERO DE CUBIERTA**. El *virador* está enganchado al cabo de remolque por un grillete, y los tripulantes del buque comienzan a subirlo una vez esté todo asegurado.
- IV. Desde el puente o el control *in situ* deberá irse arriando cabo hasta que éste llegue a la cubierta del buque a remolcar y el remolcador esté firme. Por lo general, es el **JEFE DE MÁQUINAS** quien maniobra con la maquinilla según las órdenes del **PATRÓN** o **CAPITÁN** y es éste el que maniobra con el remolcador.
- V. Conforme se vaya avanzando y acercando al muelle, el remolcador deberá maniobrar de una forma u otra, arriando o izando cabo mediante el control para no provocar un tirón que varié el rumbo del buque. Una vez que el buque esté amarrado se procede a soltar el cabo de remolque y a izar completamente el cabo

## 5.2.5 Planos

A continuación, se presentarán una serie de planos para entender mejor el funcionamiento de la maquinilla.

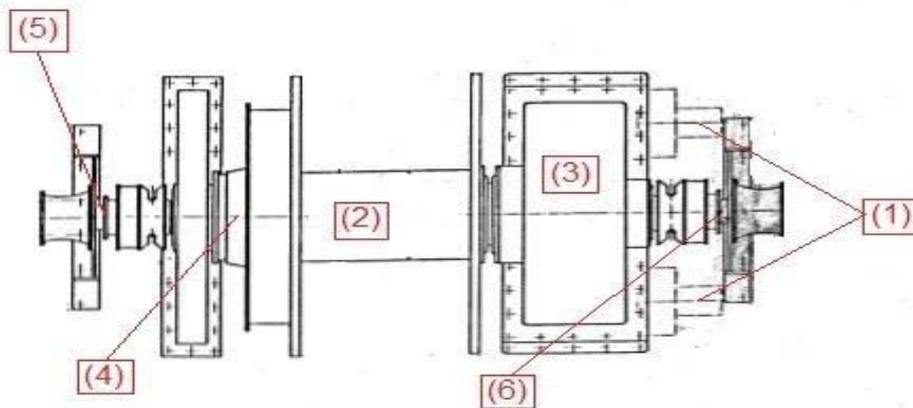
### 5.2.5.1 Maquinilla de proa

Fijándonos en la *Ilustración n° 31* podemos ver a la maquinilla de proa de forma transversal. Vemos los motores hidráulicos (1) y (2) los cuales están girando hacia la derecha. Aplicando conocimientos sobre trenes de engranajes, si tenemos un engranaje que gira en un sentido, el engranaje que tenga acoplado girará en sentido contrario, por tanto, cada vez que los motores hidráulicos estén girando hacia la derecha la maquinilla estará **VIRANDO** (recogiendo cabo), y cuando los motores estén girando hacia la izquierda la maquinilla estará **LARGANDO** (Soltando cabo).



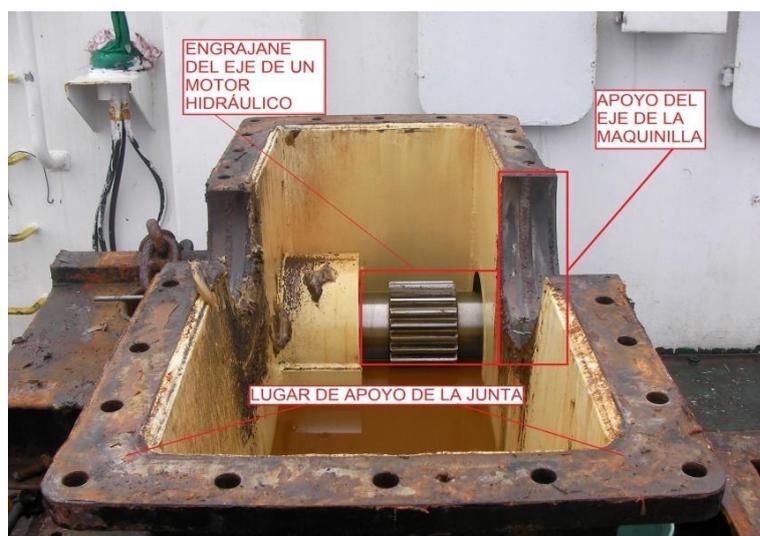
*Ilustración n° 31 Esquema de la maquinilla de proa. Fuente: [7]*

A continuación veremos un plano de planta de la maquinilla para conocer el lugar de los embragues, ver el carretel y la caja de engranajes que es la que mueve el carretel.



*Ilustración n° 32 Esquema de planta de la maquinilla. Fuente: [7]*

En la *Ilustración n° 32* podemos ver una vista aérea (de planta) de la maquinilla de proa en la que podemos apreciar los *motores hidráulicos* (1), el carretel en el que va enrollado el *cabo de remolque* (2), la *caja de engranajes* (3) donde se encuentran los extremos de los motores hidráulicos que poseen (cada uno) un engranaje de dientes rectos que engranan con otro de gran tamaño que está introducido en el eje y es el que lo hace girar. También podemos ver el embrague del carretel que es el que lo acopla al eje permitiéndole girar (4) y los embragues de cada una de las anclas, (5) babor y (6) estribor.



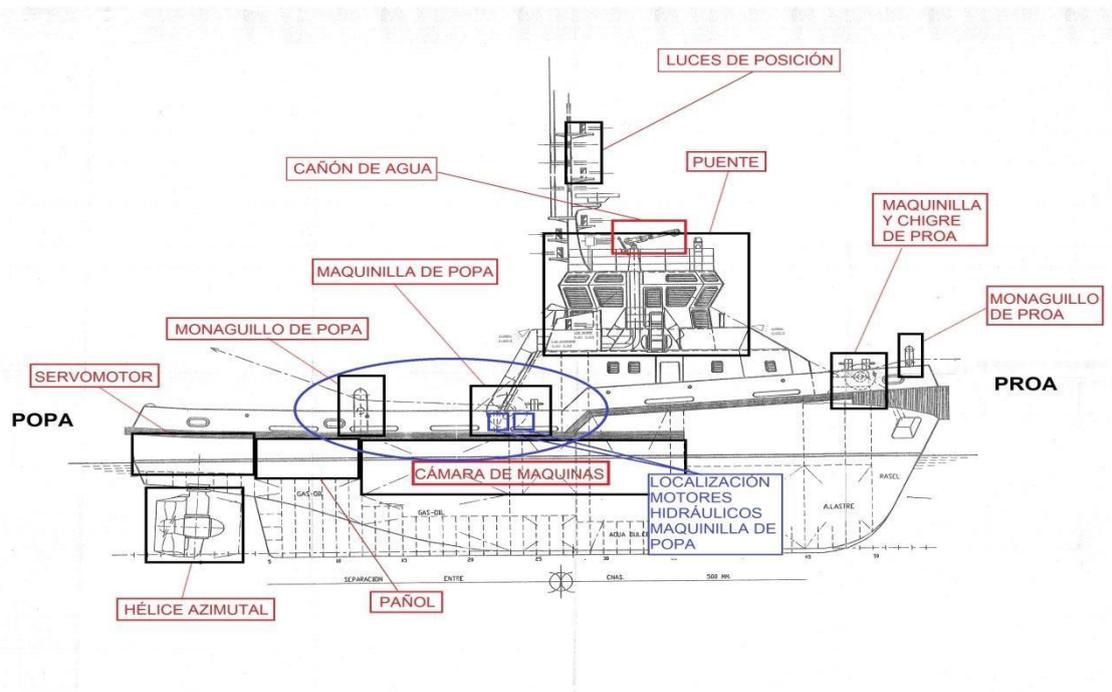
*Ilustración n° 33 Interior de la caja de engranajes de la maquinilla. Fuente: Foto cedida.*

En la *Ilustración n° 33* se puede observar la caja de engranajes de la maquinilla desmontada y uno de los ejes de los motores hidráulicos. Hay dos ejes con engranajes, uno en cada extremo de la caja de engranajes. En este espacio iría engranado un engranaje más grande que es el que mueve el eje de la maquinilla. Los dos motores hidráulicos son los encargados de girar a la vez para mover dicho engranaje.

Los ejes de los motores hidráulicos están apoyados en la estructura y, para no sufrir un desgaste excesivo, tienen un rodamiento o cojinete de bolas. El eje de la maquinilla también va apoyado en esta estructura, concretamente en las hendiduras de los laterales en los cuales va puesto un cojinete antifricción que evita que se desgaste tanto el eje del chigre como la propia estructura.

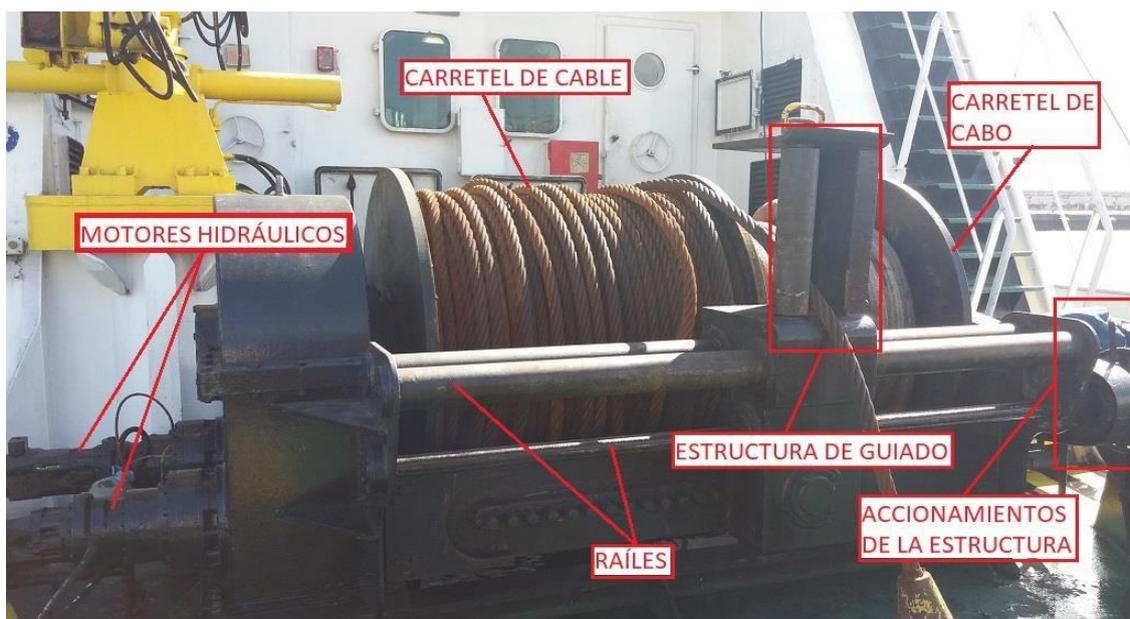
### 5.3 Maquinilla o chigre de remolque de Popa

En la popa, situada tras la ciudadela o superestructura del buque se encuentra la maquinilla de popa, sobre la zona en la que se encuentra la sala de máquinas. Observando la *Ilustración n° 34* podemos ver donde en qué parte del remolcador nos estamos enfocando ahora.



*Ilustración n° 34 Localización de la maquinilla o chigre de popa en el barco. Fuente: [5]*

La maquinilla de popa del remolcador “VB Tenerife” es ligeramente diferente en aspecto y funcionamiento a la de proa. Aunque cumple exactamente la misma función sus usos están destinados a otro tipo de acciones como el remolque de bloques o diques flotantes a través del mar. Funciona con dos motores hidráulicos, igual que la maquinilla de proa pero posee dos mitades diferenciadas, una con cabo y otra con cable metálico. Debido a las grandes tensiones que pueden producirse en los remolques en alta mar, esta maquinilla está construida de esta manera, para usar cables en alta mar que son más resistentes que un cabo. Un cabo podría sufrir daños, partirse o deformarse, aunque a veces se coloca un pequeño tramo de cabo entre el elemento a remolcar y el cable para que sea este el que se estire en caso de un tiro excesivo.



*Ilustración n° 35 Maquinilla de popa del VB Tenerife. Fuente: Elaboración propia.*

En la *Ilustración n° 32* puede apreciarse a la izquierda los dos motores hidráulicos, el carretel de cable metálico que está en la parte izquierda de la maquinilla y el carretel de cabo en la parte derecha. En el centro de la maquinilla existe una estructura de guiado del cable de remolque compuesta por dos cilindros que aprisionan el cable y que se desplaza mediante unos railes gracias a unos engranajes que posee dicha estructura. Mediante unos mandos mecánicos, esta estructura puede desplazarse hasta llevarse delante del carretel de cable. Como no se suele usar a menudo en el ámbito de las maniobras en puerto, suele estar siempre protegida de la intemperie pero siempre se realiza mantenimiento para mantenerla en buen estado de funcionamiento, como la revisión de latiguillos o el engrase de los engranajes y embragues.

### 5.3.1 Características de la maquinilla de popa

- Tiro y velocidad: [8]
  - -Fuerza de retención al freno: 100 Tn
  - Características dinámicas a diámetro interior
    - Tiro 23 Tn a 14 m/min
    - Tiro 10 Tn a 33 m/min
    - Tiro 5.5 Tn a 58 m/min

-Características a diámetro de 700 mm

- Tiro 16.5 Tn a 20 m/min
- Tiro 7 Tn a 46 m/min
- Tiro 4 Tn a 81 m/min

-Características dinámicas de la última capa (D= 900mm)

- Tiro 12.5 Tn a 26 m/min
- Tiro 4 Tn a 81 m/min
- Tiro 3 Tn a 108 m/min

La capacidad del carretel de la maquinilla de popa es de 700 m de cabo de un diámetro de 45 mm o de 120 m con una estacha con un diámetro de 80 mm más un cable de 20 m. Al igual que la maquinilla de proa, la bomba correspondiente consume una potencia de 114 kW. [8]

En función de los diámetros las maquinillas tienen más o menos fuerza de tiro. El diámetro interior es el diámetro exterior del eje de giro. Normalmente en los extremos de estos ejes suele ir el sistema de arriado e izado del ancla. Recogiendo cadenas la maquinilla puede aplicar una fuerza de 23 Tn recogiendo 14 m de cadena por minuto o una fuerza de 10 Tn recogiendo a 33 metros por minuto. En función de un diámetro de 700 mm (70cm), que es con el cabo de remolque colocado, puede tener una fuerza mayor o menor. Al igual que con el anterior ejemplo, la maquinilla puede tirar, mientras recoge cabo, 16.5 Tn a 20 metros por minuto. Esta variación de carga se da porque la fuerza aplicable es menor cuanto más hacia el exterior nos desplazemos del eje. [8]

### **5.3.2 Accionamiento de la maquinilla**

Del mismo modo que la maquinilla de proa, la de popa tiene dos controles, uno en el puente y otro *in situ*. Los dos mandos actúan sobre las bombas hidráulicas que actúan automáticamente en los frenos hidráulicos, desfrenando la maquinilla por medio de presión hidráulica. En la *Ilustración nº 36* podemos ver la localización de estos mandos.

