



Universidad de La Laguna

# **ShoreTension**<sup>®</sup>

DYNAMIC MOORING SYSTEM

TRABAJO DE FIN DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
GRADUADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS

UNIDAD DE INGENIERÍA MARÍTIMA  
SECCIÓN NÁUTICA, MÁQUINAS Y RADIOELECTRÓNICA NAVAL  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA  
Santa Cruz de Tenerife

**Jagmohan Singh Bisht**

**Julio 2017**

**D. Santiago José Rodríguez Sánchez y D. José Agustín González Almeida** profesores asociados de la UDE de Ingeniería Marítima del Departamento de Ingeniería Agraria, Náutica, Civil y Marítima de la Universidad de La Laguna, certifican que:

**D. Jagmohan Singh Bisht**, Alumno que ha superado las asignaturas de los cuatro primeros cursos del Grado en Tecnología Marinas, ha realizado bajo nuestra dirección el Trabajo Fin de Grado nominado “ShoreTensión Dynamic Mooring System” para la obtención del Título de Grado en Tecnologías Marinas por la Universidad de La Laguna.

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

Para que conste y surta los efectos oportunos, expedimos y firmamos el presente certificado en Santa Cruz de Tenerife a 13/06/2017.

Directores del Trabajo Fin de Grados

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero dar mis agradecimientos al equipo de trabajadores del taller donde hice las prácticas, **Talleres Nicolás Quintana S.L**, pues además de aprender muchas cosas, como por ejemplo como realizar el mantenimiento de los grupos electrógenos, cambiar el aceite de un vehículo etc.... Tuve la oportunidad de poder conocer el sistema de amarre y les agradezco que me hayan dejado acceder a las instalaciones de prueba. Por otro lado, agradeciera a **D. Santiago José Rodríguez Sánchez y D. José Agustín González Almeida** que aceptaron ser mis tutores y consiguieron guiarme durante el presente trabajo.

Agradecer a mi familia, a mi padre y a mi madre los que me apoyaron en cada una de mis decisiones a lo largo de todos estos años.

Gracias a todos.

# ÍNDICE

## ÍNDICE DEL CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN .....	9
II. OBJETIVOS .....	11
2.1 Objetivos Generales .....	12
2.2 Objetivos Específicos .....	12
III. Antecedentes históricos.....	15
3.1 Amarre tradicional.....	18
3.2 Bolardo semiautomático (TTS Group).....	22
3.3 Vagón metálico (TTS Group) .....	23
3.4 Cavotec (Sistema por vacío) .....	24
3.5 Amarre magnético (Mampaey) .....	26
3.6 Ganchos de amarre de liberación rápida .....	28
3.7 Sistema hidráulico ShoreTension (KRVE) .....	31
IV. Material y Métodos .....	35
4.1 ShoreTension.....	35
4.2 Descripción de producto.....	35
V. Resultados .....	38
5.1 Plano de disposición general .....	39
5.2 Transporte del sistema ShoreTension.....	40
5.3 Diagrama de elevación para el sistema ShoreTension .....	42
5.4 Instalación del sistema ShoreTension .....	43
5.4.1 Planificación.....	43
5.4.2 Preparación en el muelle .....	45
5.4.3 Posicionamiento del ShoreTension .....	46
5.4.4 Fuerzas resultantes .....	47
5.4.5 Descripción detallada del mecanismo del ShoreTension .....	49
5.4.6 Plan de amarre del ShoreTension – Esprin de popa y proa.....	51
5.4.7 Control.....	52
5.4.8 Extensión del sistema .....	52
5.4.9 Pasteca de retorno.....	54
5.4.10 Preparación abordó.....	55
5.4.11 Activación del sistema ShoreTension .....	58
5.4.12 Supervisión del sistema .....	60
5.5 Desvinculación del sistema .....	61

VI. Servicio de mantenimiento.....	63
6.1    Mantenimiento General.....	63
6.2    Certificación por un organismo.....	67
6.3    Hidráulico.....	68
6.3.1    Ajuste de los niveles de aceite.....	68
6.3.2    Mangueras y acoplamientos .....	68
6.3.3    Nivel de nitrógeno.....	68
6.3.4    Esquema hidráulico .....	69
6.4    Eléctrico .....	69
6.4.1    Recarga de batería .....	69
6.4.2    Diagrama de los fusibles .....	70
6.4.3    Sustitución de la tarjeta SIM .....	71
6.4.4    Cambiar el punto de acceso de la red (Access Point Network-Code) .....	74
6.5    Solución de problemas .....	75
6.6    Lista de alarmas.....	75
VII. Bibliografía .....	80

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Piedra puntiaguda. Fuente [9].....	15
Figura 2: Líneas de amarre disposición típica. Fuente: [2].....	16
Figura 3: Disposición general. Fuente: [2].....	17
Figura 4: Ángulo de los amarres tanto vertical como horizontal. Fuente: [2] .....	18
Figura 5: Variación del ángulo con la variación de la distancia de amarre. Fuente: [2] .....	18
Figura 6: Noray. Fuente:[25] .....	19
Figura 7: Bitas. Fuente: [27] .....	20
Figura 8: Cabrestante. Fuente: [28] .....	20
Figura 9: Problemática que presentan los Chirgas de tensión constante. Fuente: [2] .....	21
Figura 10: Bolardo semiautomático. Fuente: [3] .....	23
Figura 11: Vagón semiautomático. Fuente: [3].....	24
Figura 12: Sistema de vacío. Fuente: [4] .....	24
Figura 13: Instalación en puerto del sistema de vacío. Fuente: [4] .....	25
Figura 14: Sistema de vacío instalado en un buque.....	26
Figura 15: Brazo para el amarre magnético. ....	27
Figura 16: Funcionamiento magnético del brazo docklock. Fuente: [5].....	27
Figura 17: Sensor de láser. ....	28
Figura 18: Pantalla LED.....	29
Figura 19: Gancho de amarre.....	30
Figura 20: Sistema de tres ganchos de amarre. ....	30
Figura 21: ShoreTension.....	31
Figura 22: Sistema ShoreTension en la terminal TCT (Terminal de contenedores). Fuente: [28] .....	35
Figura 23: Señal de precaución. Fuente: [28].....	36
Figura 24: Plano del dispositivo de amarraje. Fuente: [28] .....	39
Figura 25: Horquilla en el Sistema ShoreTension. Fuente: [28].....	40
Figura 26: Otro método para desplazar el sistema. Fuente: [28] .....	41
Figura 27: Señal de alerta con respecto al peso del sistema. Fuente: [28].....	41
Figura 28: Diagrama de elevación. Fuente: [28] .....	42
Figura 29: Planificación. Fuente: [28].....	43
Figura 30: Ejemplo de posicionamiento del ShoreTension. Fuente: [28] .....	44
Figura 31: Buque amarrado sin ShoreTension. Fuente [28] .....	44
Figura 32: Buque amarrado con ShoreTension. Fuente: [28] .....	44
Figura 33: Operador de montacarga. Fuente: [28] .....	45
Figura 34: Unidad de energía hidráulica. Fuente: [28].....	45
Figura 35: Precaución en los puntos de fijación. Fuente: [30] .....	46
Figura 36: Posición incorrecta del equipo, pues no se encuentra en línea con los puntos fuertes. Fuente: [28].....	47
Figura 37: Posición correcta del cilindro ShoreTensión, en este caso se encuentra alineado con los puntos fuertes. Fuente: [28].....	47
Figura 38: Diagrama de fuerzas. Fuente: [28] .....	47
Figura 39: Ángulo de 90º. Fuente: [28] .....	48
Figura 40: Ángulo abierto. Fuente: [28] .....	48
Figura 41: Mecanismo ShoreTension. Fuente: [28] .....	49
Figura 42: Pasteca de retorno. Fuente: [28] .....	50
Figura 43: El sistema de amarre. Fuente: [28] .....	50