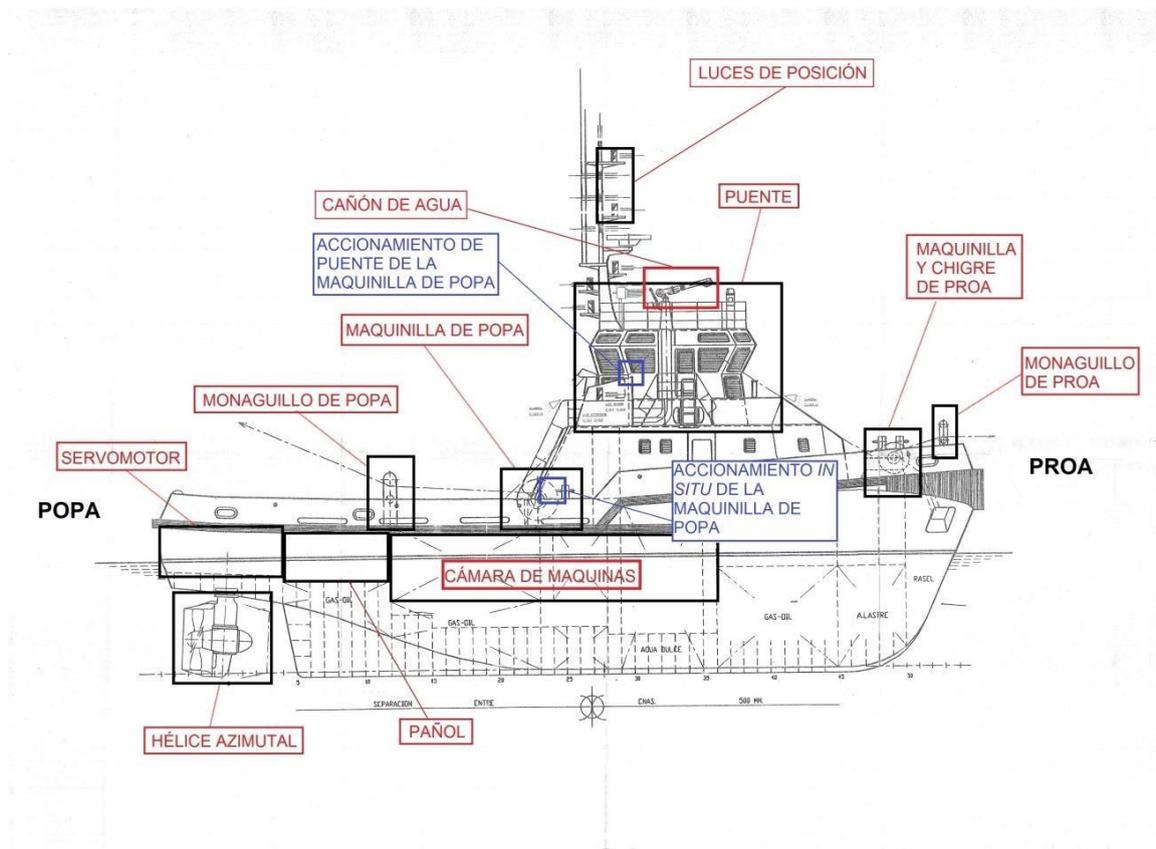


Ilustración n° 36 Localización de los accionamientos de la maquinilla de popa. Fuente: [5]

Observando la Ilustración n° 37, el mando de puente posee casi los mismos controles que la proa: el mando de accionamiento (1), con su tornillo de regulación (1a), el pulsador de encendido de la bomba (2) con su pulsador de paro (3) y una seta de



Ilustración n° 37 Mando de puente de la maquinilla de popa  
Fuente: Elaboración propia

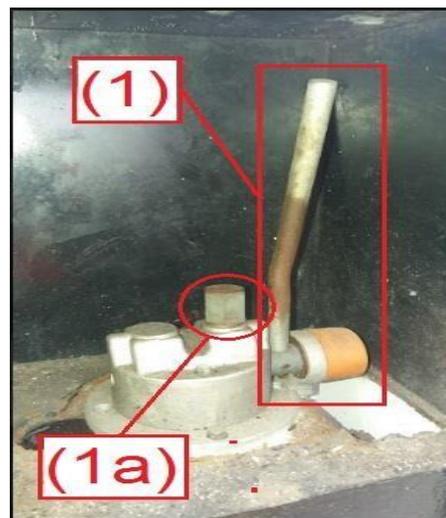


Ilustración n° 38 Mando in situ de la maquinilla de popa  
Fuente: Elaboración propia

largado rápido (4). En la Ilustración n° 38 podemos ver el mando de accionamiento in

*situ* (1) y el tornillo regulador (1a). La seta de largado rápido en la maquinilla de popa está para ser usada en dos ocasiones:

- **Cuando los equipos están bien.**

Si se diera el caso en el que hubiera que largar cabo de forma repentina y urgente, si los equipos están bien se deberá apretar el pulsador de emergencia de largado rápido y se accionará el mando en la posición de desvirar cabo (arriar).

Un ejemplo puede ser que el buque que se está remolcando está hundiéndose y no hay tiempo de solar el cabo.

- **Cuando no se dispone de bombas hidráulicas, motores ni corriente.**

Para estos casos se dispone de un acumulador de presión que permite aportar presión hidráulica una vez se aprieta el pulsador de largado rápido, desfrenando la maquinilla.

### 5.3.3 Lubricación de elementos.

Para el buen funcionamiento de los elementos que conforman la maquinilla y los elementos hidráulicos, es necesaria una buena lubricación que tiene que llevarse a cabo cada cierto tiempo en varios elementos.

- **Reductores:** Los reductores son elementos que van acoplados al motor hidráulico que reducen la velocidad de giro de este para que el giro del carretel o bobina de cabo no sea tan rápida. Para el buen funcionamiento de estos elementos es necesario que el nivel de aceite llegue hasta el adecuado, por defecto. El exceso de aceite es sinónimo de calentamiento y la falta del mismo produce problemas de lubricación, causando serios daños irreparables en ejes, rodamientos y demás elementos móviles del chigre.
- **Carretel:** el carretel es el elemento de la maquinilla en el que va enrollado el cable y el cabo de remolque.
- **Embragues:** Los embragues son los que acoplan el eje de giro de la maquinilla. En el caso de esta maquinilla es importante debido a que un embrague u otro hace mover una parte del carretel u otra.
- **Ejes:** Es especialmente importante engrasar los cojinetes y ejes de la maquinilla en general para evitar rozamiento, calentamiento y, como consecuencia, un

gripado de la maquinilla que durante una maniobra puede resultar totalmente catastrófico poniendo en peligro la integridad física del buque.

### 5.3.4 Maniobras con la maquinilla de popa

En buques de propulsión ASD (*Azimuthal Stern Drive o Propulsión Azimutal a Popa*), durante las maniobras en puerto suelen ir equipados o usar la maquinilla o chigre de proa pues es más sencillo maniobrar así. En otros buques con propulsión azimutal a un tercio de la proa la maquinilla suele ir equipada en la popa porque tiene la fuerza en el extremo opuesto del buque. Es por eso que en el “VB Tenerife” la maquinilla de popa no se usa durante maniobras de puerto, pero si se usa para remolques que requieran largas distancias como el transporte de gabarras, bloques flotantes... Hay varios elementos importantes distintos de la maquinilla de proa que hay que diferenciar.

- **Pata o pie de gallo:** Es un elemento en forma triangular con tres orificios. En uno de estos tres orificios va enganchado el cable mediante un grillete y en los otros dos orificios los cables/cabos que dan al buque a remolcar.
- **Grillete:** Los grilletes son unos elementos de unión desmontable que unen el extremo del cable de remolque y el triángulo de remolque o pata de gallo. El grillete va introducido en la galga del cable de remolque y el pasador del grillete va metido en el agujero del triángulo de remolque. A veces entre el grillete y el pie de gallo suele ir un cabo amortiguador pues si se ejerce una tensión excesiva el cabo es capaz de aumentar su longitud ligeramente evitando así la rotura o

deformación del cable. Los grilletes pueden ser de varios tamaños, dependiendo del remolque que se vaya a efectuar o si el buque a remolcar es más o menos pesado.

- **Monaguillo:** el monaguillo es una estructura que se sitúa delante de la maquinilla por la que se introduce el cable/cabo para que éstos tengan un punto de apoyo y el remolcador consiga algo de tracción. La maquinilla de proa también tiene uno. Este monaguillo en



Ilustración nº 39 Monaguillo de popa.  
Fuente: Elaboración propia

particular tiene dos agujeros distintos, uno para el gancho de remolque, explicado más adelante, y otro para la maquinilla de popa. (Ilustración n° 39). En la Ilustración n° 40 podemos ver la localización del monaguillo de popa.

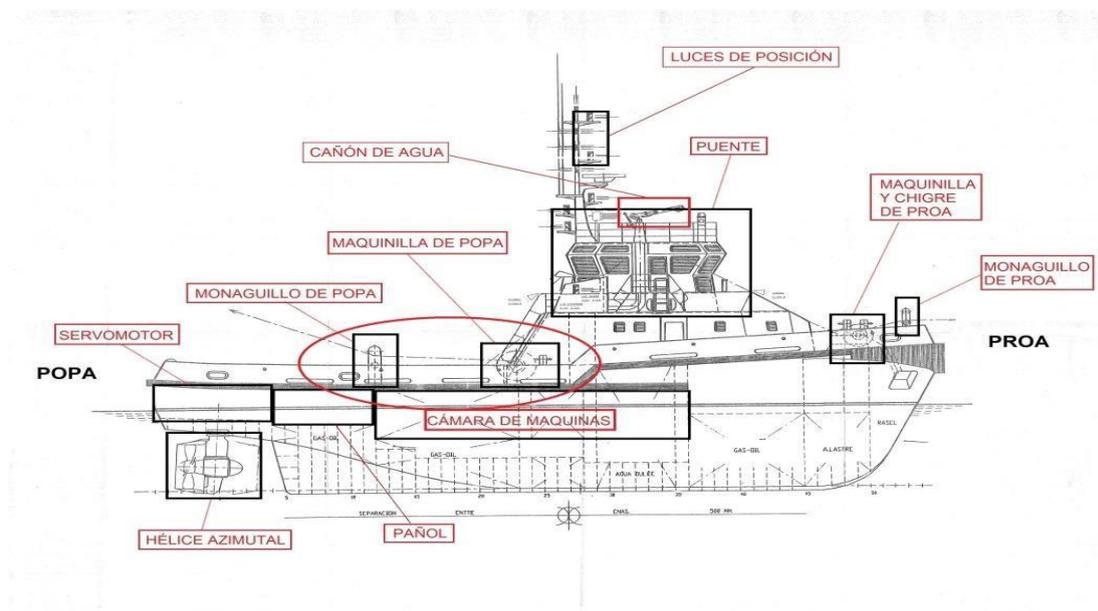


Ilustración n° 40 Localización del monaguillo en la región de maniobra de popa. Fuente: [5]

La maniobra con la maquinilla de popa consiste en, básicamente, recibir del buque, gabarra o dique flotante, dos cabos o cables que se enganchan a los dos aligeramientos correspondientes de la pata de gallo. Los otros extremos suelen estar firmes a ambas bandas del elemento flotante a remolcar. De esta forma el remolcador puede ir despacio y remolcando de forma segura usando el monaguillo como punto basculante del cable.

Es más efectivo usar este conjunto de elementos que usar solo un cable directamente sobre el artefacto flotante. Así se reducen esfuerzos estructurales innecesarios y es más estable remolcar en malas condiciones climáticas que si solo se tuviera una conexión directa.

Como es lógico suponer, llevar a cabo esta operación lleva tiempo y esfuerzo por lo que no es rentable usar esta maquinilla en maniobras portuarias. No obstante, el remolcador “VB Risbán” es un remolcador que usa la maquinilla de popa pero está diseñado para realizar maniobras en puerto con ella. Más adelante se explicará con más detalle el uso en la maniobra de este remolcador.

### 5.3.5 Planos

A continuación, veremos unos planos de la maquinilla o chigre de popa que nos ayudarán a entender un poco mejor su funcionamiento.

#### 5.3.5.1 Maquinilla de popa

En la *Ilustración n° 41* podemos ver un perfil de frente de la maquinilla o chigre de popa del remolcador “VB Tenerife”. En primer lugar, tenemos los **motores hidráulicos** (1) cuyos ejes entran en la **caja de engranajes** (2) donde se encuentra, al igual que la maquinilla de proa, un gran engranaje o rueda dentada la cual es movida por estos motores. Este engranaje es el que mueve el eje central de la maquinilla y la que permite su giro. También se pueden ver los **dos carretes** (3) y (4) siendo el (3) el de **cable** y el (4) el de **cabo**. En el extremo de la derecha tenemos los **mandos mecánicos** (5) que permiten desplazar la estructura de guiado (6) a lo largo de los **raíles** (8). Esta estructura de guiado tiene en su parte de abajo un engranaje que se apoya en los **vástagos** (7). Cuando el raí correspondiente gira, este engranaje gira también y permite a la estructura de guiado desplazarse a lo largo de la maquinilla.

En la *Ilustración n° 42* vemos un detalle de la estructura de guiado que está en la maquinilla. El (1) es la **estructura de guiado**, el (2) es el engranaje con el que dicha estructura puede desplazarse apoyándose en **los vástagos** (3). En la *Ilustración n° 42* se puede apreciar que la estructura solo se desplaza por delante del carretel de cable. Esto es porque dicho elemento está diseñado para hacer de punto de apoyo al cable. El cabo de remolque se apoya en el monaguillo cuando se realizan maniobras con él aunque el cable también se apoya muchas veces en el monaguillo.

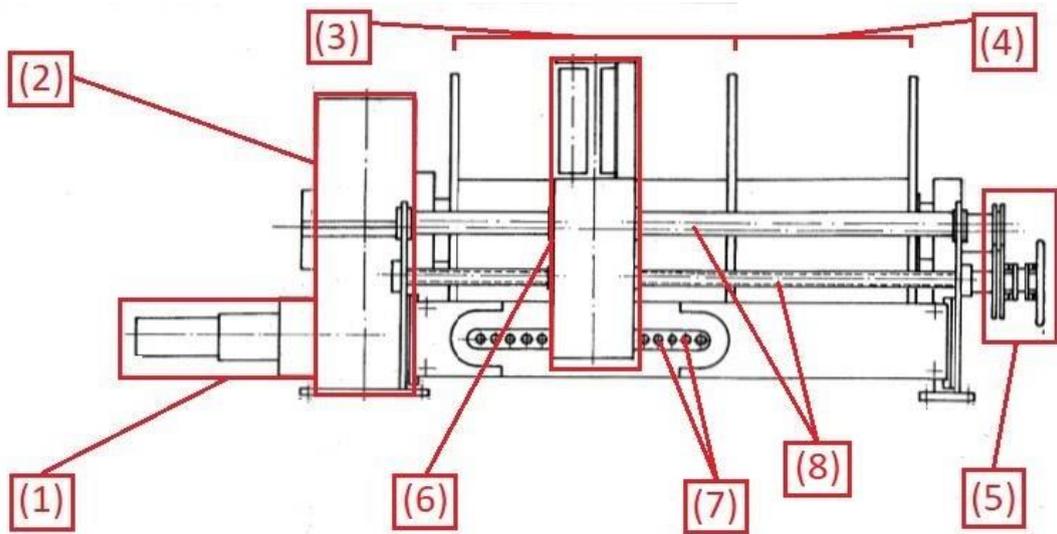


Ilustración n° 41 Plano de frente de la maquinilla de popa. Fuente: [8]

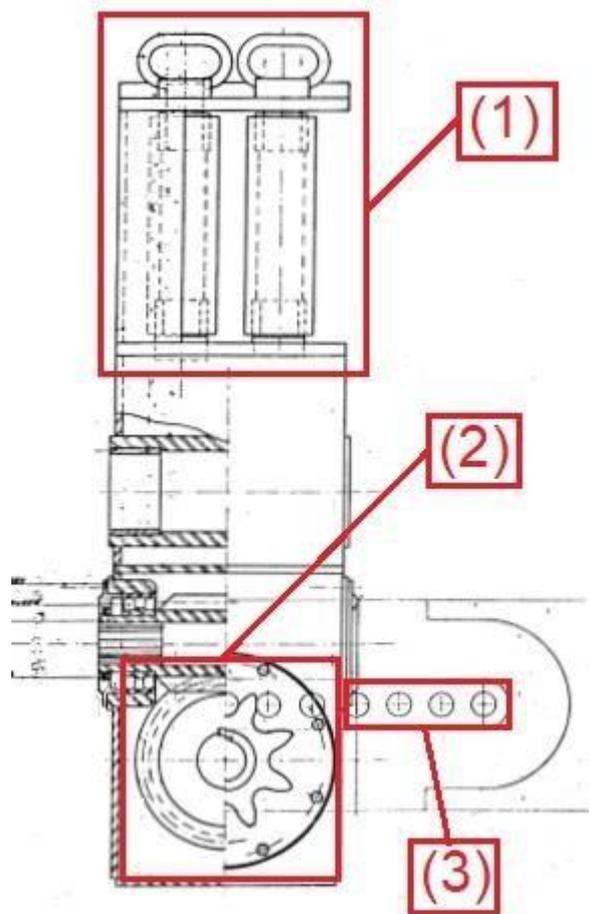


Ilustración n° 42 Estructura de guiado y su engranaje apoyado en los vástagos. Fuente: [8]

## 5.4 Sistema hidráulico de las maquinillas.

Ya hemos hablado de cómo funcionan las maquinillas, sus controles, mandos de accionamiento y motores hidráulicos, pero ahora hay que saber qué mueve todo este sistema. Para estudiar más a fondo el sistema oleohidráulico de las maquinillas debemos volver a la sala de máquinas.

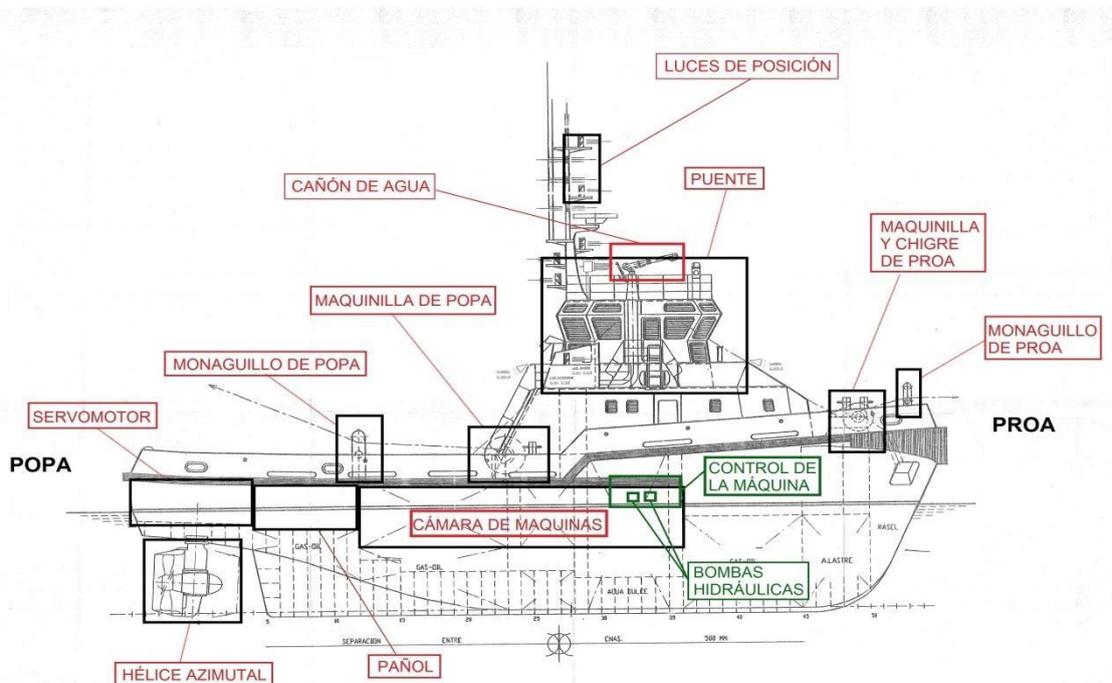


Ilustración n° 43 Localización de la sala de máquinas en el VB Tenerife. Fuente: [5]

Los elementos principales que se van a estudiar en este apartado son: las bombas hidráulicas, las válvulas de distribución, las válvulas de maniobra/accionamiento y todo el accionamiento hidráulico que hay desde los controles del puente o *in situ* hasta la salida de aceite de las bombas. En el “VB Tenerife”, las bombas están situadas en el control, detrás del pupitre y bajo los compresores (Ilustraciones n° 43 y n° 44). Estas bombas succionan aceite directamente del tanque de aceite hidráulico del buque situado también en el control.

A continuación (Ilustración n° 44) se mostrará un pequeño esquema para saber por dónde nos vamos a mover a la hora de estudiar el sistema hidráulico. Vamos a centrarnos en el control de la sala de máquinas pues ahí se encuentra todo el sistema de maniobra, accionamiento, bombas de las maquinillas, tanto de la de popa como de la de proa.

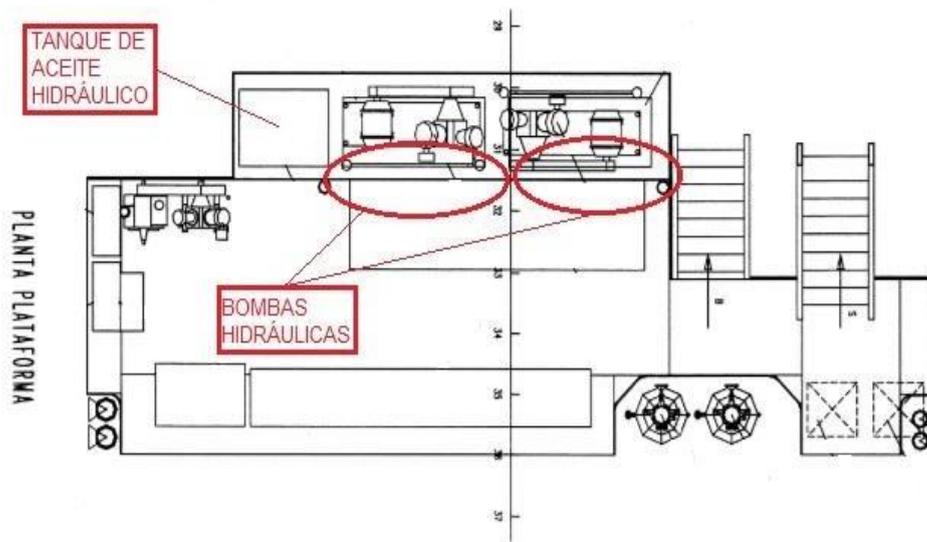


Ilustración nº 44 Plano del control con la localización de las bombas y el sistema hidráulico.  
Fuente: [5]

Justo encima de estas bombas están las válvulas y tuberías que se encargan de la distribución y control de todo el fluido hidráulico.

#### 5.4.1 Bombas hidráulicas

Las bombas del “VB Tenerife” son electrobombas centrífugas de caudal variable. En la bomba existe una hélice que al girar impulsa el fluido en una dirección generando presión, y al mismo tiempo, mediante válvulas se regula el caudal que entra en la bomba y el que sale, es decir, el caudal de trabajo. Como es una electrobomba, hay dos partes diferenciadas en el conjunto de la misma: el cuerpo de la bomba y el motor eléctrico. Nosotros nos vamos a centrar principalmente en el cuerpo de la bomba.



Ilustración nº 45 Electro bomba hidráulica. Fuente: Elaboración propia.

El motor eléctrico es alimentado por la electricidad generada por uno de los auxiliares y hace rotar un eje que es que el mueve la hélice en el interior de la bomba. Este motor tiene par y potencia suficiente para que la bomba sea capaz de suministrar una presión de trabajo de 250 bar aunque puede llegar a una presión de trabajo máxima de 420 bar. Es capaz de girar a 2800 rpm (revoluciones por minuto) aportando a esta velocidad un caudal de 280,5 l/min de aceite y consumiendo una potencia de 114.3 kW. El cuerpo de la bomba posee un filtro de aceite para asegurarse de que la pureza del mismo es adecuada, teniendo el cuerpo de la bomba un peso total de 63 kg.

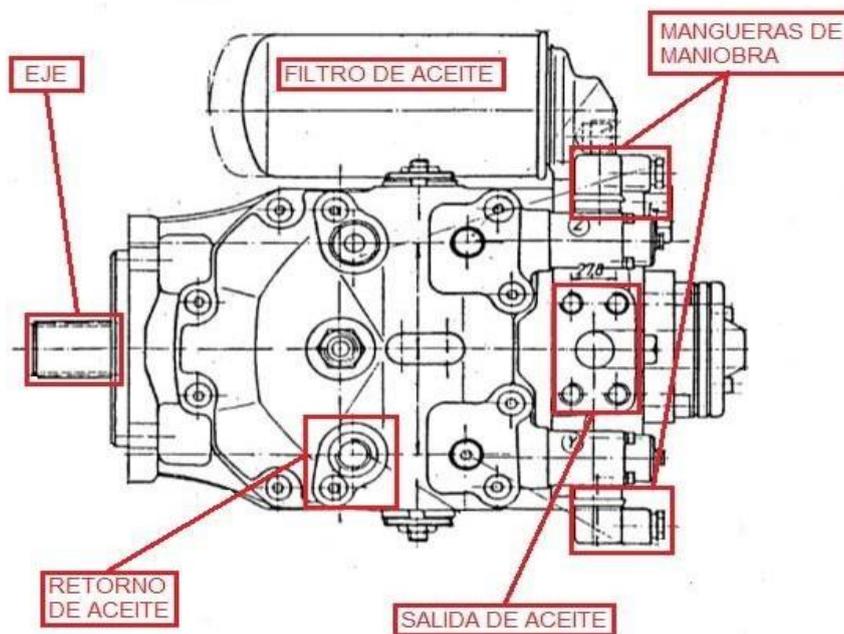


Ilustración n° 46 Esquema básico de la bomba hidráulica. Fuente: [8]

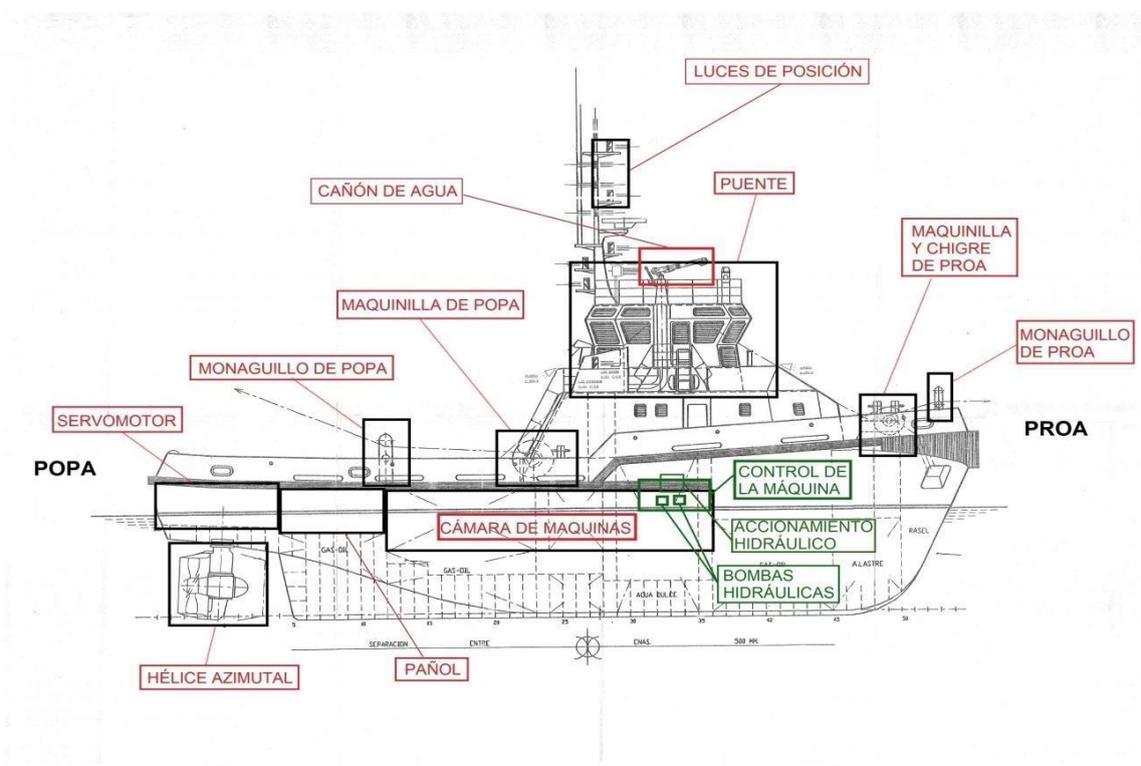
En la *Ilustración n° 46* podemos ver un detalle de la bomba. Podemos ver el *eje*, movido por el motor eléctrico. Este eje, mueve dentro unas aletas que al girar a gran velocidad generan una succión y un movimiento de fluido considerable con fuerza suficiente para generar muchísima presión. El aceite es succionado desde el *tanque* (recordemos que está en el control) y de ahí pasa al interior de la bomba por una entrada que está por el lado posterior de la misma. Entonces, pasa por el *filtro* y de ahí a la cámara de la bomba donde el aceite sale impulsado por la *salida* hasta una válvula distribuidora que hace que entre por un lado u otro de los motores

Existen dos salidas/entradas de aceite a las maquinillas desde la bomba, una de las cuales es a través de un latiguillo y la otra a través de una tubería. En *Ilustración n° 46* las partes señaladas como *retorno de aceite* y *salida de aceite*, cada una es tanto de

salida como de retorno, pero se ha señalado así para simplificar el esquema. Como se verá más adelante, dependiendo del sentido de giro de la maquinilla el aceite saldrá por uno u otro y volverá por uno u otro. Dos mangueras que entran dentro del cuerpo de la bomba, las llamadas *mangueras de maniobra*, son las que hacen que salga más o menos aceite y por una salida u otra. Estas mangueras tienen al final unas válvulas que se accionan hidráulicamente desde los mandos del puente o *in situ* de las maquinillas y se abren más o menos para dejar pasar un caudal mayor o menor de aceite. Por eso a esta bomba se le llama *bomba de caudal variable*.

#### 5.4.2 Accionamiento y distribución del sistema hidráulico de las maquinillas.

Probablemente, esta es la parte más compleja de todo el sistema hidráulico ya que existen muchas tuberías, válvulas, controles, etc. Empezaremos este apartado hablando de las válvulas de maniobra que regulan el caudal de aceite que sale de la bomba y acabaremos en los motores hidráulicos. En las *Ilustraciones n° 48 y n° 49* se ilustrarán los elementos principales del accionamiento. En la *Ilustración n° 47* se muestra la localización de los elementos.



*Ilustración n° 47 Localización del accionamiento y las bombas hidráulicas. Fuente: [5]*

El circuito hidráulico que llega hasta la sala de máquinas desde ambos mandos se encuentra (para cada maquinilla) con tres válvulas distintas, las llamadas *válvulas de*

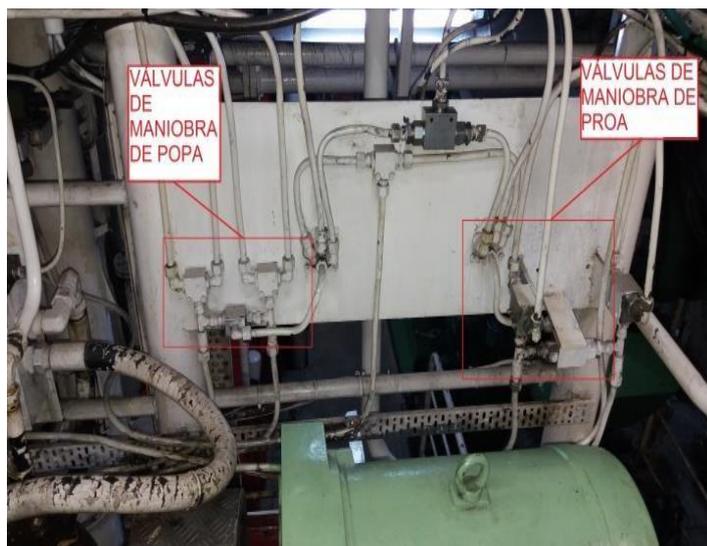


Ilustración n° 48 Válvulas de maniobra.

Fuente: Elaboración propia

**maniobra** (1) (Ilustración ° 49), pero comunes las tres a ambos mandos. En dos de las válvulas hay tres vías: por dos de ellas entran las tuberías que vienen desde los mandos (una para el de puente y una para el mando *in situ*) y por la otra sale la tubería que va directamente a la bomba, a través de las **mangueras de maniobra** (2). En función de cuanto se aumente o disminuya el ángulo de abertura del mando se aplicará mayor o menor presión a cada una de estas válvulas, las cuales mandarán presión a la **bomba** (3) por sus respectivas mangueras para aumentar o disminuir el caudal de aceite. Cuando el aceite sale de la bomba a través de las **descargas/retornos** (4) pasa por una **válvula distribuidora de cuatro vías y dos posiciones** (5) que envía el aceite a los **motores hidráulicos** (6). En su estado normal de funcionamiento, la válvula usa dos vías una de las cuales es para enviar aceite por un lado de los motores y la otra para enviar aceite al otro. Así es como se consigue que los motores giren hacia un lado o hacia otro.

La tercera válvula de tres vías tiene dos vías conectadas a las tuberías de las otras dos válvulas que van directas a la bomba. Esta tercera válvula no tiene conexión directa con la bomba, pero tiene conexión con el sistema de **desfrenado** de la maquinilla (7) que se realiza con la propia presión generada por las bombas hidráulicas. Si se apretara el pulsador de largado rápido se desfrenaría la maquinilla y la válvula de **largado rápido** (9) se pondría en posición y esta tercera válvula mandaría presión de aceite a las mangueras de maniobra para que las bombas aporten más caudal y el arriado de la maquinilla fuera más rápido. En caso de que el remolcador se quedara sin alguna de las bombas, existe un **acumulador de presión** (8), que produce 30 bar, que sirve para

desfrenar la maquinilla en caso de que hiciera falta, y desvirarla, es decir, hacer que arríe cabo con el largado rápido (9), que deja la maquinilla en posición para empezar a desvirarla y deshacerse del cabo de remolque.

Todo lo mencionado anteriormente es común para las dos maquinillas, ambas tienen el mismo sistema hidráulico. En la ilustración inferior se ha plasmado el circuito de la maquinilla de proa para entender mejor el sistema.

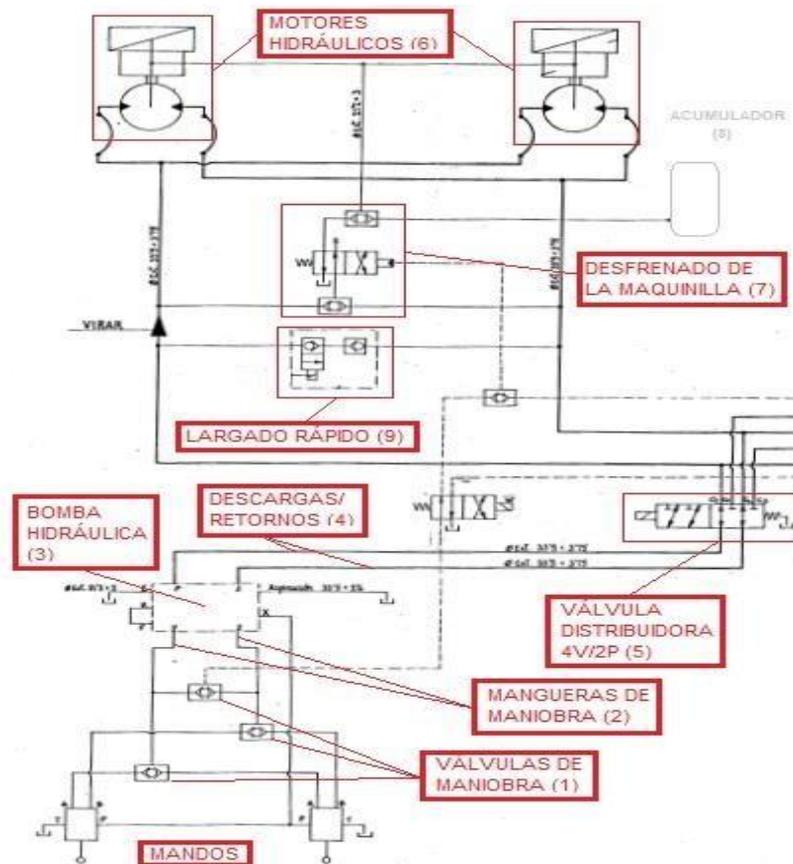


Ilustración nº 49 Sistema de accionamiento y maniobra del sistema hidráulico. Fuente: [8]

Ahora hablaremos con un poco más de detalle sobre las acciones de *largado rápido del chigre o molinete de proa*, del *freno/desfreno del chigre o molinete de proa*, del *largado rápido de la maquinilla de popa* y del *embragado/desembragado de la maquinilla o chigre de proa*.