Figura 44: Válvulas. Fuente: [28].....	52
Figura 45: Las tres mangueras. Fuente: [28] .....	53
Figura 46: Horquilla delantera. Fuente: [28].....	53
Figura 47: Pasteca de retorno. Fuente: [28] .....	54
Figura 48: Pasteca de retorno en uso. Fuente: [28].....	54
Figura 49: Elevando la cuerda hasta el buque. Fuente: [28].....	56
Figura 50: La forma más adecuada de colocar una soga. Fuente: [28].....	56
Figura 51: Línea de amarre aseguradas de una forma adecuada. Fuente: [28] .....	57
Figura 52: Método adecuado. Fuente: [28] .....	57
Figura 53: Válvula azul. Fuente: [28] .....	59
Figura 54: Interruptor. Fuente: [28] .....	60
Figura 55: Panel solar y rail. Fuente: [28].....	63
Figura 56: Conexiones de mangueras. Fuente: [28].....	64
Figura 57: Pasadores de horquilla trasera. Fuente: [28].....	64
Figura 58: Pasador de horquilla delantera. Fuente: [28] .....	65
Figura 59: Spray. Fuente: [23] .....	65
Figura 60: Colector. Fuente: [28] .....	66
Figura 61: Advertencias. Fuente: [28] .....	66
Figura 62: Esmalte. Fuente [26] .....	67
Figura 63: Certificado de conformación. Fuente: [28] .....	67
Figura 64: Valor del nitrógeno. Fuente [28] .....	68
Figura 65: Esquema hidráulico. Fuente[28] .....	69
Figura 66: Conexiones de energía de 230 voltios. Fuente: [28].....	69
Figura 67. Fuente [28] .....	71
Figura 68: El lateral de caja de datos. Fuente: [28].....	71
Figura 69: Unidad de control. Fuente: [28] .....	72
Figura 70: Caja de datos. Fuente: [28] .....	72
Figura 71: Unidad de control. Fuente [28] .....	73
Figura 72: Extracción de la tarjeta SIM. Fuente [28].....	73
Figura 73: Tarjeta SIM. Fuente [28].....	74
Figura 74: Luces de alarma en el sistema ShoreTension. Fuente [28].....	76



# **I. INTRODUCCIÓN**

# 1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de esta última década, el mundo marítimo se ha visto afectado cada vez más por las nuevas tecnologías. Este desarrollo exige que los profesionales encargados del mantenimiento de la instalación marítima, deban estar cada vez más preparados.

En los buques la maquinaria es uno de los temas más importantes en el atraque y el desatraque, en el atraque es necesario un sistema de amarre y el buque queda a manos de las condiciones atmosféricas de viento y corriente del lugar que le obligan a ser amarrado al muelle.

Hoy en día, la mayoría de los buques son amarrados con estachas como lo eran tradicionalmente durante miles de años. Pero debido a la dinámica y las cargas inherentes que afectan a los cuerpos grandes, como los barcos, cualquier cambio que se quiera aplicar a esta práctica requerirá una innovación significativa para que los nuevos sistemas sean más rentables y más seguros que sus predecesores.

Por lo tanto, la empresa llamada KRVE ha desarrollado un sistema muy sencillo junto con la Autoridad Portuaria de Róterdam, que ofrece una tensión permanente sin necesidad de energía externa constante. El sistema se llama ShoreTension. Este, lo que hace es reducir el movimiento del buque provocado por el viento, la corriente y los buques que pasan durante la estancia en puerto.

## **II. OBJETIVOS**

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivos Generales**

El objetivo principal de este trabajo es el de demostrar los cambios que ha ido sufrido el sistema de amarre. Se podría decir que nos enfrentamos a un cambio radical entre el antiguo tradicional y aceptable sistema de amarre y el revolucionario campo automatizado. En este último el proceso de amarre representa un nuevo terreno en la tecnología marítima.

Esta tecnología nos permitirá agilizar la maniobra de carga y descarga de los contenedores del buque, lo que nos permite un gran ahorro del tiempo y de dinero. Pues al reducir el movimiento del buque a en las operaciones de carga y descarga el puerto puede maniobrar con mayor rapidez.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- En este caso se hablará de como tenemos que hacer la planificación en el puerto para colocar dichos sistemas antes de que el buque llegue.
- Como tenemos que realizar el amarraje del buque.
- Explicaremos las distintas formas de la vigilancia del sistema. (En este caso estamos hablando de vigilar la reacción del sistema en cada momento del día.).
- También hablaremos de los servicios y mantenimientos del sistema. Pues este requiere un mantenimiento adecuado durante un cierto periodo para su correcto funcionamiento.

# **ShoreTension<sup>®</sup>**

DYNAMIC MOORING SYSTEM



### **III. ANTECEDENTES HISTÓRICOS**

### 3. Antecedentes históricos

El amarre es uno de los sistemas que menos ha evolucionado en los buques. Este está basado en un principio que apenas ha sido modificado a lo largo de la historia, junto con el fondeo. Son los sistemas más arcaicos de la tecnología naval. En la antigüedad el método utilizado para realizar el amarre del buque era clavando rocas de forma puntiaguda en la arena, pues estos actuaban como noráis primitivos, en los que se afirmaban los buques. [9]

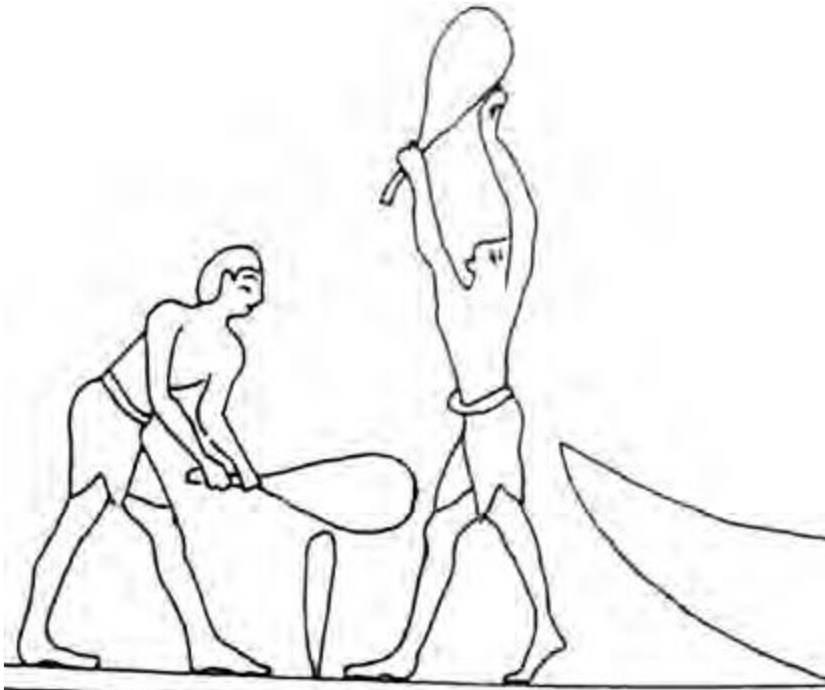


Figura 1: Piedra puntiaguda. Fuente [9]

También hay que tener en cuenta que los buques en aquellas épocas eran bastantes ligeros, por lo que se utilizaba la varada que consistía en sacar las embarcaciones del agua que era también una buena opción para evitar el amarre. [1] Pero con el paso del tiempo y el aumento del tamaño de las embarcaciones la varada era poco práctico. Por ello se inventó el sistema de amarre, lo que permitía que, la embarcación esté dentro del mar sujeto a un punto cercano a la costa. Hoy en día, el amarre del buque se realiza mediante cabos o cables al puerto. Los cabos se distribuyen a lo largo del muelle para que el buque se quede estable en su sitio.