En la siguiente Ilustración nº 50 podremos ver el sistema en cuestión.

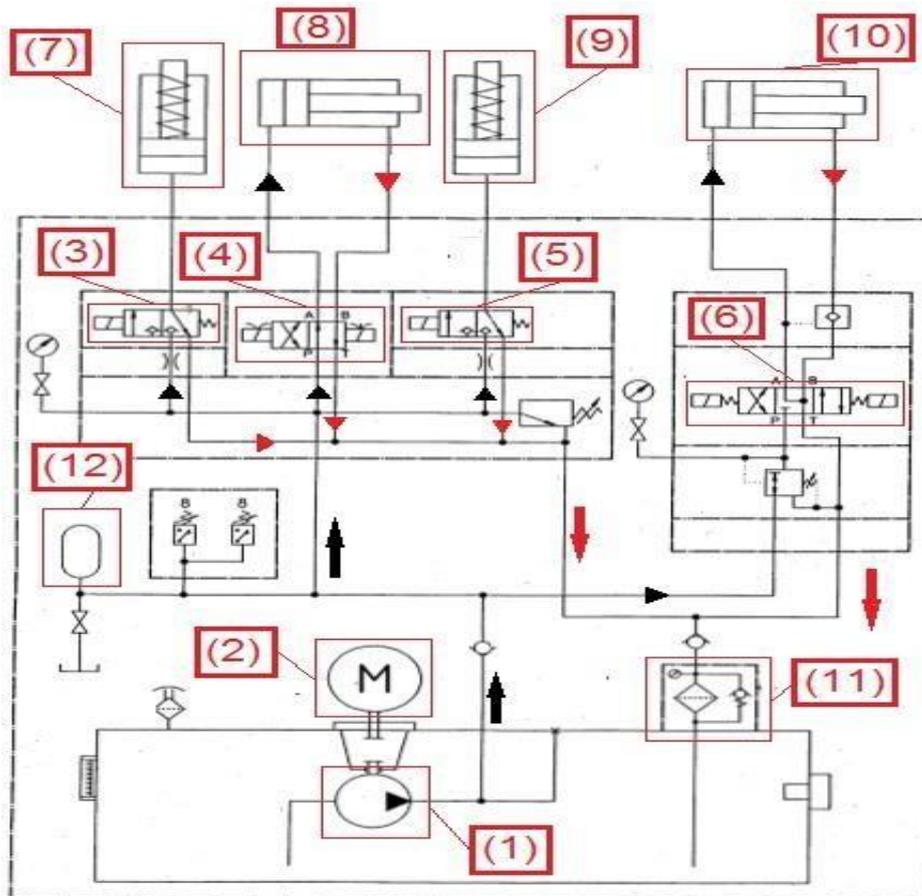


Ilustración n° 50 Sistema de accionamiento de los largados rápidos, frenos, desfrenado y embragados de las maquinillas. Fuente: [8]

Comenzaremos a describir este sistema diciendo que el accionamiento de estos movimientos es independiente del de las bombas hidráulicas. Posee un **motor eléctrico** (2) de 0.75 CV a 1450 rpm que mueve una pequeña **bomba de engranajes** (1) la cual es la que desplaza el fluido oleohidráulico de un pequeño tanque de 25 litros que es el que se encarga de generar la presión suficiente para realizar estos movimientos. Este fluido se desplaza por las tuberías siguiendo las flechas negras hasta llegar a **cuatro electroválvulas** (3), (4), (5) y (6) las cuales redirigen el fluido para accionar o no cada uno de los sistemas. La válvula número (3) acciona el **émbolo** (7), el cual es el de **largado rápido** de la maquinilla de proa. En la posición en la que está, no está pasando aceite a presión por lo que no se produce dicho largado, pero si se pulsara el botón de largado rápido, la válvula se desplazaría y dejaría pasar presión hidráulica, moviendo la válvula correspondiente (9) de la *Ilustración n° 49* para permitir un paso de aceite mayor en el desvirado. La válvula (4) acciona el émbolo (8) que se encarga del **freno y desfreno** de la maquinilla de proa. En la posición en la que la vemos, está dejando pasar aceite para mantener la maquinilla frenada. Si se pulsara el botón o se accionara la

palanca de desfreno en el puente, la válvula de dos posiciones y cuatro vías cambiaría y haría el flujo fuera al contrario entrando el aceite por la parte de atrás del émbolo. En la *Ilustración n° 49* puede verse la válvula de desfrenado (7), la cual es la que mueve este émbolo. La válvula (5) es la que desplaza el émbolo (9) del ***largado rápido*** de la maquinilla de popa. Su funcionamiento es igual a la de proa, pues es el mismo tipo de válvula. La válvula (6) es la que mueve el émbolo (10) que es el que se encarga del ***embragado y desembragado*** de la maquinilla de proa. En la posición en la que se encuentra la maquinilla o chigre de proa está embragado. Había que desplazar la válvula para desembragarla. Esta orden se da desde el puente y es la que desplazaría esta válvula.

Siempre, a la salida de cada émbolo o válvula, existe una línea de retorno al tanque, señalado en la *Ilustración n° 50* con flechas rojas, y vuelve a entrar en el tanque a través de un ***filtro de retorno*** (11). Si por alguna razón este motor (2) y esta bomba (1) fallaran, existe un pequeño acumulador de presión hidráulica de 30 bar (12) que tiene conexión con todas las válvulas y émbolos. Así se puede manejar los chigres si existiera algún fallo eléctrico a bordo.

Ahora veremos con un poco más de detalle el sistema que permite que el control de puente o *in situ* de la maquinilla de proa sirva para manejar la maquinilla de popa y viceversa. Como los controles de cada maquinilla van a su bomba correspondiente no es necesario hacer nada con ellos, solo es necesario hacer una cosa. A la salida de cada una de las bombas hidráulicas nos encontramos con una válvula distribuidora de cuatro vías y dos posiciones de doble sentido de circulación la cual envía aceite a los motores hidráulicos. Como ya vimos anteriormente, la bomba y sus mangueras de maniobra se encargan de enviar el aceite por una tubería u otra para que los motores giren en un sentido u otro. Pues esta válvula lo que hace es realizar un cruce de vías para que el fluido que sale de la bomba, en vez de ir a los motores hidráulicos de sus correspondiente maquinilla, vaya a la maquinilla contraria.

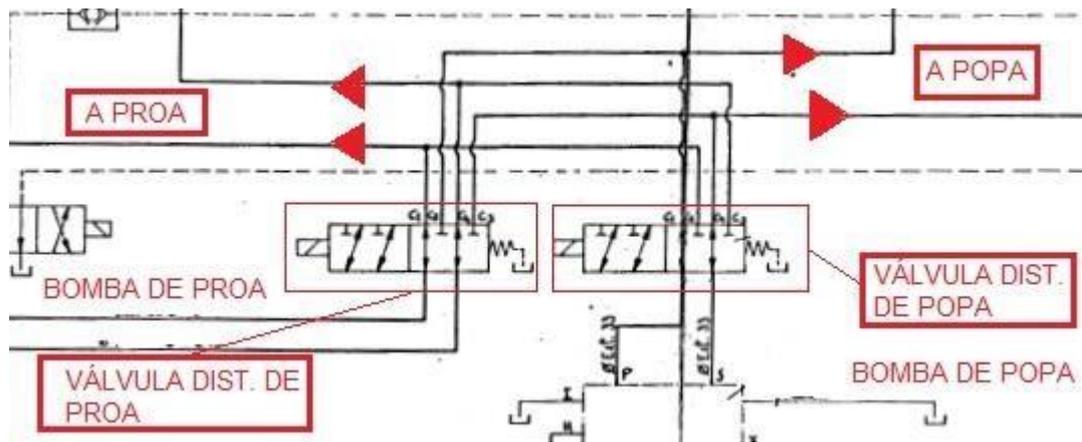


Ilustración n° 51 Válvulas de distribución para intercambio de mandos. Fuente: [8]

En la imagen superior (*Ilustración n° 51*) podemos observar las dos válvulas distribuidoras de cuatro vías y dos posiciones de doble sentido de circulación. La válvula de la izquierda es la **válvula de distribución de proa** y la de la derecha es la **válvula de distribución de popa**. A la válvula de distribución de proa llega desde la izquierda el fluido hidráulico de la bomba de proa y a la válvula de distribución de popa llega desde la derecha el fluido hidráulico de la bomba de popa. Ahora mismo, cada bomba está suministrando caudal a su maquinilla correspondiente, ya sea desde su mando de puente o su mando *in situ*. Pero si desplazamos la válvula de distribución de proa hacia la derecha veremos que ahora el caudal de aceite no va hacia proa, sino hacia popa, es decir, va de izquierda a derecha pues se realiza un cruce de vías. Lo mismo pasa con la de popa. Si desplazamos la válvula hacia la derecha, el fluido irá desde la bomba de popa a la maquinilla de proa, es decir, de derecha a izquierda. Este sistema es bastante útil por si los mandos de las maquinillas quedan incapacitados poder tener una alternativa respecto a la maniobra.

Como resumen para entender básicamente el accionamiento hidráulico de las maquinillas vamos a decir que se producen tres acontecimientos importantes:

- El primero de ellos es que las válvulas de accionamiento que dan presión sobre la distribución de fluido desde los controles del puente o *in situ* hacen que se pase más o menos cantidad de fluido hidráulico hacia los motores. Esta regulación de caudal se produce en la propia bomba.
- El segundo es que, depende de la dirección en la que movamos la palanca de accionamiento (hacia delante largar, hacia atrás izar), las válvulas de accionamiento de la propia bomba enviará el aceite por una salida u otra hacia la

maquinilla haciendo que entre por un lado o por el otro de los motores, haciendo que estos giren en un sentido o en otro.

- El tercero es que se produce un desfrenado de la maquinilla. La maquinilla está con una presión constante de aceite pero los muelles de los motores impiden que el eje se mueva por una acción elástica. La presión hidráulica lo que pretende es vencer esa fuerza elástica para permitir el movimiento del eje.

### 5.4.3 Tuberías.

Las tuberías por la que pasa el aceite hidráulico son muy importantes, pues deben resistir una presión de aceite bastante considerable. Por ello es conveniente que veamos cuales son las principales vías por las que pasa el aceite y cuáles son sus características.



*Ilustración nº 52 Tuberías de los mandos de puente de las maquinillas. Fuente: Elaboración propia.*

La canalización del fluido hidráulico va desde los latiguillos que tienen los motores de la maquinilla hasta las tuberías que lo llevan desde las bombas a cubierta. Las presiones que pueden aportar las bombas están en torno a los 250 bar, aunque como ya se dijo las bombas pueden aportar como presión máxima de trabajo uno 420 bar. Por lo general, las tuberías

de estos sistemas suelen estar hechas de acero (a excepción de los latiguillos) o una aleación del mismo.

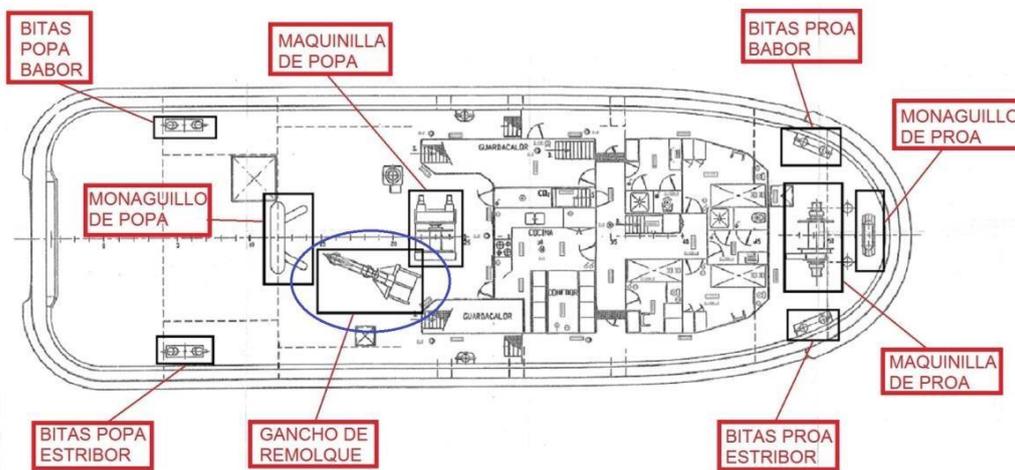
En primer lugar, están los latiguillos por los que sale el fluido directamente de la bomba hasta las válvulas de distribución. Suelen ser de un material elástico, deformable pero muy resistente con las puntas hechas de metal para acoplarse a los motores o bombas que sean necesarios. Las navieras normalmente piden para estos casos un latiguillo que sea mínimo 50 bar superior a la presión de trabajo establecida por el fabricante. En particular, los latiguillos que se usan en el “VB Tenerife” son capaces de aguantar en torno a los 300 bar.

En segundo lugar, las válvulas distribuidoras. Aunque no son tuberías en sí, son piezas clave pues ellas son las que dirigen el fluido de un lado a otro, en X cantidad o en Y cantidad reaccionando de una manera u otra con la presión hidráulica que se ejerce desde el tanque hidráulico de accionamiento de la maquinilla, el cual es común para las dos, tanto la de proa como la de popa.

En tercer lugar, los latiguillos de los motores hidráulicos. Éstos suelen ser los que más presión aguantan y los que más suelen fallar debido a que están siempre en constante funcionamiento y además están a la intemperie. Cada cierto tiempo hay que cambiarlos porque pueden tener fallos estructurales (algo poco común, pero posible) o pérdidas de aceite hidráulico (fallo más común).

## 5.5 Gancho de remolque

En este apartado hablaremos del **gancho de remolque** que posee el remolcador “VB Tenerife” y estudiaremos su funcionamiento. El gancho de remolque está situado en la popa, al lado de la maquinilla de remolque. Enfrente tiene al monaguillo que se usa en las maniobras de la zona de popa (*Ilustración n° 53*).



*Ilustración n° 53 Localización del gancho de remolque. Fuente: [5]*

### 5.5.1 ¿Qué es un gancho de remolque?

Un **gancho de remolque** es un elemento que se puede encontrar en remolcadores portuarios construido de un material especial el cual permite que el cable o cabo de remolque se desenganche automáticamente desde el puente. Por lo general, el gancho debe estar situado en popa aproximadamente sobre el centro de resistencia

lateral para que pueda dar al remolcador la máxima maniobrabilidad posible. Suele estar a baja altura para que su centro de gravedad sea más bajo. [3]



*Ilustración n° 54 Gancho de remolque del VB Tenerife.*

**Fuente: Elaboración propia.**

El gancho de remolque (*Ilustración n° 54*) suele tener en su extremo una punta curva en la que se engancha el cabo o cable y en su parte posterior existe un cilindro hidráulico que se desplaza horizontalmente. Cuando el gancho se arma, este cilindro se expande haciendo pivotar la punta del gancho y girándolo hacia atrás. De esta forma el

cable queda bien asegurado sin que haya posibilidad de que se suelte. La presión hidráulica que se está ejerciendo en el cilindro impide que cualquier fuerza que actúe de repente haga que el cable o cabo se suelte.

Hoy en día el gancho de remolque está en desuso pues su manejo es peligroso ya que se mueve sobre su propio eje de un lado a otro, pudiendo hacer daño a alguno de los tripulantes mientras se está ejerciendo alguna acción durante el remolque. Por eso existe una zona de seguridad alrededor del gancho para evitar accidentes de este tipo. Aun así es obligatorio llevarlo a bordo de los remolcadores pues si, por alguna razón, se quedaran sin maquinilla de popa (avería de alguno de sus componentes, pérdida de aceite...) haya algún método de remolque a bordo que pueda permitir la maniobra.

El cable que se usa tiene en su extremo una galga por la que se introduce la punta del gancho haciendo que quede bien asegurada. Después, al igual que con las maniobras de la maquinilla de popa, el cable se pasa por el monaguillo para evitar que el gancho se mueva en exceso y el remolque sea más sencillo (pues si se estuviera remolcando una gabarra, por ejemplo, y se desviara por causa del mal tiempo de la trayectoria del remolcador, sería difícil recuperar el rumbo).

## 5.5.2 Funcionamiento

El principio de funcionamiento del gancho de remolque es la presión hidráulica. Como se mencionó antes, el gancho posee un cilindro con un émbolo que cuando se mueve hace pivotar el gancho hacia detrás o hacia delante. Esta presión hidráulica se produce debido a un acumulador de presión que es el que se encarga de producir la acción hidráulica mediante una electroválvula comandada por los controles de los mandos del puente. Desde los mandos se da la orden del llamado “*armado del gancho*” o el “*disparo del gancho*”. El armado se llama a la acción de preparar el gancho para el trabajo y el disparo se refiere a soltar el gancho y dejar escapar el cable de remolque.

El funcionamiento general del gancho de remolque se reduce a su armado a distancia, por botón de mando eléctrico, y a su disparo a distancia por botones de mando eléctrico, automático por escora límite o de emergencia manual.

Al bajar la presión en el acumulador, por el consumo de maniobras o por fugas del circuito hidráulico, un presostato da tensión a los bornes del panel eléctrico, y entonces el motor del grupo hidráulico se pondrá en marcha automáticamente cargando el acumulador hasta la presión de 160 bar. En este momento, el presostato corta la alimentación y la bomba se para. Cuando la presión cae por debajo de 150 bar, la motobomba se pone en marcha repitiéndose el ciclo cuantas veces se requiera.

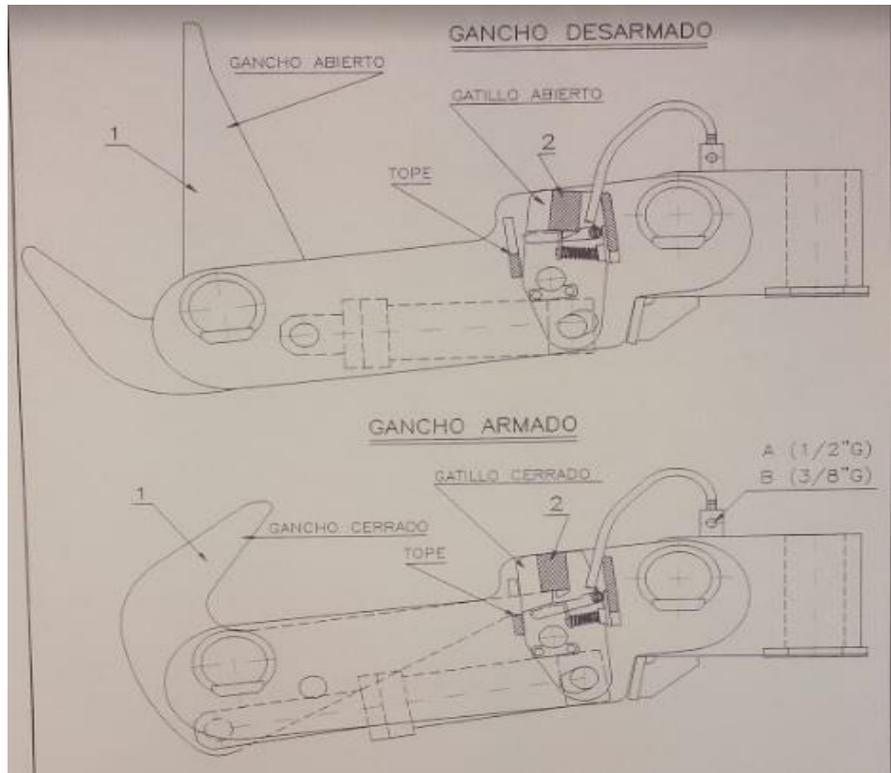
Si por alguna razón el gancho se quedara sin alimentación eléctrica, existe una bomba manual que permite dar presión hidráulica. Si la presión en el acumulador baja de 140 Bar, se debe aumentar la presión hasta llegar a aproximadamente 160 bar. [10]

### 5.5.2.1 Proceso de armado

Para armar el gancho hay que apretar el pulsador de “armado”, con lo cual se activará una bobina que hace salir un vástago del cilindro, manteniendo el gatillo de acción sobre la palanca del gancho, lo que impide que éste se abra al ser solicitado por el tiro del remolcador. [10]

Antes de armar el gancho es necesario ponerlo en posición. Apretando el pulsador correspondiente el gancho se irá echando hacia detrás hasta que quede justo por debajo del gatillo. En ese momento podrá procederse a su armado para su uso durante la maniobra.

En la *Ilustración n° 55* podemos ver el estado del gancho armado y desarmado. En la parte de arriba vemos como el gancho está abierto, con el cilindro cerrado y el gatillo en su posición original. Cuando armemos el gancho, la **uña** (1) debe estar apoyada en el tope. En la parte de abajo vemos el gancho ya cerrado, el cilindro abierto/extendido y el **gatillo** (2) haciendo presión sobre la parte exterior de la uña (1).



*Ilustración n° 55 Plano del gancho de remolque. Fuente: [10]*

#### 5.5.2.2 Disparo manual a distancia.

Para realizar el disparo del gancho, que es básicamente desarmarlo, basta con apretar el pulsador de “*desarmar*”, con el cual una bobina hará desplazar una electroválvula que hará que la presión hidráulica cierre el gancho de nuevo, produciéndose el disparo.

#### 5.5.2.3 Disparo de emergencia.

En caso de que no haya corriente para disparar el gancho automáticamente, existe un pasador y una palanca en el gancho que, cuando se accionan, hacen saltar el gancho. Es una maniobra peligrosa, pero es obligatorio tenerla.

#### 5.5.2.4 Disparo por escora límite.

Al sobrepasar el ángulo de escora ajustado a cualquiera de las bandas, el detector

de nivel correspondiente establece contacto y excita un relé temporizado, el cual comienza a contar el tiempo regulado antes de cerrar sus contactos. Si durante este tiempo el remolcador se recupera, el detector de nivel corta el contacto, el relé vuelve a su posición original y no sucede nada. Pero si transcurre el tiempo permitido sin que el ángulo de escora disminuya, el relé temporizado cierra su contacto con lo que se excita el relé de disparo del gancho y deja libre el cable o cabo de remolque.

#### 5.5.2.5 Panel de control de la sala de máquinas.

En la sala de máquinas está la central en la que se basa toda la maniobra del gancho de remolque. Es un armario pequeño que debe estar orientado siempre hacia popa o hacia proa debido a que en su interior existen unas ampollas de mercurio que son las que detectan la escora del buque (Disparo por escora límite), además de traer el interruptor de puesta en marcha de la bomba que alimenta el acumulador de presión hidráulico. También está el relé temporizador de dicha maniobra en su interior, el cual es ajustable y se calculará según las especificaciones del remolcador. En la *Ilustración n° 56* puede verse este cuadro.



*Ilustración n° 56 Armario eléctrico con los controles del gancho y su botón de encendido de la bomba. Fuente: Elaboración propia.*

## 5.6 Mantenimiento de las maquinillas.

Las maquinillas en general necesitan mantenimiento, aunque éste no se reduce solo al chigre en sí mismo o a sus partes móviles. En los apartados de cada maquinilla del “VB Tenerife” se ha hablado de la lubricación de elementos, como embragues, ejes o reductores. Pero también hay otros elementos que necesitan un mantenimiento adecuado.

En primer lugar, es muy importante mantener en buen estado el cabo de remolque. Si tiene alguna rotura, algún descosido o alguna zona muy desgastada hay que arreglarlo. Cuando el cabo se moja debido al mal oleaje y se recoge, mientras se va recogiendo cabo éste se va apretando en el carretel. Esta opresión que hace que el cabo se atasque y no se suelte como es debido se llama “*mordedura*” y causa deformaciones. Por ello el mecamar o marinero de cubierta debe asegurarse mientras se recoge el cabo que entre perfectamente perpendicular al eje de giro del carretel.

En segundo lugar, los viradores. Los viradores son los pequeños cabos con los que las tripulaciones de los buques comienzan a tirar del cabo de remolque. Los viradores se debilitan y se atrofian volviéndose más ásperos y propensos a romperse. Por ello cada cierto tiempo hay que cambiarlos. Generalmente van enganchados al cabo de remolque con un grillete. Para cambiarlo solo hay que soltarlo del grillete y colocar uno nuevo.

En tercer lugar, está el cabo de remolque. Antes se mencionó su estado con respecto a las “*mordeduras*”, pero en este caso hablaremos del puntero. El puntero es el extremo del cabo que va firme en las bitas de los buques. Como es la zona que más esfuerzo sufre, debido que está siempre constantemente aplastado contra la bita, llega un momento en el que éste se dobla y se arruga perdiendo resistencia. Por ello hay que cambiar el cabo de lado cada cierto tiempo. Esto es, desenrollar el cabo ayudándose de la maquinilla y colocar el extremo que está en mal estado en el anclaje del carretel. A este ejercicio se le llama “*rotación*”. Si por ejemplo el cabo que hay en el carretel es la unión de dos cabos, simplemente habrá que soltarlos con la ayuda de un mazo y cambiar un extremo por otro.

En cuarto lugar, también están las costuras. Cuando un cabo está roto o tiene algún rasguño por uno de sus lados, es correcto colocarle un forro alrededor o un hilo

rodeándolo y que lo apriete con fuerza. De esa forma el cabo seguirá manteniendo su calidad estructural.

## **5.7 Remolcador VB Canarias.**

En este apartado hablaremos del remolcador “VB Canarias”, estudiaremos sus elementos de remolque a excepción del gancho (pues es igual que el del “VB Tenerife”) y su sistema hidráulico.

El remolcador “VB Canarias” es un remolcador de puerto y altura situado en el puerto de Santa Cruz de Tenerife que realiza labores de atraque, desatraque, traslado y remolque junto con los remolcadores “VB Tenerife” y “VB Risbán”. Está atracado constantemente en la Dársena de Anaga, como podemos ver en la *Ilustración n° 10*, y presta servicios a los buques que entran en el Dique del Este o en la Dársena de Anaga junto con el remolcador “VB Risbán”.

### **5.7.1 Características técnicas del VB Canarias.**

El remolcador “VB Canarias” (*Ilustración n° 57*) tiene 30 m de eslora y 10,6 metros de manga con un puntal de 5.8 m y un arqueo bruto de 410 GT. A diferencia del “VB Tenerife”, descrito anteriormente, este buque cuenta con dos maquinillas de proa, una para babor y otra para estribor. [11]

Es un barco más moderno y de mayor potencia de propulsión azimutal a popa (ASD), con un tiro de 65 Tn, que en vez de aumentar revoluciones para aumentar su par y velocidad varía el paso de su hélice a revoluciones constantes. Eso le permite maniobrar y responder con mayor rapidez y agilidad que, por ejemplo, el “VB Tenerife”. Al igual que éste, posee un gancho de remolque a popa cuyo funcionamiento es el mismo que el explicado anteriormente, por lo que no se explicará en este apartado pero sí que se explicará el funcionamiento de las maquinillas pues el accionamiento y sistema hidráulico no es igual al del “VB Tenerife”.

El “VB Canarias” tiene en la sala de máquinas dos motores de combustión interna para impulsarse que generan entre los dos 5440 CV los cuales mueven a su vez un sistema de control azimutal marca Schottel. Su planta eléctrica está conformada por tres generadores auxiliares de 81 kW de potencia a una frecuencia de 50 Hz.

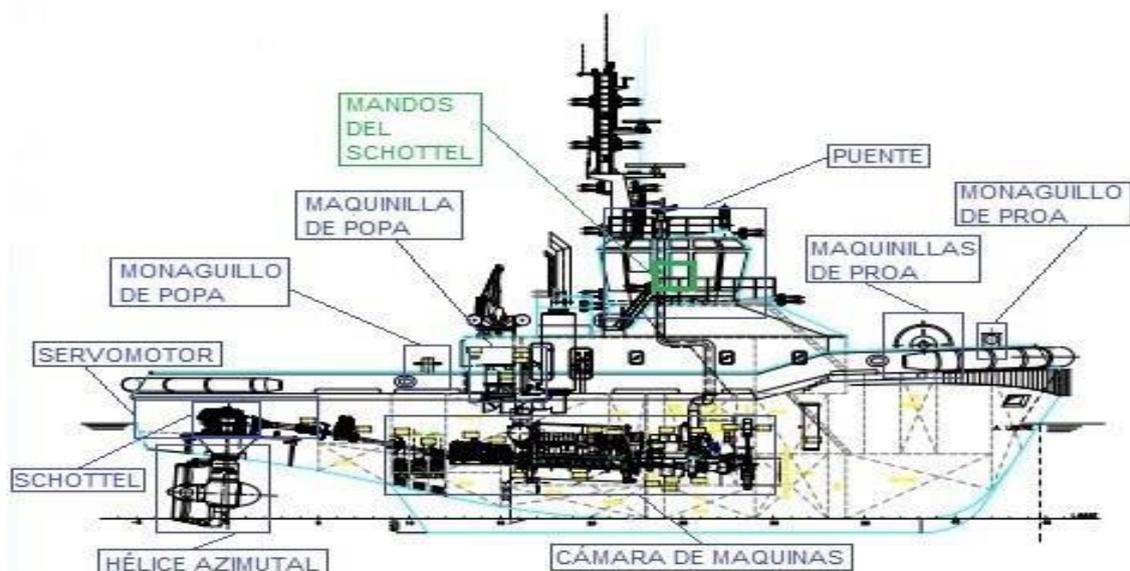


*Ilustración nº 57 Remolcador VB Canarias en la Dársena de Anaga. Fuente: [9]*

Durante su estancia en puerto el remolcador está acoplado a uno de estos tres generadores auxiliares, al igual que el “VB Tenerife” aunque éste tiene un generador diseñado específicamente para el atraque en puerto.

### 5.7.2 Planos

En este apartado se ilustrarán un plano del remolcador para conocer la ubicación de cada uno de los elementos de remolque de los que vamos a hablar y así hacernos una pequeña idea de cómo está distribuido todo el sistema hidráulico, de accionamiento, maquinillas...



*Ilustración nº 58 Plano de perfil del VB Canarias. Fuente: [11]*

En la *Ilustración n° 58* podemos ver las maquinillas a proa con su monaguillo delante, la cámara de máquinas en el centro de la embarcación, la maquinilla de popa y su monaguillo, el servomotor y la hélice.

En el servomotor se encuentra el sistema azimutal marca Schottel (marca Aquamaster en el “VB Tenerife”) que es el que se encarga del control de la hélice. A diferencia del remolcador ya estudiado, este sistema controla el giro vertical de la hélice en 360° y el paso de la misma. Recordemos que en el “VB Tenerife” existía una palanca que regulaba la velocidad de los motores y así se variaba la velocidad del buque al mismo tiempo que al girarse giraba el eje vertical de la hélice. El sistema Schottel tiene sus mandos en el puente del barco (mirar *Ilustración n° 58*).

### 5.7.3 Maquinillas de proa del VB Canarias.

Este remolcador, como ya se dijo, posee dos maquinillas a proa y una a popa. En este apartado veremos las maquinillas de proa. En la *Ilustración n° 58* podemos ver dónde están situadas y en la *Ilustración n° 59* las podemos ver en la proa.

Cada una de estas maquinillas está a una banda del barco. Una sirve a la banda de estribor y la otra sirve a la banda de babor. En función de la situación o de las órdenes del práctico el patrón o capitán decidirá que maquinilla hay que usar, si una u otra. Ambas funcionan igual, con un motor hidráulico que recibe presión hidráulica desde una central que está en la sala de máquinas.

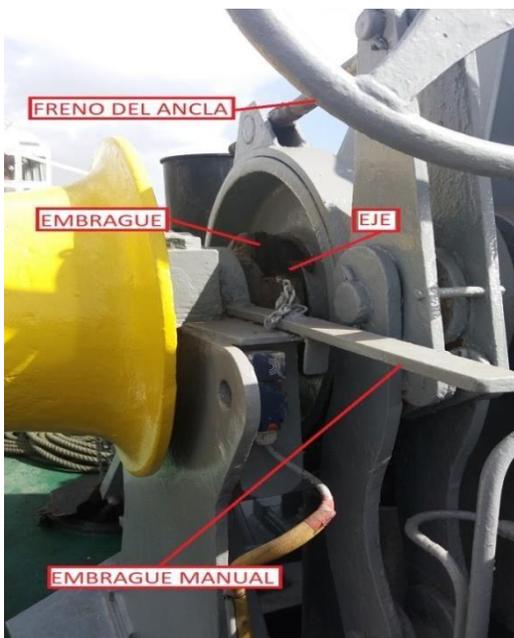


*Ilustración n° 59 Maquinillas de proa de babor y estribor.*

**Fuente: Elaboración propia.**

Cuando las maquinillas no se están usando y permanecen quietas es gracias a la central hidráulica que se encuentra en la sala de máquinas. Desde allí se envía presión hacia los frenos y se encargan de mantenerla quieta.

En cada una de las maquinillas se encuentra el sistema de levado y arriado de las anclas (ver *Ilustración n° 59 y n° 60*). En la maquinilla de estribor estará el sistema del



ancla de estribor y en la de babor estará el sistema del ancla de babor. Funciona de forma semejante al sistema ya estudiado: existe un embrague que acopla el eje de giro de las anclas al eje principal y además hay una brida de freno que está apretada con el eje mediante un tornillo, muy similar al que hay en el “VB Tenerife”.