El amarre del buque se puede dividir en tres tipos y todos tienen que estar lo más cerca a la popa y proa posible:

En primer lugar, tenemos los **largos**. Estos son los amarres que salen por la popa y proa del buque, amarrándose en el puerto lo más lejos posible. Estos sirven para evitar los movimientos longitudinales.

Después están los **spring o esprín**. Estos son los opuestos a los largos, tienen la misma función de evitar los movimientos longitudinales del buque. Un ejemplo de esto sería, que el esprín de proa trabaja hacia a popa evitando el el buque se mueva hacia proa.

Por último, tenemos el **través** que trabajan perpendicularmente al muelle, evitando la separación del buque del muelle, reduciendo así el movimiento transversal del buque.  
[2]

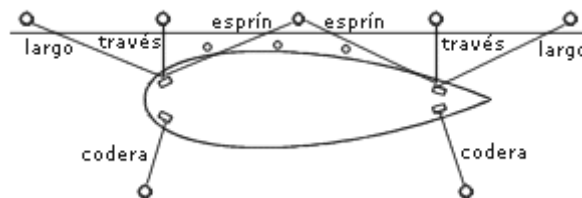


Figura 2: Líneas de amarre disposición típica. Fuente: [22]

Cada una de las líneas de amarre se pueden reforzar con el aumento del número de amarres. El motivo de aumentar el número es debido al tamaño del buque, o bien por las condiciones atmosféricas, lo que permite que no todas las líneas estén sometidas al mismo esfuerzo. [2] Estos pueden ser cables de acero o cabos.

Así que, el sistema de amarres que se observa en la figura 2, es una disposición general, por lo que no tiene que cumplirse al 100%. En la figura siguiente podemos observar otra variedad, donde podemos ver que no hay únicamente dos puntos de amarre, pues no hay dos amarres que salgan del mismo punto. Pero, hay una similitud con la disposición general. En los dos casos se ve que hay tres orientaciones de cabos: una hacia el exterior que pertenece a los largos, otra perpendicular y hacia el interior la última que corresponde a los esprines.



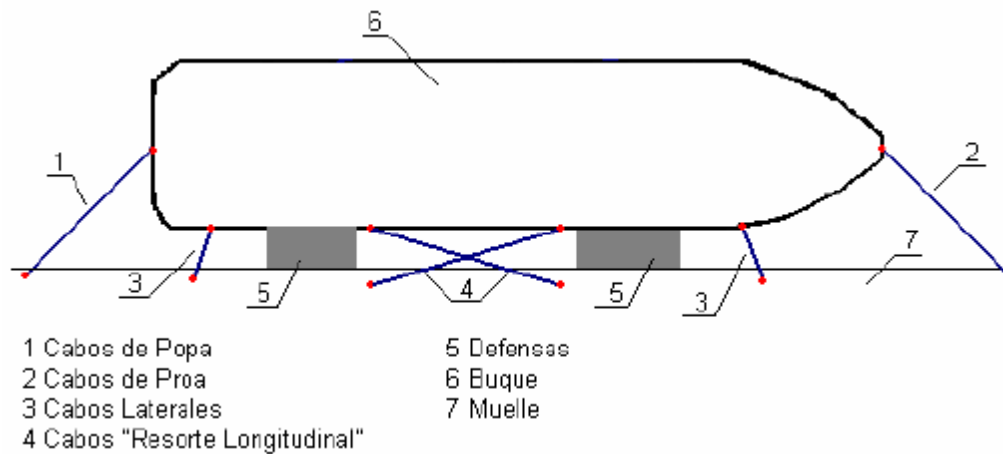


Figura 3: Disposición general. Fuente: [2]

En el periodo de estancia del buque en el puerto, las condiciones meteorológicas pueden variar, por lo tanto, se debe modificar el sistema de amarre también para que la tensión en cada cabo sea lo más óptima posible y así evitaríamos que haya líneas que estén soportando un sobrepeso o que haya líneas que estén flojas. Por ejemplo, algunos métodos para reducir la carga en los cabos podrían ser:

- Cuando el buque está expuesto a mucho viento, en este caso afectará más o menos dependiendo del área expuesto al viento, teniendo en cuenta la dirección de este.
- Pero en cambio la corriente afecta más cuando es perpendicular al costado del buque y si el calado bajo quilla es pequeño.
- En el caso de las olas, estas son fáciles de contrarrestar, pero la dificultad aparece con las grandes olas, sobre todo los que aparecen en un periodo de entre cinco minutos y veinte segundos, estos pueden crear un aumento del movimiento del buque.
- Las mareas mueven el buque produciendo un cambio de distancia entre los dos puntos de amarre, lo que da lugar a que el cabo esté demasiado tenso o demasiado flojo.
- Por el paso de otros buques que crean oleaje.
- Las operaciones de carga y descarga que provocan una variación en el calado del buque. Pues esto causa los mismos problemas que las mareas.

### 3.1 Amarre tradicional

El amarraje tradicional del buque era mediante cabos. La eficiencia de estos dependía en gran medida de los ángulos que formaban con la horilla, tanto horizontal como vertical.

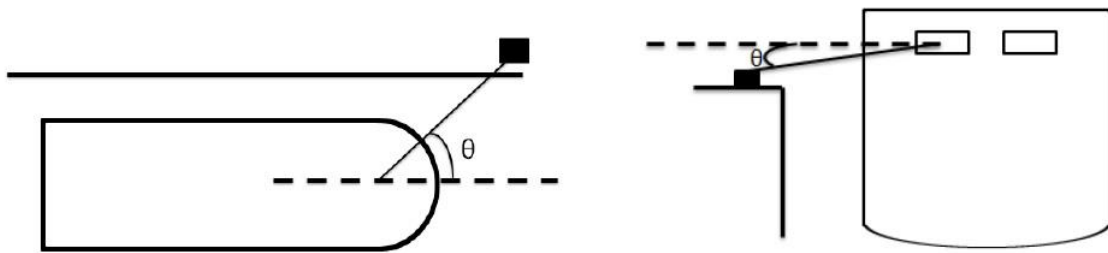


Figura 4: Ángulo de los amarres tanto vertical como horizontal. Fuente: [2]

En las dos figuras anteriores podemos ver el ángulo con respecto a la horilla tanto horizontal como vertical.

Por otro lado, al alejar el punto de amarre en el muelle logramos un ángulo menor, esto quiere decir que aumenta la eficiencia y con ello reducir el número de cabos a utilizar en la maniobra.

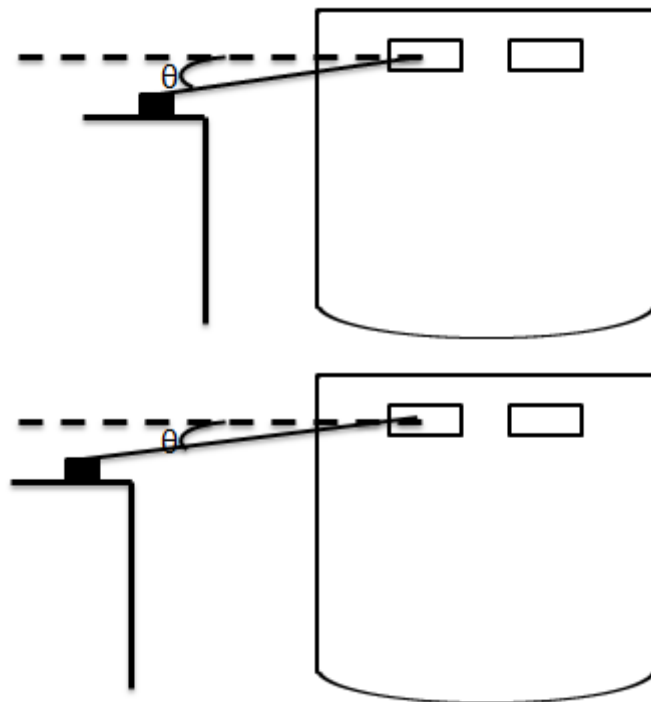


Figura 5: Variación del ángulo con la variación de la distancia de amarre. Fuente: [2]

Debe haber una línea de amarre orientada en la dirección de la fuerza exterior (como es el viento y la marea) esta será más efectiva que una línea de amarre que no está orientada a dicha dirección de fuerza. No hay necesidad de tener amarras en todas las direcciones, la distribución de las amarras debe ser tal que pueda ser capaz de aguantar la fuerza que provenga de cualquier dirección. Para ello se usan traveses, esprines y largos. Por lo tanto, el amarre tradicional no solo depende del buque, sino que también depende del puerto y los norays que este disponga, para poder realizar una distribución de fuerza equilibrada e efectiva. En caso de que el número de norays fuese escaso y se tuviera que poner muchas líneas de amarre en el mismo noray, este acabaría rompiéndose por la sobrecarga, aunque los cabos estuviesen dentro de la línea de trabajo. Por esta razón las líneas de amarre se distribuirán de forma equivalente a lo largo del muelle, con una distancia de 15-50 metros dependiendo del tamaño del buque que este en el muelle.



*Figura 6: Noray. Fuente: [25]*

En el buque el sistema de amarre estará compuesto por los cabos, por las bitas y chigres o cabrestantes. La bita que en este caso se encuentra en el buque es similar a los norays, generalmente suelen haber 4 bitas de atraque y dos de remolque en la proa. Lo mismo pasa en popa, y a lo largo del buque, habrá tantas bitas como sea necesario con

tal de que no haya una separación de más de 40 metros entre cada una de las bitas, estos se encuentran a ambos lados del buque.



Figura 7: Bitas. Fuente: [27]

Por otro lado, el cabrestante es un artilugio que nos permite tirar y tensar un único cabo en cualquier dirección. Este está compuesto de un motor eléctrico de dos velocidades que lo podemos encontrar dentro de la máquina. Estos cabrestantes tienen que ser capaces de soportar una carga igual a la de la rotura de la línea de amarre.



Figura 8: Cabrestante. Fuente: [28]

Por último, los chigres son la solución a la variación de tensión en los cabos debido a las condiciones meteorológicas durante la estancia del buque en el puerto, estos son chigres de tensión constante, que nos sirven para evitar corregir manualmente la tensión de las líneas de amarre. Pero esta solución no es eficiente pues hace que el buque se mueva.

A continuación, en la figura podemos ver el funcionamiento de los chigres de tensión constante, en este caso se utiliza solamente dos líneas de amarre para aumentar el problema, y que lo podamos ver con mayor facilidad.

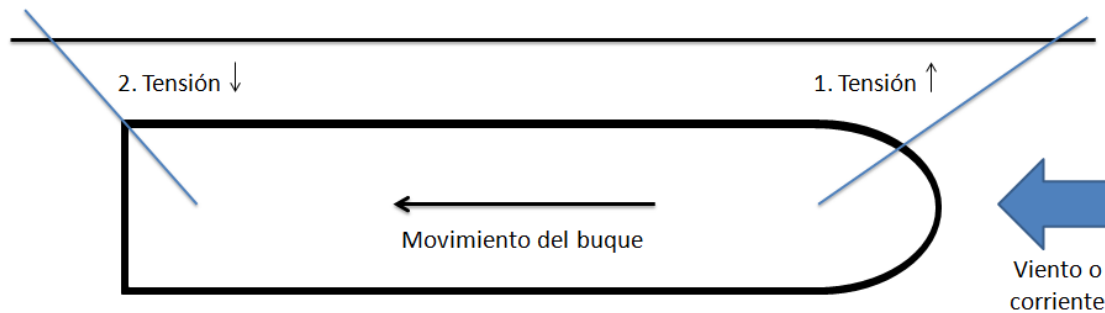


Figura 9: Problemática que presentan los Chirgas de tensión constante. Fuente: [2]

Como la fuerza le impulsa a alargarse el cable 1 aumenta su tensión. Por otro lado, el cable 2 se va aflojando ya que no hay ninguna fuerza que le obligue a estar tenso. Entonces el cable del chigre 2 va recogándose para que se tense. En caso de que la fuerza se mantenga durante cierto tiempo en el primer cable, este se irá largando y el segundo se irá recogiendo y esto da lugar a que el buque se mueva hacia popa. [2]

Por otra parte, en las líneas de amarre tenemos que tener en cuenta, el aumento de las longitudes de los cabos, lo que conlleva a reducir de forma proporcional la resistencia de este, y gracias a esto el buque es capaz de responder de una forma adecuada a fenómenos dinámicos. En cambio, una línea de amarre corta reduce el movimiento del buque, pero sufriendo una sobrecarga mayor de lo normal.

En cuanto a las líneas de amarres (los cabos o cables), las sociedades de clasificación no dicen mucho en cuanto a la carga de trabajo permitida. La B.S.R.A (Research Investigation for the improvement of ship mooring methods), que son unos estudios estadísticos basados en la experiencia, que nos dice que la carga de trabajo de las amarras debe estar entre el 30-50% de la carga mínima de rotura. Pues con esto conseguimos evitar trabajar en la zona plástica del material, adelantarnos al acontecimiento de pérdidas producidas en las uniones e impedir el fenómeno de fatiga [OMI, 2008; Villa, 2015]. Si se supera la carga mencionada anteriormente, se tendrá que aumentar el número de cables para que la fuerza se reparta entre más amarras y así reducir la tensión de cada una de ellas. Las sociedades de clasificación se centran más en el número de amarras, y las dimensiones de estas, gracias a las tablas y las fórmulas que nos facilitan para calcular el diámetro y la longitud que necesitamos de estos. Los cabos tienen que ser dimensionados de forma paralela a los polines de cubierta, ya que de nada servirá si las líneas de amarre puedan soportar más tensión si los polines o bitas no son capaces de soportar dicha tensión. La consecuencia de esto daría lugar al arrancamiento de las bitas sin que las líneas de amarres estén rotas. [2]

Los requisitos que debe cumplir un sistema de amarre para sustituir al actual deben ser:

- Inmovilizar el buque ante fuerzas exteriores como pueden ser las olas, corrientes, viento... Tienen que ser capaces de soportar las cargas dinámicas.
- Reducir el espacio en el muelle para poder realizar la maniobra de amarre de forma segura.
- Automatizados para reducir personal necesario.
- Que no emita o reduzca las emisiones de CO<sub>2</sub> en el muelle, pues la sala de máquinas del buque que está encendida más tiempo del necesario. Por otro lado, reducir también el consumo de combustible y la contaminación.

Como solución a estas necesidades, han surgido diferentes sistemas automatizadas al amarre de los buques, donde algunos tienen más campo de aplicación que otros o porque el avance tecnológico ofrecido es mayor. A continuación, hablamos un poco de cada una de ellas.