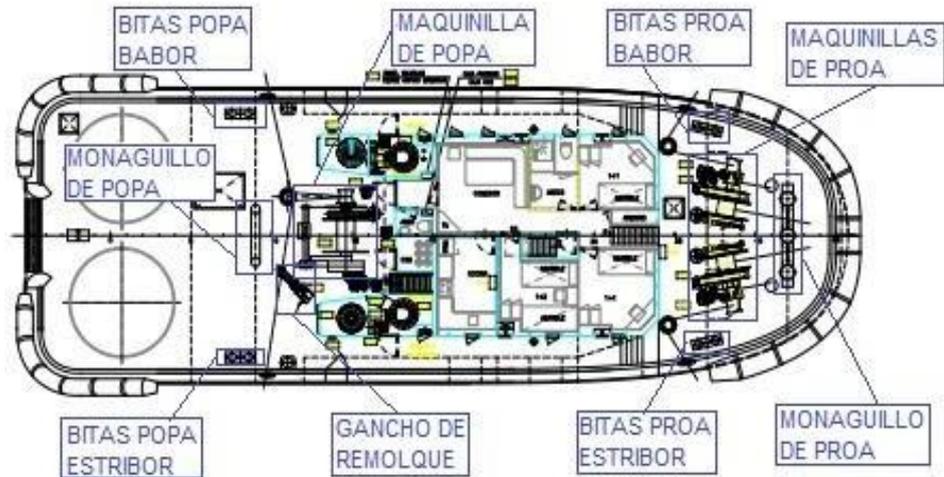
Desde el puente puede realizarse también esta acción, embragar o desembragar las anclas, existiendo un mando para cada una de ellas al igual que hay un mando para cada una de las maquinillas. No obstante, el arriado de anclas no se realiza a menudo en este barco

*Ilustración n° 60 Sistema de levado de las anclas. Fuente: Elaboración propia.*

debido a que muchas veces tiene que salir rápido o de forma muy seguida para prestar servicio al buque que lo requiera, por ello es más cómodo hacerse firme al muelle con cabos que es más rápido en lo que al tiempo de respuesta se refiere.

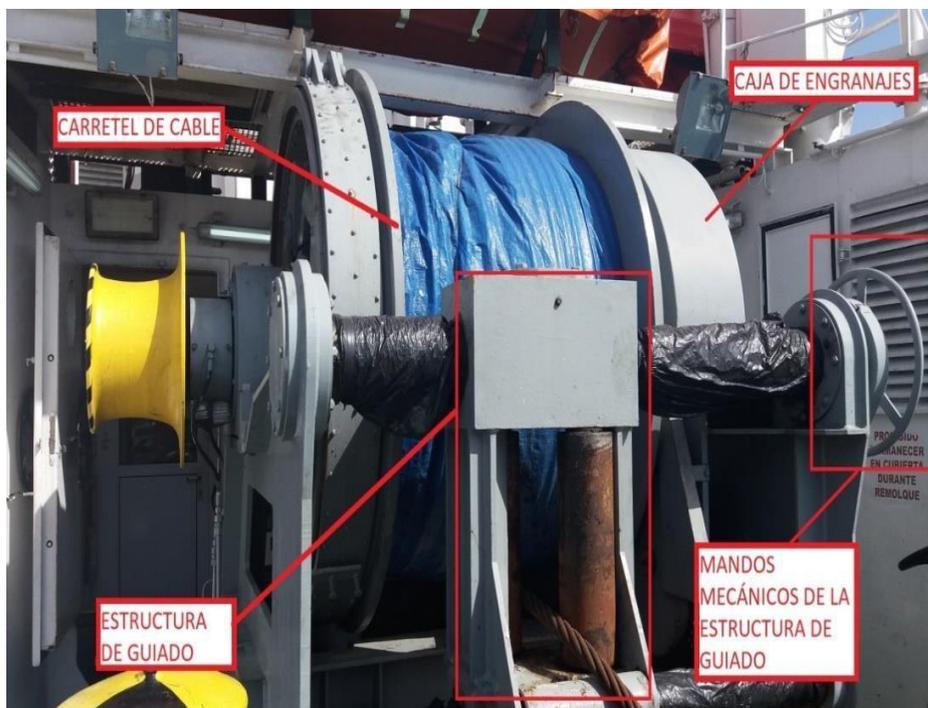
#### **5.7.4 Maquinilla de popa del VB Canarias.**

La maquinilla de popa (*Ilustración n° 62*) se encuentra en la parte trasera del barco, detrás del monaguillo de popa y al lado de su gancho de remolque. En la *Ilustración n° 61* tenemos un pequeño plano de planta para ver su ubicación de forma un poco más exacta en relación a la posición del monaguillo de popa y el gancho.



*Ilustración nº 61 Plano de planta del VB Canarias con la localización de la maquinilla de proa. Fuente: [11]*

Es más sencilla que la del “VB Tenerife” pues no tiene dos carreteles separados donde en uno haya cable y en otro haya cabo. Esta maquinilla solo tiene cable de remolque. No obstante también tiene una estructura de guiado como la maquinilla de popa del “VB Tenerife” que se desplaza sobre unos raíles o ejes de forma muy similar a la estudiada anteriormente.

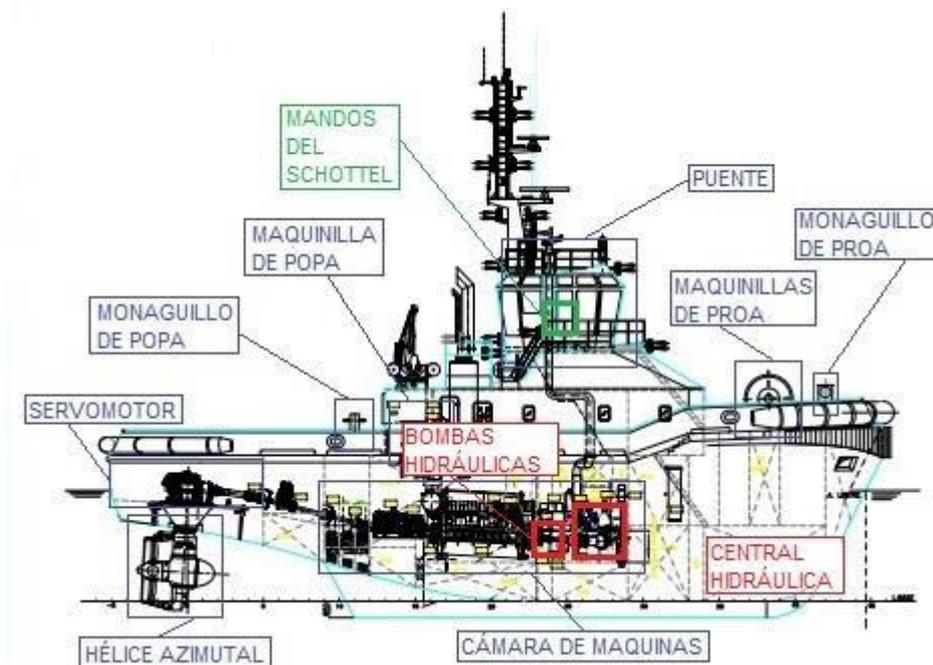


*Ilustración nº 62 Maquinilla de popa del VB Canarias. Fuente: Elaboración propia.*

El motor hidráulico de la maquinilla de popa tiene en su extremo un eje con un engranaje el cual mueve un engranaje aún más grande que es el que mueve el eje de la maquinilla. Todo esto sucede en la caja de engranajes.

### 5.7.5 Sistema hidráulico

El sistema hidráulico del “VB Canarias” se encuentra en la sala de máquinas bajo la cubierta. A continuación, en la *Ilustración n° 63*, se mostrará la ubicación de los distintos elementos que vamos a estudiar en este apartado.



*Ilustración n° 63 Localización de las bombas hidráulicas y la central hidráulica. Fuente: [11]*

Ahora que vamos a hablar del sistema hidráulico debemos irnos a la sala de máquinas. Este remolcador, al contrario del “VB Tenerife”, para poder usar sus maquinillas necesita arrancar y acoplar a su red de energía principal dos de sus tres generadores auxiliares. Esto es debido a que solo uno de los generadores auxiliares del “VB Tenerife” tiene el doble de potencia que uno del “VB Canarias”: un auxiliar del primero tiene 165 kW de potencia y un auxiliar del segundo tiene 81 kW. Por tanto es necesario tener siempre dos auxiliares conectados debido a la gran demanda que equipos que precisan electricidad.



*Ilustración n° 64 Central hidráulica del VB Canarias. Fuente: Elaboración propia.*

Como se dijo anteriormente, el remolcador “VB Tenerife” tenía un tanque de aceite hidráulico del cual las electrobombas succionaban el aceite y lo enviaban a 250 bar de presión hacia los motores hidráulicos de las maquinillas, sin embargo, el “VB Canarias” posee una central hidráulica (*Ilustración n° 64*) a partir de la cual se envía el aceite hasta la maquinilla correspondiente y las bombas son impulsadas por los propios motores principales y no por motores eléctricos. No obstante, en esta misma central hidráulica existe un acumulador de presión que se usa para casos de emergencia que no haya bombas que puedan aportar presión

hidráulica, muy semejante al que está en el remolcador “VB Tenerife”.

Dicha central hidráulica tiene todos los elementos necesarios para poder suministrar energía hidráulica a las maquinillas, en especial el acumulador que se usa para emergencias. También cabe decir, que esta central tiene una bomba de circulación de aceite que la hace pasar por un enfriador. Esta medida se debe a que las bombas giran a gran velocidad, ya que están acopladas a los motores principales y se calienta con bastante facilidad, debido a la conducción de calor. Es importante que esta bomba esté funcionando cuando se vaya a usar las maquinillas, para no subir demasiado la temperatura del aceite.

Los motores principales del “VB Canarias”, como se nombró antes, tienen acoplados en ambos extremos del eje las bombas hidráulicas (*Ilustración n° 65*), aunque entre éstas y el motor hay una multiplicadora. La multiplicadora es la encargada de mover las bombas hidráulicas, una por cada motor. Esta multiplicadora gira a una gran cantidad de revoluciones para mover la bomba centrífuga y generar una gran cantidad de presión. Entonces el aceite llega a la central hidráulica y de ahí se distribuye a los motores hidráulicos correspondientes situados en las maquinillas.



Ilustración nº 65 Bomba hidráulica acoplada al motor de babor. Fuente: Elaboración propia.

Tener una bomba hidráulica acoplada a un motor principal es un inconveniente pues si se debe realizar algún mantenimiento en la maquinilla que necesite que ésta pueda funcionar implica tener que realizar toda la maniobra de arranque del remolcador, lo que implica un mayor consumo de combustible, ya que se arranca un principal y no un auxiliar, y un mayor trabajo y desgaste de la maquinaria. En el “VB Tenerife” solo es necesario arrancar un auxiliar para hacer funcionar las bombas hidráulicas.

### 5.7.6 Accionamiento

El “VB Canarias” tiene tres maquinillas en total, por lo que debe tener en total 6 controles de maquinillas, cuatro para las maquinillas de proa y dos para la maquinilla de popa. Todas tienen un accionamiento en el puente pero aparte están los controles de emergencia que, en este caso, no están *in situ* sino en la sala de máquinas. En la *Ilustración nº 66* se mostrarán las localizaciones de estos accionamientos.

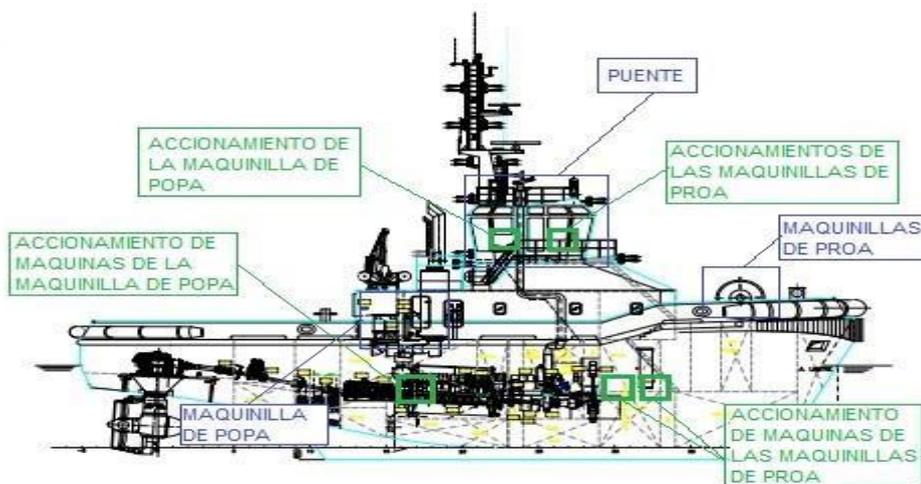


Ilustración nº 66 Accionamientos del VB Canarias. Fuente: [11]

Todos los accionamientos son hidráulicos, igual que en el “VB Tenerife”. Dependiendo de la amplitud del movimiento del mando, se enviará más o menos aceite hidráulico a los motores de las maquinillas. Los mandos de las maquinillas en el puente son muy similares a las del “VB Tenerife” por lo que, a continuación, se mostrará el control de máquinas de la maquinilla de popa (*Ilustración n° 67*), ya que los de proa son iguales a éste.



*Ilustración n° 67* Accionamiento de la sala de máquinas de la Maquinilla de popa del VB Canarias. **Fuente:** Elaboración propia.

## 5.8 Remolcador VB Risbán

En este apartado se hablará del “VB Risbán” para, al igual que con el “VB Canarias”, establece una comparación con el “VB Tenerife”.



*Ilustración n° 68* Remolcador VB Risbán. **Fuente:** [9]

El remolcador “VB Risbán” es un remolcador portuario situado en el Puerto de Santa Cruz de Tenerife, en la Dársena de Anaga (ver *Ilustración nº 10*) que realiza maniobras de atraque y desatraque junto con los remolcadores “VB Canarias” y “VB Tenerife”.

### **5.8.1 Características técnicas del remolcador VB Risbán.**

Fue construido en 1988 y posee una eslora de 29 m, una manga de 9.70 m, y un calado de 5.20 m. Tiene propulsión a un tercio de la proa y desarrolla un tiro total de 37.30 Tn. Es el remolcador de menor potencia que hay actualmente en el Puerto de Santa Cruz de Tenerife, por eso es el que tiene menos tiro. Debido a la propulsión que tiene, azimutal a un tercio de la proa, su maquinilla está situada a popa, siendo así más fácil de controlar y maniobrar. Sólo dispone de una maquinilla y un gancho de remolque, pero al igual que en el remolcador anterior, solo nos vamos a centrar en la maquinilla. Con dicha propulsión y maquinilla el “VB Risbán” está diseñado más para tirar que para empujar. En la proa dispone de un molinete para las anclas.

El “VB Risbán” está equipado con dos motores propulsores Deutz de 1080kW cada uno sumando una potencia total de 2160 kW y dos generadores auxiliares Deutz de 80 kW de potencia cada uno. También dispone de un alternador o generador de puerto Deutz de 35 kW que es el que suele estar más tiempo arrancado, cuando el remolcador está en muelle esperando órdenes. [12]

Un dato curioso de este remolcador es que, al contrario de un barco convencional o los remolcadores “VB Canarias” y “VB Tenerife”, el eje de propulsión que sale del motor no va hacia popa como en los barcos convencionales, sino hacia proa, por tener el sistema azimutal a un tercio de la proa, bajo la sala de máquinas.

### **5.8.2 Planos del VB Risbán.**

A continuación, se presentarán los planos (*Ilustración nº 69*) en los que veremos la localización de cada uno de los elementos de remolque. Se puede comprobar que el “VB Risbán” es un barco muy sencillo, careciente de local de propulsores ya que el sistema de gobierno azimutal está en la sala de máquinas, que solo tiene una maquinilla de remolque a popa y el molinete de las anclas en proa, un solo monaguillo y las bitas.

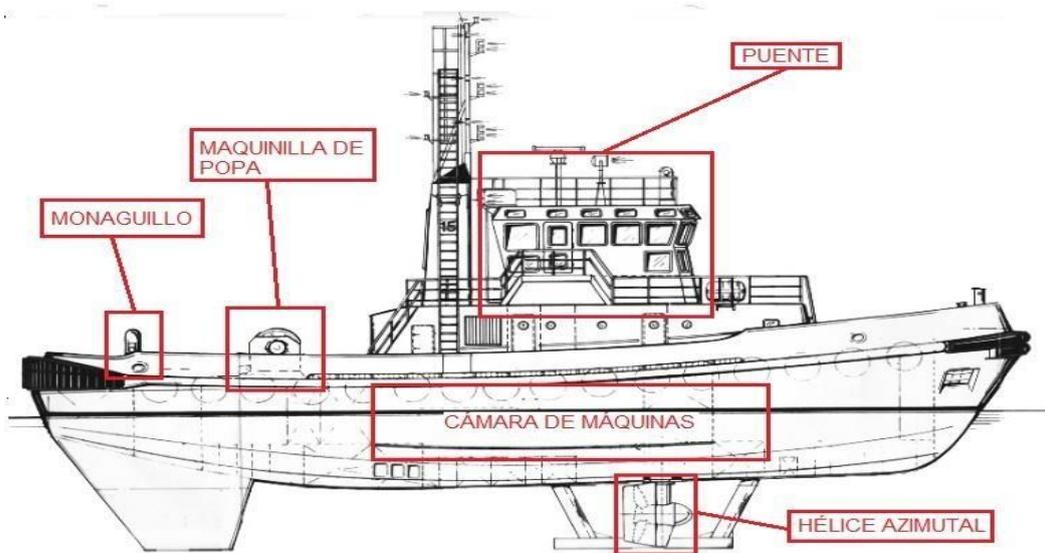


Ilustración nº 69 Plano general del VB Risbán. Fuente: [12]

En la *Ilustración nº 69* podemos observar la hélice azimutal bajo la cámara de máquinas, la maquinilla de popa y el monaguillo. Este remolcador está diseñado para trabajar con la popa como si fuera la proa y es un remolcador más adaptado para tirar que para empujar.

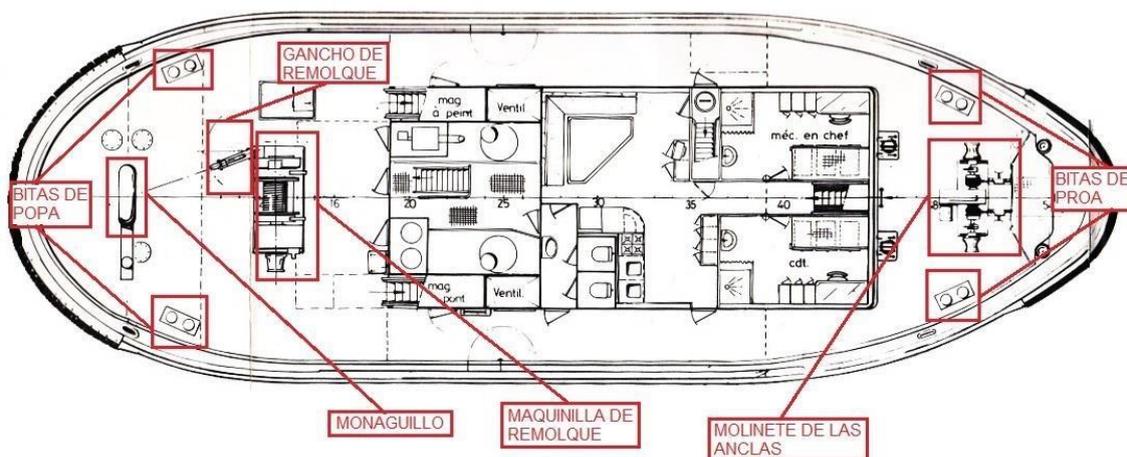
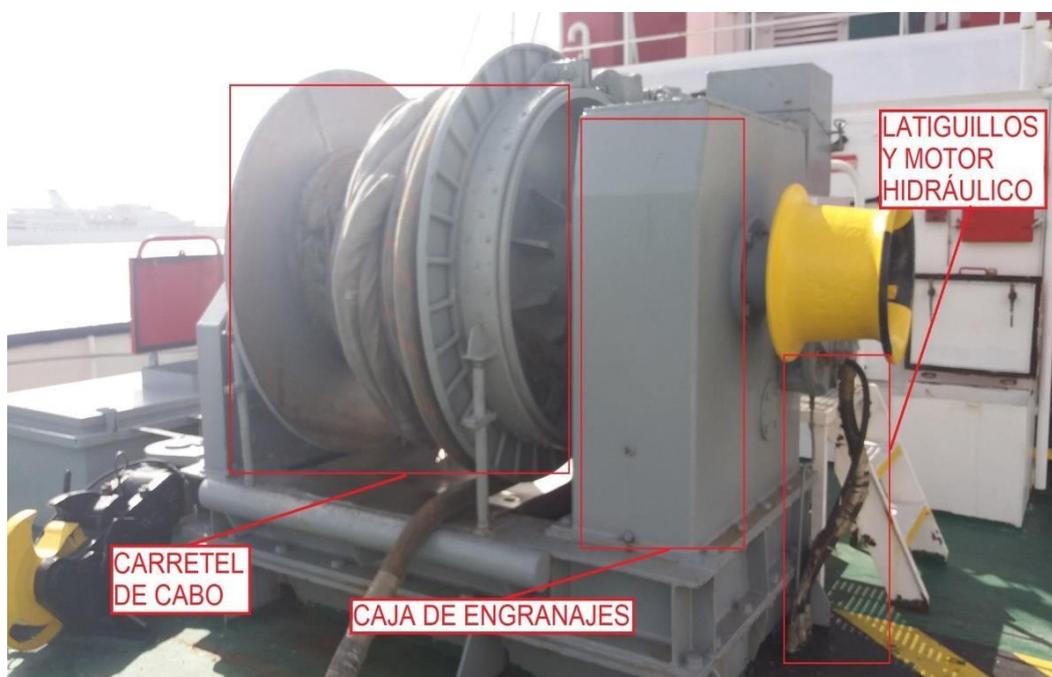


Ilustración nº 70 Plano general aéreo del VB Risbán. Fuente: [12]

En la *Ilustración nº 70* tenemos un plano de vista de planta del buque y podemos ver las bitas de proa y popa a la derecha y a la izquierda de la imagen, el molinete de proa de las anclas y el gancho de remolque, situado justo al lado de la maquinilla de remolque.

### 5.8.3 Maquinilla de popa.

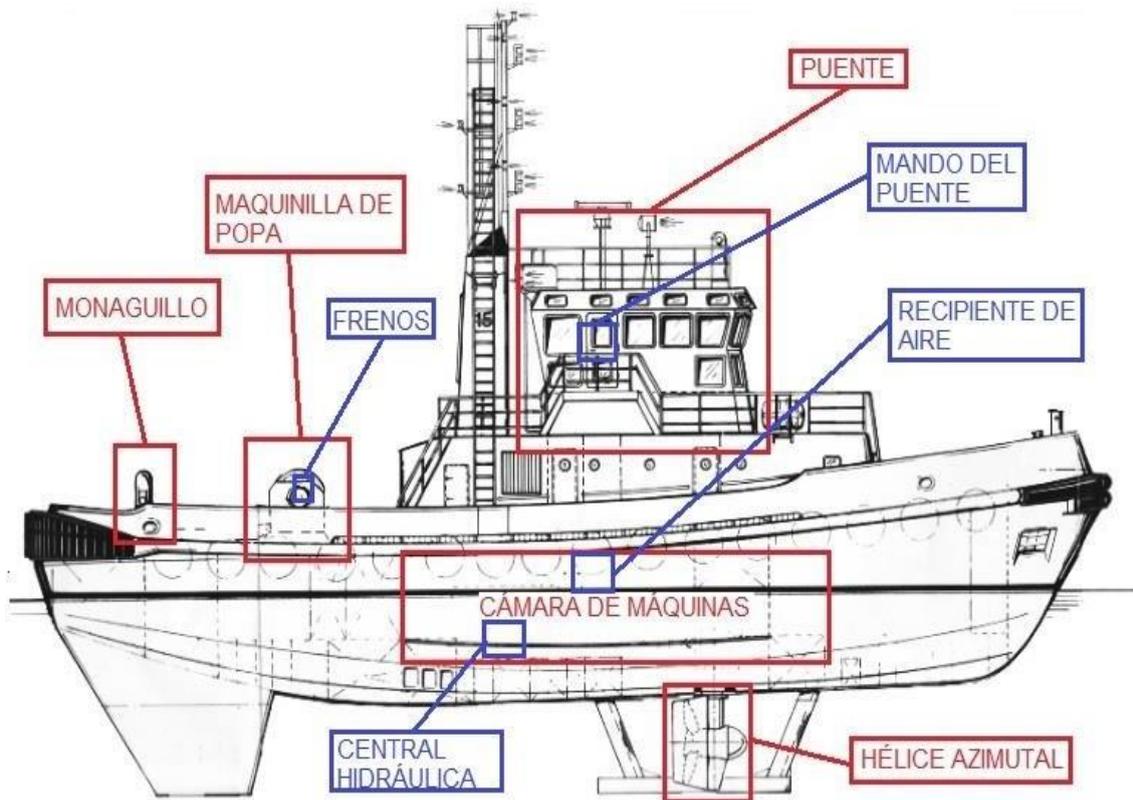
La maquinilla del “VB Risbán” está situada en la popa del barco (ver *Ilustración n° 70*) y es muy similar a las anteriores aunque tiene ciertas particularidades. Posee un carretel con un cabo de remolque, un motor hidráulico, pero su freno es neumático y su control también. Al ser un remolcador más antiguo que el “VB Canarias” y el “VB Tenerife”, posee un sistema combinado neumático e hidráulico. A la derecha de la *Ilustración n° 71* podemos ver los latiguillos de la maquinilla por los que sube el fluido hidráulico desde la central situada en la sala de máquinas. Al igual que el “VB Canarias”, tiene una central hidráulica.



*Ilustración n° 71 Maquinilla de popa del VB Risbán. Fuente: Elaboración propia.*

### 5.8.4 Sistema hidráulico-neumático.

Todos los barcos de hoy en día poseen un sistema de aire comprimido, ya sea para suministrar aire a los motores o para su arranque, pero seguramente en ningún barco el aire comprimido es tan importante como en el “VB Risbán” ya que la combinación hidráulico-neumática que tiene este barco así lo precisa. El aire comprimido en el sistema de maquinillas se emplea tanto para el accionamiento y control de la maquinilla como para su frenado. En la siguiente *Ilustración n° 72* veremos la localización de los elementos principales de este sistema.



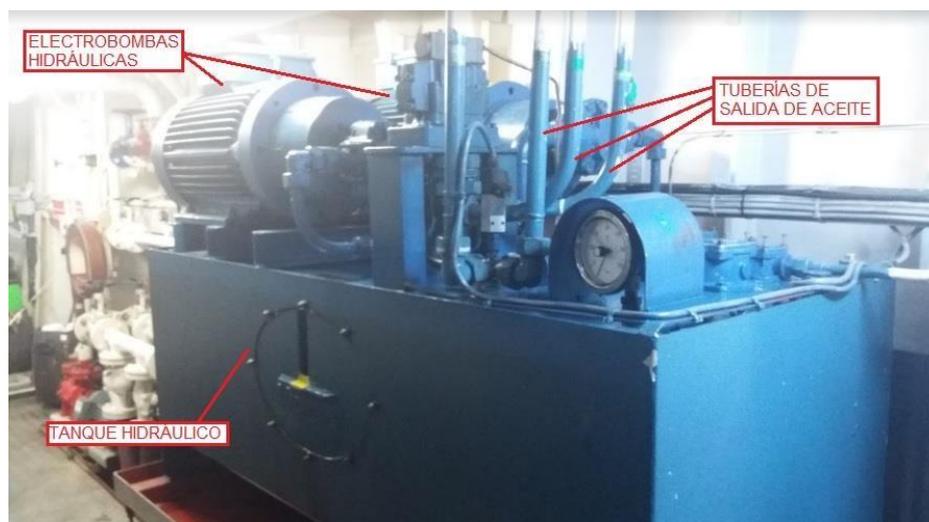
*Ilustración n° 72 Plano con la localización de los elementos del sistema hidráulico-neumático.*

**Fuente: [12]**

El aire comprimido del remolcador proviene del sistema propiamente dicho. Existe un recipiente de aire comprimido que es cargado continuamente por dos compresores de aire. También existe un compresor de aire de emergencia por si el remolcador se queda sin electricidad. Este aire se saca de la bombona mediante una válvula de descarga y va directamente a todos los sistemas que requieran su uso, aunque en este caso nos centraremos en el sistema de accionamiento de la maquinilla.

El aire comprimido de esta bombona de aire, en lo que a la maquinilla se refiere, va directamente a un acumulador de aire que alcanza los 30 litros de capacidad y mantiene 8 bar de presión, el cual se usa para el control remoto de la misma. También existe un segundo acumulador, de menor tamaño, que sirve para emergencias. Desde el acumulador, el aire se desvía en dos direcciones: una hacia el puente y otra hacia los frenos neumáticos de la maquinilla que son los encargados de mantenerla quieta. Estos frenos consisten en dos pistones que al accionarse y abrirse mueven unas bridas que hacen fricción con el eje de la maquinilla y la hacen parar. Hay un freno en cada extremo del eje.

En la sala de máquinas está la central hidráulica donde se almacena todo el fluido hidráulico del sistema de la maquinilla (*Ilustración n° 73*). En dicha central se encuentran dos bombas eléctricas (inferiores en tamaño a las del “VB Tenerife”) que son las que envían el fluido hidráulico hasta los motores en cubierta. Estas bombas poseen una fuerza de presión bastante considerable (187 bar) aunque también es posible generar presión con una bomba que está acoplada al motor de estribor del buque, similar a la bomba que está en el “VB Canarias”. Esta central hidráulica tiene un tanque con una capacidad de 600 litros de aceite, que se revisan con un nivel de forma periódica.



*Ilustración n° 73 Central hidráulica del VB Risbán.*

**Fuente: Elaboración propia.**

Al igual que en las maquinillas de remolque del “VB Canarias”, esta maquinilla solo tiene un motor hidráulico el cual es el que la hace girar en un sentido u en otro.

### **5.8.5 Accionamiento**

El accionamiento de este remolcador es neumático. En el puente existe el mando principal de la maquinilla que, bajo su panel, hay una línea de aire presurizada y una línea eléctrica para dar presión de aire al mando. La presión que se alcanza en el mando es de 8 bar gracias al acumulador. Para manejar los mandos es necesario apretar el pulsador de “aceptación de maniobra” el cual hace que entre el aire a la línea de control y nos permita mover la palanca hacia delante y hacia detrás. Desde el mando lo que se hace es mandar aire a un sistema de acción y distribución que controla el aceite hidráulico de mando que enviará una señal a las bombas y así enviar aceite hidráulico a la maquinilla.

En este sistema hay un pistón neumático (*Ilustración n° 74*) que se encarga de expandirse y ampliarse moviendo en su interior aceite hidráulico que se distribuye en el sistema mediante válvulas. Este aceite va directamente a la central hidráulica y de allí se distribuye a los motores hidráulicos. Es importante señalar que, como en el “VB Tenerife” el molinete de proa que posee las anclas también se controla con esta central hidráulica, aunque tiene su propio control en el puente, por lo que ésta tiene dos salidas hacia cubierta: una de ellas va hacia popa en dirección a la maquinilla y la otra va en dirección a proa hacia el molinete.



*Ilustración n° 74 Línea de accionamiento y distribución.*

**Fuente: Elaboración propia.**

En el panel de mando del puente puede seleccionarse también qué mando de la maquinilla usar, si el de puente o el de popa. Es posible mandar presión de aire al mando de puente o al mando in situ de la maquinilla, situado en cubierta. Aunque el mando se encuentre en distintos lugares, la presión o acciones que se realizan afectan de igual modo. En la *Ilustración n° 75* vemos las localizaciones del accionamiento y los mandos de la maquinilla, tanto el de puente como el *in situ*, y la central hidráulica.

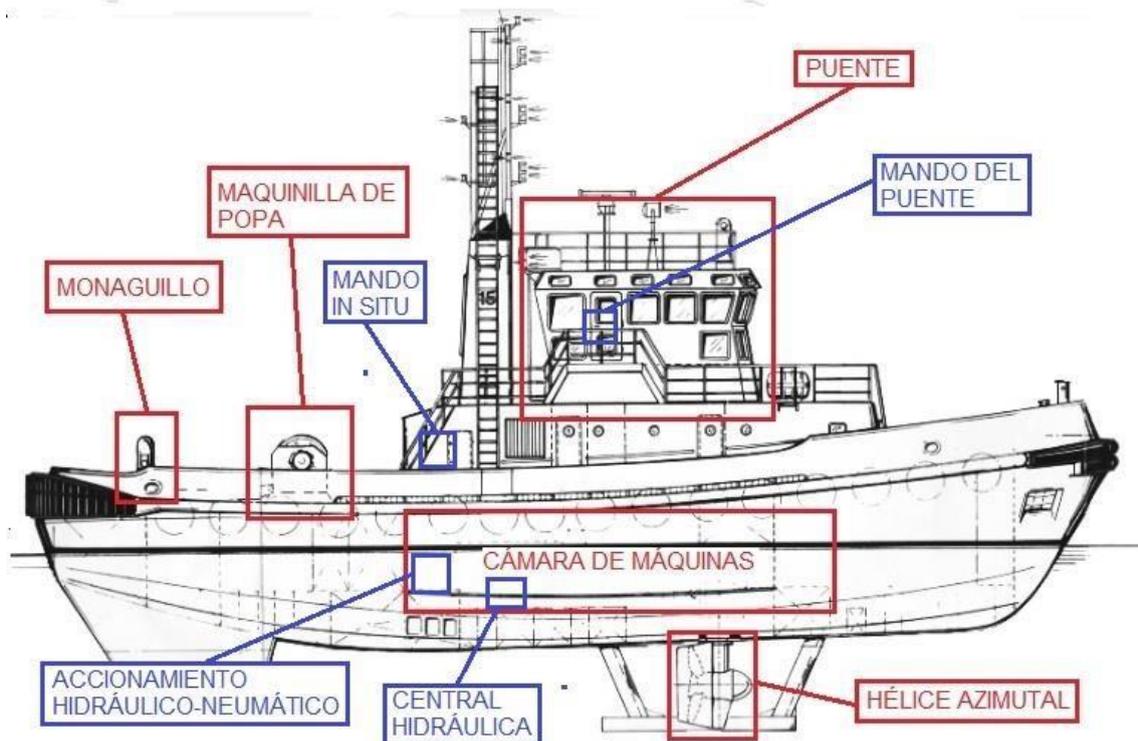


Ilustración nº 75 Accionamiento del VB Risbán. Fuente: [12]

### 5.9 Cuadro resumen de diferencias entre remolcadores.

	VB TENERIFE	VB CANARIAS	VB RISBÁN
Nº de Maquinillas	2	3	1
Nº de bombas hidráulicas	2	2	3
Accionamiento	Hidráulico	Hidráulico	Neumático
Fuerza de las bombas	Eléctrica	Motor de combustión	Eléctrica/Motor de Combustión
Tiro del remolcador	52 Tn	65 Tn	37 Tn
Propulsión	ASD (Velocidad de hélice variable)	ASD (V. constante y paso variable)	A un tercio de la proa.
Potencia	4134 CV	5440 CV	3000 CV

A continuación se mostrarán tres planos, uno por cada buque estudiado en este TFG para ver de forma más concisa las diferencias entre los mismos.