### **3.2 Bolardo semiautomático (TTS Group)**

Este sistema pretende reducir el personal en el muelle en las operaciones de atraque del buque. Para lograr esto el bolardo se opera a distancia, una vez que el buque se haya colocado en paralelo al muelle y no muy lejos de esto se pone en funcionamiento el sistema. Un operario a través de un control remoto y desde el puente del buque, este último inclinará el brazo para que un tripulante pueda encapillar la amarra en el pivote. Tras ello el pivote regresará a la posición inicial y se tensará el cabo desde el cabrestante de cubierta. El sistema mantendrá la tensión del cabo de forma automática, durante toda la estancia del buque en el puerto. Para el desamarre del buque, el bolardo se vuelve a inclinar hacia el buque reduciendo la tensión del cabo. [3]

El bolardo semiautomático está constituido por tres sistemas diferentes:

- Un sistema hidráulico que permite que el brazo sea telescópico.
- Sistema hidráulico para su inclinación.
- Un sistema electrónico para poder ser controlado desde cierta distancia.



Figura 10: Bolardo semiautomático. Fuente: [3]

### 3.3 Vagón metálico (TTS Group)

El grupo TTS nos presenta otras soluciones, esta consiste en la eliminación del uso de los cabos para las operaciones de amarre. Este sistema tiene en un brazo metálico que se agarra al casco del buque. Pero para que esto funcione hay que realizar unas modificaciones en el buque y estos deben disponer en la obra muerta de dos puntos de amarre. Estos puntos están ubicados en la popa y proa del buque, pues consta de un cilindro en una zona hueca del casco, como podemos observar en la imagen de abajo.

Este sistema también es controlado a distancia, una vez que el buque está en el muelle un operario guía el brazo hacia el bolardo a través de un joy-stick. A la hora de desatracar se usa el mismo método. El sistema también ofrece una monitorización de la carga con información a tiempo real. La única gran inconveniencia es que el sistema solo se mueve en dirección vertical. [3]



Figura 11: Vagón semiautomático. Fuente: [3]

### 3.4 Cavotec (Sistema por vacío)

Estas son unas ventosas que crean vacío para adherirse a planchas metálicas. Estos pueden ser instalados tanto en el buque como en el muelle, pero en nuestro caso vamos a tener más en cuenta los que están en el muelle. Cada una de las ventosas tiene una capacidad de 20 toneladas, pero dependiendo del tamaño del buque esta puede aumentarse hasta 80 toneladas uniendo diferentes ventosas. [4] Se necesitan como mínimo dos unidades, una a popa y otra a proa. El sistema permanece detrás de la línea de defensa para resguardarse de impactos durante la maniobra de atraque, una vez que el buque está en posición las ventosas son pegadas. Con este sistema podemos realizar el amarre en menos de un minuto, lo cual nos ayuda a reducir el tiempo de los prácticos y remolcadores. Por otra parte, disminuye la emisión de CO<sub>2</sub> pues el tiempo que permanece encendida la máquina propulsora es muy reducida.

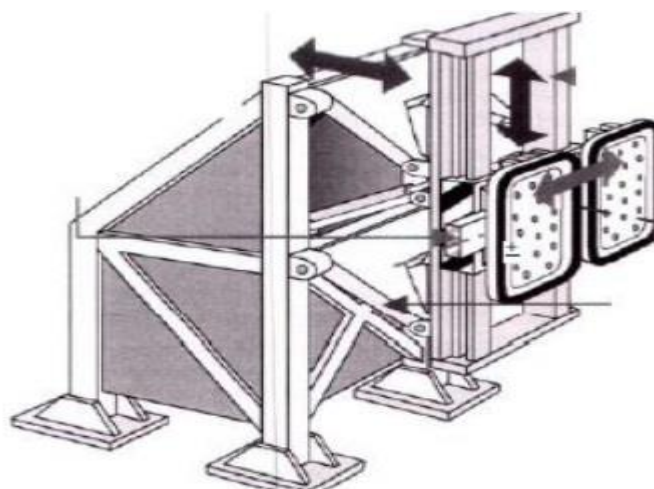


Figura 12: Sistema de vacío. Fuente: [4]



Podemos apreciar en la imagen anterior que el sistema permite un pequeño movimiento vertical que nos permite que el sistema pueda actuar con normalidad en los movimientos de la marea, cambios de calado debidos a las operaciones de carga y descarga. En caso de que se llegue al punto final del raíl, el sistema de forma automática desconecta las ventosas y las sube o baja, dependiendo de la situación y las vuelve a pegar. Este cambio solo se realiza si no hay riesgos de dañar el buque o al personal. También permite un pequeño movimiento horizontal y una pequeña inclinación, esto ocurre en caso de que el buque no esté completamente paralelo al muelle. Cada ventosa tiene un sistema de generación de vacío. Estas, están compuestas por sellos de goma que son rígidos, que permiten absorber las pequeñas oscilaciones del buque. Por último, el sistema tiene unos sensores que miden la carga de cada ventosa de forma continua, y este puede ser operado a distancia por una sola persona. Por otro lado, el sistema de monitorización puede funcionar incluso ante una caída energética. [4]



*Figura 13: Instalación en puerto del sistema de vacío. Fuente: [4]*



Figura 14: Sistema de vacío instalado en un buque.

El grupo TTS ofrece también otra solución basada en el mismo sistema, la desventaja de este método es que esta poco desarrollado, pues tiene una flexibilidad reducida. Este solo puede moverse verticalmente a través de unos raíles. [4]

### 3.5 Amarre magnético (Mampaey)

Mampeay ha desarrollado un sistema muy parecido al anterior, pero en este caso se cambia el mecanismo de adherencia. Pues se utilizan placas magnéticas en lugar de un sistema de vacío, cuyo nombre hay puesto docklock. Este es un prototipo que se está probando en uno de los buques de Holanda, el Bunker MTS Valburg. [5] A la hora de las operaciones de transferencias de combustible este se amarra a otro buque, que generalmente tiene un francobordo superior, mediante el sistema de amarre magnético. Este prototipo está siendo utilizado como banco de prueba para después poder realizar la misma maniobra, pero desde el puerto.

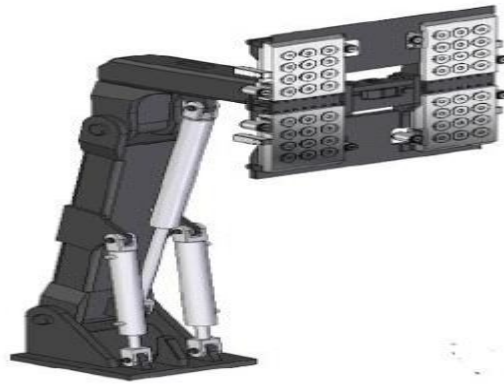


Figura 15: Brazo para el amarre magnético.

Es un sistema muy simple, una vez activado el mecanismo, se genera el flujo magnético que con el brazo hidráulico se queda adherido al casco del buque de al lado.

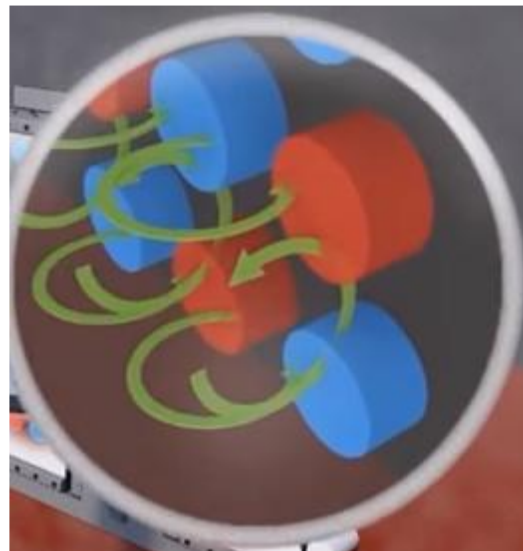
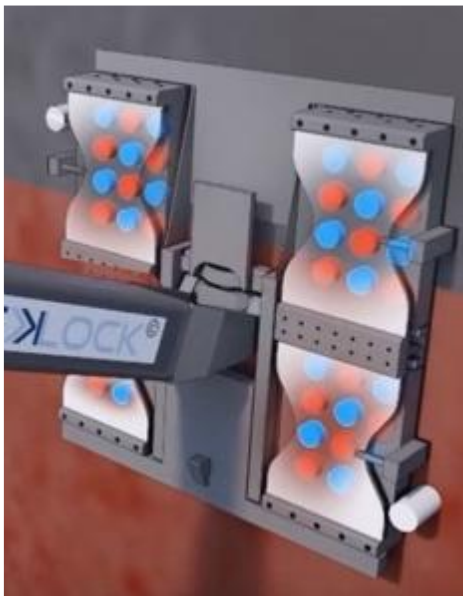


Figura 16: Funcionamiento magnético del brazo docklock. Fuente: [5]

Docklock es un sistema totalmente automatizado, pues tiene la capacidad de detectar el casco del buque de forma automática y colocarse en posición sin la ayuda de operarios. El sistema también nos da una serie de ventajas con respecto a otros sistemas tradicionales, y todas están relacionadas con la seguridad y eficiencia. [6]

- Prácticamente se eliminan riesgos de accidentes.
- El sistema también se puede monitorizar al tiempo real.
- La maniobra se realiza en menos de un minuto y aún más rápido el desacoplamiento pues este tarda menos de veinte segundos.
- Ante una emergencia responde mejor.

- La contaminación es baja debido a la reducción de uso de motores.
- No hay deterioro por calor, humedad y rayos Ultra violeta.

### **3.6 Ganchos de amarre de liberación rápida**

Este sistema, también es automático que es utilizado en las maniobras de atraque, amarre y desatraque. Es un sistema conocido como Quick Release Hooks (QRH), la empresa manufactura es Mampaey y Trelleborg.

QEH dispone de un sistema de un monitor central que permite la conexión entre el buque y el puerto, así se puede monitorizar y controlar a distancia de la carga, ayudas para el atraque y monitorización del clima. Para el atraque en el muelle se ubican dos punteros láseres y una pantalla LED. El objetivo del láser es medir la distancia entre el buque y el muelle, que después se muestra en la pantalla LED. En la pantalla LED también se muestra la velocidad del buque. Los dos puntos láseres están separados entre sí a una cierta distancia. [7]



*Figura 17: Sensor de láser.*



Figura 18: Pantalla LED.

En la monitorización se destacan tres estaciones diferentes. En primer lugar, está la meteorológica, pues esta controla las diferentes variables como la velocidad del viento, su dirección, la humedad, la temperatura del aire y sobre todo, la presión barométrica. Por otra parte, el sensor de corriente, que consta de una brújula que determina la velocidad, la dirección y la temperatura de la corriente. Por último, tenemos tres sondas que se encuentran a distintas profundidades, con las que podemos medir el periodo y amplitud de las olas, las mareas, como la salinidad densidad del agua.

A la hora de hablar de método de amaraje, en este caso se utilizan unos ganchos en lugar de norays. En el caso de Mampaey cada unidad puede tener hasta seis ganchos y en el caso de Trelleborg cuatro. Los ganchos permiten una movilidad de más o menos  $45^\circ$  en un plano horizontal, y más o menos  $20^\circ$  respecto a la línea central en la vertical. La capacidad de amarre dependerá del número de enganches, pues cada uno de los ganchos puede soportar un solo cabo, que puede llegar a trabajar a 150 toneladas.

La liberación de los ganchos puede ser de forma automática mediante un operador o de forma manual. Este último utiliza un sistema de palancas permitiendo realizar un mínimo esfuerzo a la hora de la liberación. La liberación es la única operación que se puede realizar de forma remota, ya que para hacer firme el cabo en el gancho es necesario un operario.



*Figura 19: Gancho de amarre.*



*Figura 20: Sistema de tres ganchos de amarre.*

En la imagen anterior podemos ver tres ganchos, en los que dos de ellos están amarrados.

### 3.7 Sistema hidráulico ShoreTension (KRVE)

Este es un sistema desarrollado por la empresa “KRVE” en el que ha colaborado la Autoridad Portuaria de Rotterdam. Lo que nos ofrece el sistema es una tensión constante sin necesidad de la utilización de una energía externa constantemente. El objetivo del sistema es reducir el movimiento del buque provocado por el viento, la corriente o por la causa de los buques que pasan por cerca al buque atracado.

El sistema trabaja como un equipo de amarre hidráulico automático. En el que unas válvulas de control, se encargan de que la tensión en las líneas de amarre no supere la carga de seguridad, tanto en el noray como en las líneas de amarre. Con esto todas las líneas de amarre tendrán la misma carga, lo que permite una mejora en el amarre.

Este sistema complementa el sistema tradicional de amarraje. Este es situado en el muelle, entre dos noray. La parte fija del sistema es fijada al noray y la parte móvil que el brazo hidráulico es conectado a la línea del buque. El segundo noray se utiliza para que este haga de guía al cabo que llega al buque.

El sistema se encarga de controlar la tensión constantemente y en caso de que supere la tensión máxima de trabajo, esta lo que hace es avisar al personal implicado. El equipo funciona con energía solar y además el sistema de control está en el mismo equipo. Lo bueno de este sistema es que solo necesita energía en su fase inicial, después de eso no tiene necesidad alguna de aporte de energía externa para mantener la tensión constante en la línea de amarre. Más adelante se hablará con más detalla cada uno de estos apartados. Cada uno de los ShoreTension tiene un coste de 75.00 € aproximadamente, por lo que sí es un buque grande le harían falta 4 de estos equipos de amarre.

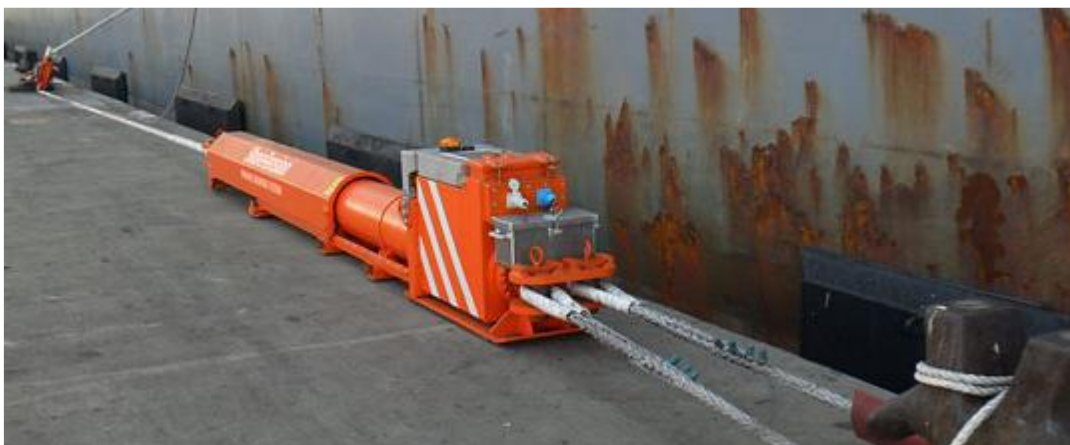


Figura 21: ShoreTension.

A la hora de hablar de las ventajas del sistema estas son:

- Frena la ruptura de las líneas de amarre.
- Certifica la seguridad del buque.
- Los accidentes podrían reducirse, por la reducción de amarras.
- Reduce lo que son los problemas del mar de fondo en las dársenas.
- Incrementa la velocidad de carga y descarga.
- Es un sistema móvil, es decir puede instalarse en cualquier muelle.
- Suministra una tensión constante y también posee sensores que registran las tensiones en las estachas.
- Podemos obtener datos que pueden ser accesibles para la tripulación del buque, estos además se quedan registrados para su posterior análisis.
- El sistema es reconocido por la Sociedad de Clasificación Lloyds Register (LRS).