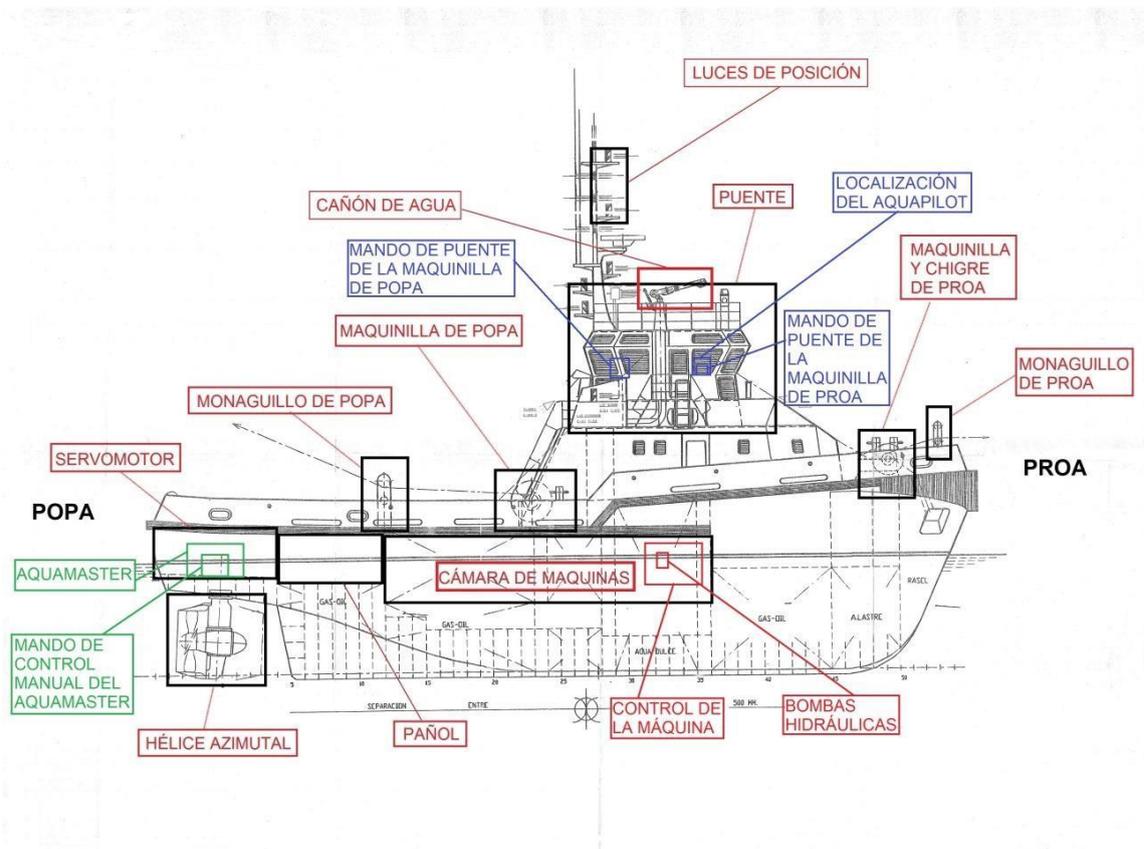


Ilustración nº 76 Plano general del VB Tenerife con los elementos dados. Fuente: [5]

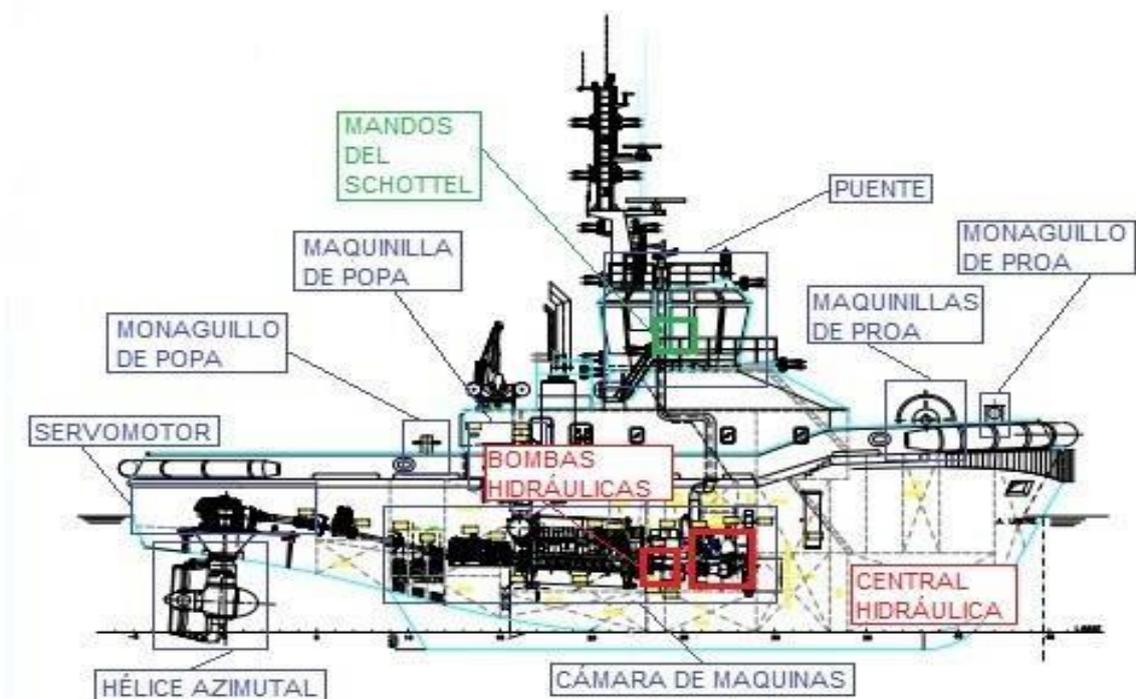
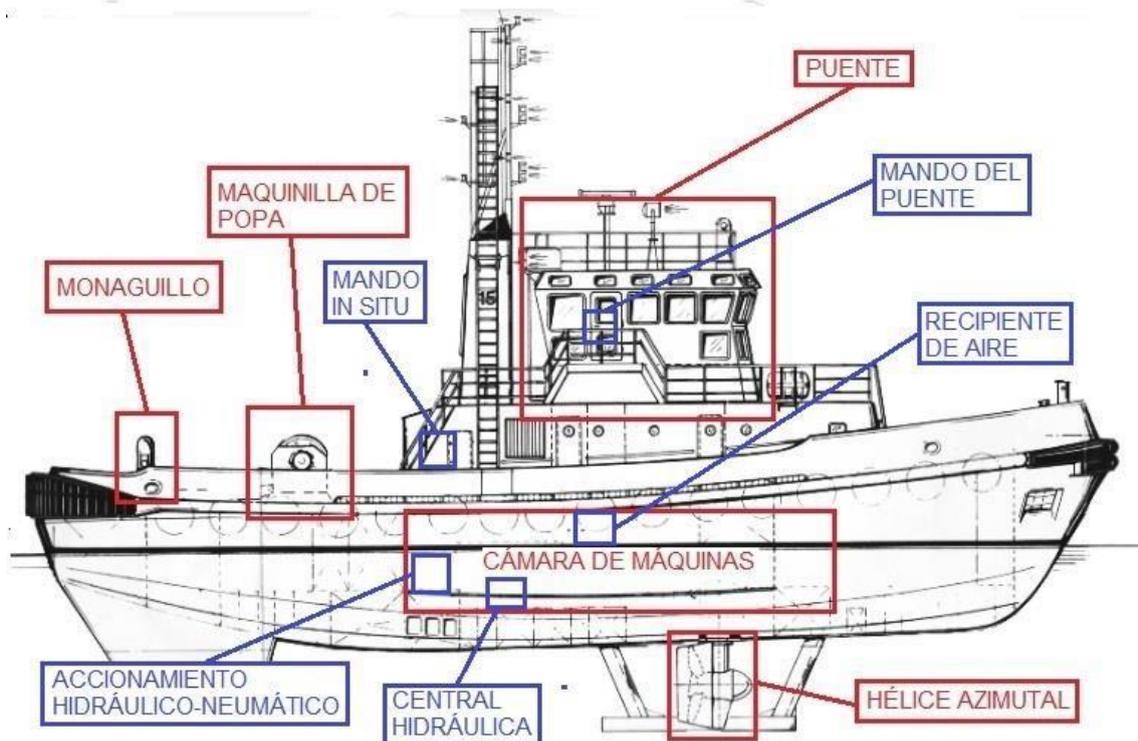


Ilustración nº 77 Plano general del VB Canarias con los elementos dados. Fuente: [11]



*Ilustración nº 78 Plano general del VB Risbán con los elementos dados. Fuente: [12]*

### 5.10 Esquema resumen de funciones a bordo de remolcadores portuarios.

A continuación se mostrará un esquema resumen de las funciones que desempeñan los tripulantes sobre los distintos sistemas que se han ido estudiando a lo largo de este Trabajo Fin de Grado.

Observando la *Ilustración nº 79*, y como hemos visto anteriormente, desde el puente pueden controlarse todos los sistemas que se usan en las maniobras de remolque: el Aquamaster para el gobierno del buque (líneas en verde), los motores principales para dar revoluciones a la hélice (líneas en rojo) y las maquinillas para los remolques (líneas en gris). De forma muy esquematizada y general, vemos que elementos controla el **CAPITÁN** o **PATRÓN** (Aquamaster y motores) y qué elementos controla el **JEFE DE MÁQUINAS** (las maquinillas y Aquamaster, a veces), aunque en algunos casos, como ya se ha visto, éste recibe la ayuda del **MECAMAR** o **MARINERO DE CUBIERTA**.

También hemos visto que tipos de propulsión azimutal existen, a popa y a un tercio de la proa (líneas en morado) y en la *Ilustración nº 79* puede verse como afecta a cada remolcador. El “VB Canarias” y el “VB Tenerife” usan propulsión azimutal a popa (ASD) y el “VB Risbán” usa propulsión a un tercio de la proa. La primera propulsión es más apta para *empujar*, por lo que estos buques suelen usar la maquinilla de proa mientras que la segunda es más apta para *tirar*, por lo que usan la maquinilla de popa.

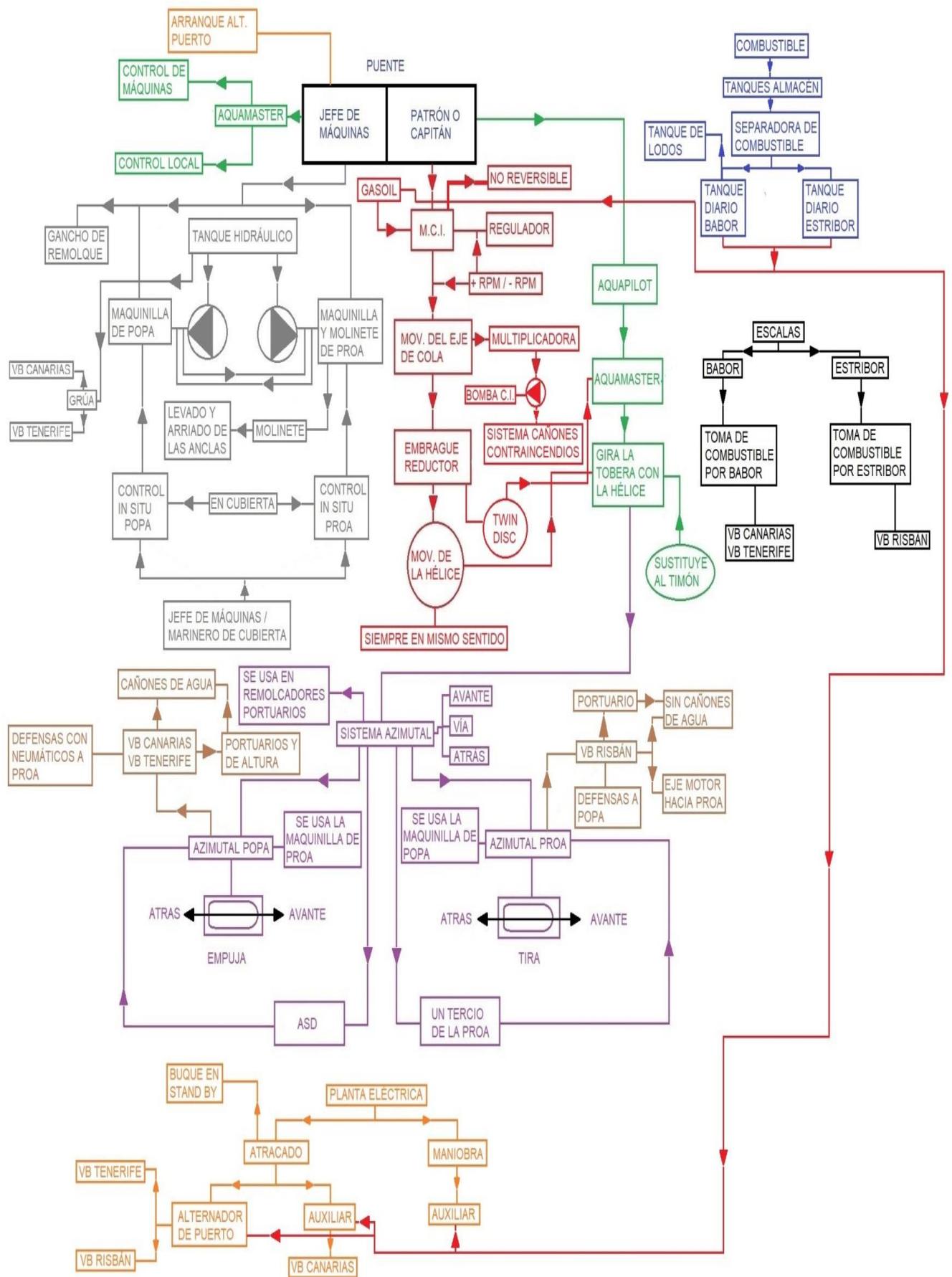


Ilustración nº 79 Esquema resumen de funciones a bordo de remolcadores portuarios.  
**Fuente: Elaboración propia.**



## **VI. CONCLUSIONES**



Este Trabajo Fin de Grado nació del planteamiento de cuatro objetivos. A lo largo de toda la elaboración de este Trabajo, siempre se ha intentado enfocar el trabajo de campo a poder alcanzarlos y, ahora, al final de este documento podemos decir que:

Hemos conocido los tipos de elementos de remolque que existen, tres, variando únicamente en su método de accionamiento, ya que su principio de funcionamiento es el mismo.

Hemos aprendido las cuatro maniobras que se pueden llevar a cabo con estos elementos, que son el atraque, el desatraque, el traslado y el remolque. Y también hemos aprendido como se llevan a cabo.

Hemos adquirido los conocimientos para el uso de los elementos de remolque. Hemos podido ver y aprender cómo funciona cada uno de éstos y hemos visto como se manejan.

Hemos entendido el funcionamiento de los mismos. Nos hemos internado en lo más profundo de los remolcadores para saber y entender que acciones, principios o movimientos son los que permiten que estos robustos barcos sean capaces de hacer lo que hacen. Hemos visto distintos tipos de sistemas hidráulicos y pudimos ver cómo funcionan y entender por qué funcionan así.



## **VII. BIBLIOGRAFÍA**



## VII. BIBLIOGRAFÍA

- [1] [www.google.es](http://www.google.es)
- [2] <http://apuntesjdrz.blogspot.com.es>
- [3] [www.ingenieromarino.com](http://www.ingenieromarino.com)
- [4] Ficha técnica del remolcador “VB Tenerife”.
- [5] Libreta de Planos del remolcador “VB Tenerife”.
- [6] Manual de a bordo del “Aquamaster Rauma”.
- [7] Manual del “Chigre-Molinete” de Proa.
- [8] Manual del “Chigre” de Popa.
- [9] [www.baixamar.com](http://www.baixamar.com)
- [10] Manual de gancho de remolque de disparo automático Ferri.
- [11] Libro de planos y datos técnicos del remolcador “VB Canarias”.
- [12] Libro de planos y datos técnicos del remolcador “VB Risbán”.