#### **Evolución futura:**

Las permanencias de los buques en el puerto suponen un porcentaje muy importante en la vida operativa de los mismos, por lo tanto, se debe realizar un estudio de la mejora de los sistemas de amarre que son utilizados en el puerto. En el futuro, puede que los puertos estén dotados de sistemas de amarre sin estachas, como el sistema mediante el vacío, por ejemplo.

Pero mientras tanto podríamos trabajar con los sistemas híbridos como es el “shoreTension” pues estos resultan una solución intermedia. El ShoreTension es un sistema hidráulico que también utiliza las estachas. En España solamente está instalado en dos sitios el sistema, el primero fue en el puerto de Bilbao y ahora recientemente fue instalado en la Terminal de Contenedores de Tenerife (TCT) dique este.

Este sistema está previsto para el tráfico de buques portacontenedores, en cambio para los buques de pasaje los dispositivos de “amarre por vacío” seguramente serán instalados con mayor velocidad.

Por último, matizar que la recuperación del dinero en la inversión de estos sistemas, pues la instalación y mantenimiento es mucho mayor que los de los norays a los que el sistema reemplaza, los puertos tienen que tener la capacidad de recuperar esta inversión con la obtención de mayor efectividad en el uso de los muelles por medio de una mayor rotación de buques. No obstante, como todos los sistemas de amarre del



buque, cada sistema tiene sus capacidades y sus límites, por lo que los usuarios deberán tener muy en cuenta las especificaciones y recomendaciones del fabricante. [8]

## **IV. MATERIAL Y MÉTODOS**

## 4. Material y Métodos



Figura 22: Sistema ShoreTension en la terminal TCT (Terminal de contenedores). Fuente: [28]

### 4.1 ShoreTension

ShoreTension sistema de amarre	
Carga operacional	100 kN – 600 kN
Carga de trabajo en la máxima extensión (Recomendada)	1500 kN

Tabla N° 1: Detalles generales.

### 4.2 Descripción de producto

El sistema ShoreTension tiene una forma cilíndrica, dentro de la carcasa tenemos un brazo hidráulico que ejerce una presión constante a las líneas de amarre del buque. Que se fijan en los noráis o bolardos en el muelle o embarcadero. Por otro lado, esto no necesita la energía eléctrica a excepción de un sistema hidráulico externo que sólo debe utilizarse una vez para obtener una adecuada longitud de apertura del brazo hidráulico

(ShoreTension). Después de eso, el cilindro del sistema ShoreTension se mueve hidráulicamente junto con las fuerzas extremas de pico a las que está expuesta la línea de amarre. Este proceso continúa sin necesidad alguna de una energía adicional. Todas las líneas de amarre se mantienen siempre a una tensión constante, esto es debido al cambio en las condiciones meteorológicas, tanto las olas como el viento, estos son particularmente crucial para el amarre seguro y estable de los buques. Son las diferencias existentes en la tensión entre las diferentes líneas de amarre las que hacen que un buque se mueva y pueda hacer que las líneas de amarre se rompan.

El sistema ShoreTension nos proporciona una alta tensión y tira de la línea haciendo frente a las cargas máximas sin superar la carga mínima de rotura de la línea de amarre. Haciendo esto, el sistema amortigua el movimiento del buque y absorbe la energía cinética y potencial del barco. Cuando las cargas máximas y mínimas terminan de actuar el sistema poco a poco vuelve a su posición inicial, moviéndose en la línea con la energía almacenada. El sistema ShoreTension no requiere ningún tipo de energía externa, pues este no emite CO<sub>2</sub>. La capacidad de retención es ajustable en un rango de 10Tm hasta 60Tm. Para mejorar la seguridad en el sistema de amarre en vez de cabo se utiliza una fibra sintética supe-fuerte llamado High Modulus PolyEthylene (HMPE). Estas líneas de amarre salen desde el barco hasta la orilla. [20]



El sistema ShoreTension funciona bajo alta presión.

¡NO ABRIR! ¡El sistema está presurizado!

El sistema tiene partes móviles, por ello hay

que tener cuidado con las manos y las piernas.

Este puede llegar a calentarse demasiado.

El sistema sólo debe ser manejado por personal capacitado para ello.

Figura 23: Señal de precaución. Fuente: [28]

## **V. RESULTADOS**

## 5. Resultados

### 5.1 Observaciones

Para usar el sistema de una manera adecuada y segura, todos los avisos a continuación deben tenerse en cuenta:

- Como mencionamos anteriormente el sistema de amarre sólo debe ser utilizado por profesionales capacitados.
- ¡La cuerda de Dyneema se debe utilizar siempre!
  1. ShoreTension en la parte del muelle con MBL (Minimum Breaking Load) de 200Tm.
  2. ShoreTension en la línea de amarre principal con MBL de 200Tm.
  3. ShoreTension

**¡Todas las líneas de amarre deben tener una mínima elasticidad o estiramiento!**

Esto puede llevar a situaciones peligrosas o mortales y el sistema puede resultar dañado.

- El sistema de amarre nunca debe interferir con obstáculos (por ejemplo, las distancias entre los norays deben estar limpias.) en el muelle.
- Los usuarios del ShoreTension necesitan usar equipo de protección personal.
- Los usuarios deben tomar nota de las instrucciones de servicio y mantenimiento para el correcto funcionamiento e instalación del sistema.
- Comprobar siempre la carga de trabajo de seguridad en los puntos de fijación.
- El cilindro del sistema sólo puede ser izado cuando esté completamente replegado.
- Cuando el sistema está guardado o no se está utilizando, este debe estar completamente replegado.
- Comprobar periódicamente en su lugar los cuadrantes analógicos en el sistema como una doble comprobación de las señales digitales enviadas al sistema de monitoreo.
- Después de la instalación y activación del sistema ShoreTension se aconseja una comprobación completa con regularidad del sistema de amarre.



### 5.3 Transporte del sistema ShoreTension

El sistema ShoreTension se puede mover de un lado a otro con la carretilla elevadora o con una grúa con suficiente capacidad de elevación.

- En este tipo de trabajo nunca se debe trabajar debajo o cerca de un objeto en operación de izado y elevación.
- Para mover el sistema ShoreTension con una carretilla elevadora, utilizamos unas horquillas dedicadas para el elevador debajo del sistema.



Figura 25: Horquilla en el Sistema ShoreTension. Fuente: [28]

- Para que el sistema sea movido por una grúa o carretilla, utilizamos cuatro puntos de enganche para su elevación con un equipo adecuado. Más adelante hablaremos de los diagramas de elevación con sus dimensiones descritas. [20]





Figura 26: Otro método para desplazar el sistema. Fuente: [28]

- Nunca debemos colocar el sistema en una línea de amarre con obstáculos o en una superficie inclinada.



**Hay que asegurarse siempre de que la máquina de elevación tenga la capacidad suficiente para levantar el sistema. También, hay que tener en cuenta que los equipos de elevación utilizados cumplen con la norma local y los planes de elevación que se van a exponer en los siguientes capítulos.**

Figura 27: Señal de alerta con respecto al peso del sistema. Fuente: [28]

## 5.4. Diagrama de elevación para el sistema ShoreTension

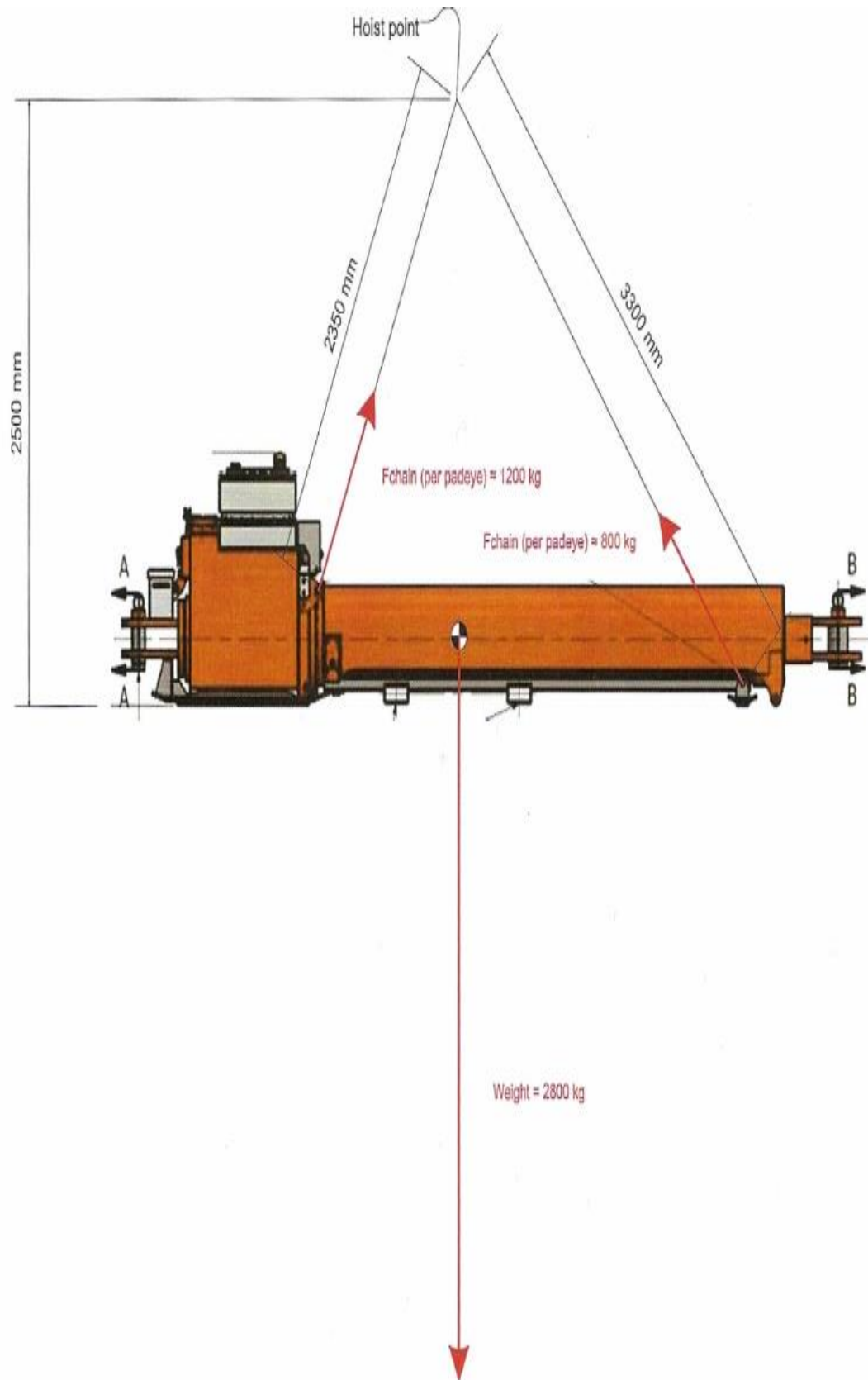


Figura 28: Diagrama de elevación. Fuente: [28]

## 5.4.1 Instalación del sistema ShoreTension

### 5.4.2 Planificación

Una buena planificación es esencial antes de comenzar con el equipamiento de ShoreTension.

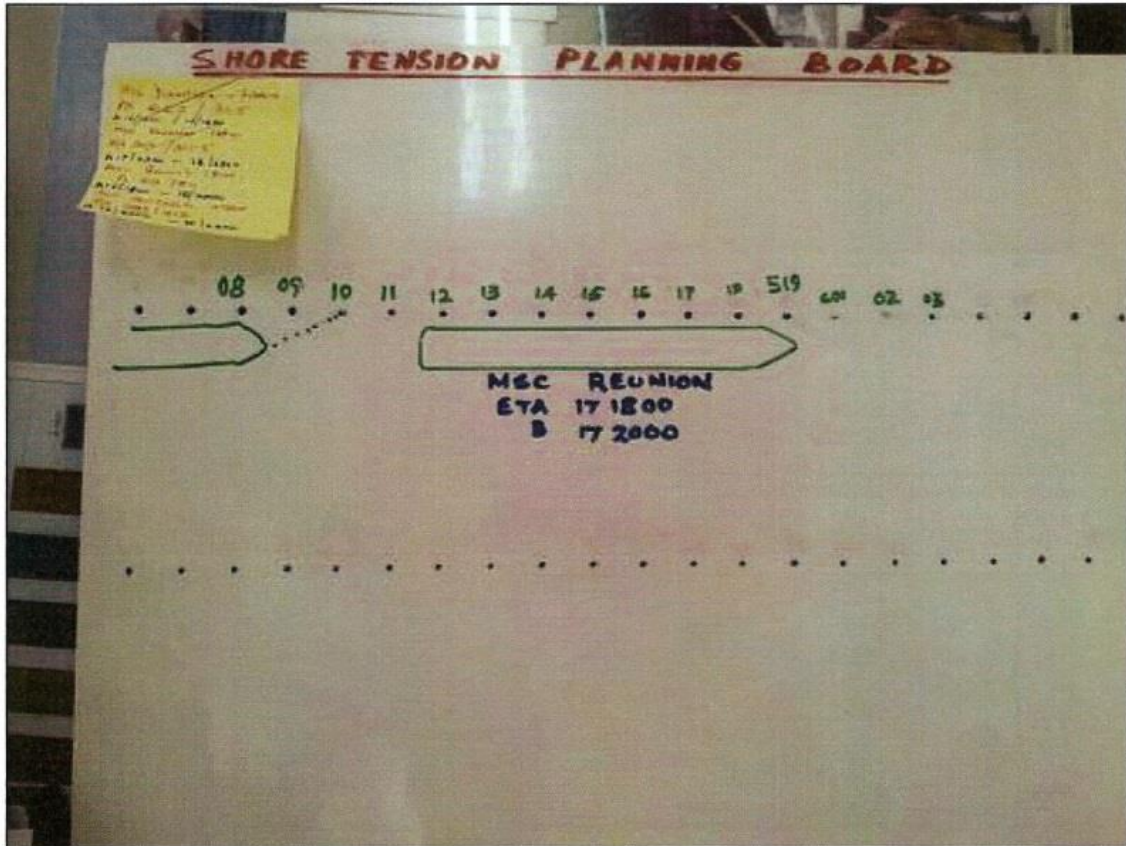


Figura 29: Planificación. Fuente: [28]

Esto es un ejemplo de un plan de amarre.

La planificación y posicionamiento es vital. Si el posicionamiento de la embarcación y del sistema no es correcto, el sistema de amarre ShoreTension tal como está diseñado no puede ser instalado.

Hay que tener muy en cuenta los medios de atraque de los buques que vendrán junto al sistema ShoreTension. Para crear el equilibrio máximo en la disposición de amarre, todos los grupos de la línea de amarre por ejemplo la línea de través de proa y el esprín de proa deben tener los mismos ángulos.

Con respecto a la eficiencia, el planificador podría tratar de poner una posición fija para la protección y también para minimizar la necesidad de reemplazarlo de un lado a otro el sistema de amarre. [20]

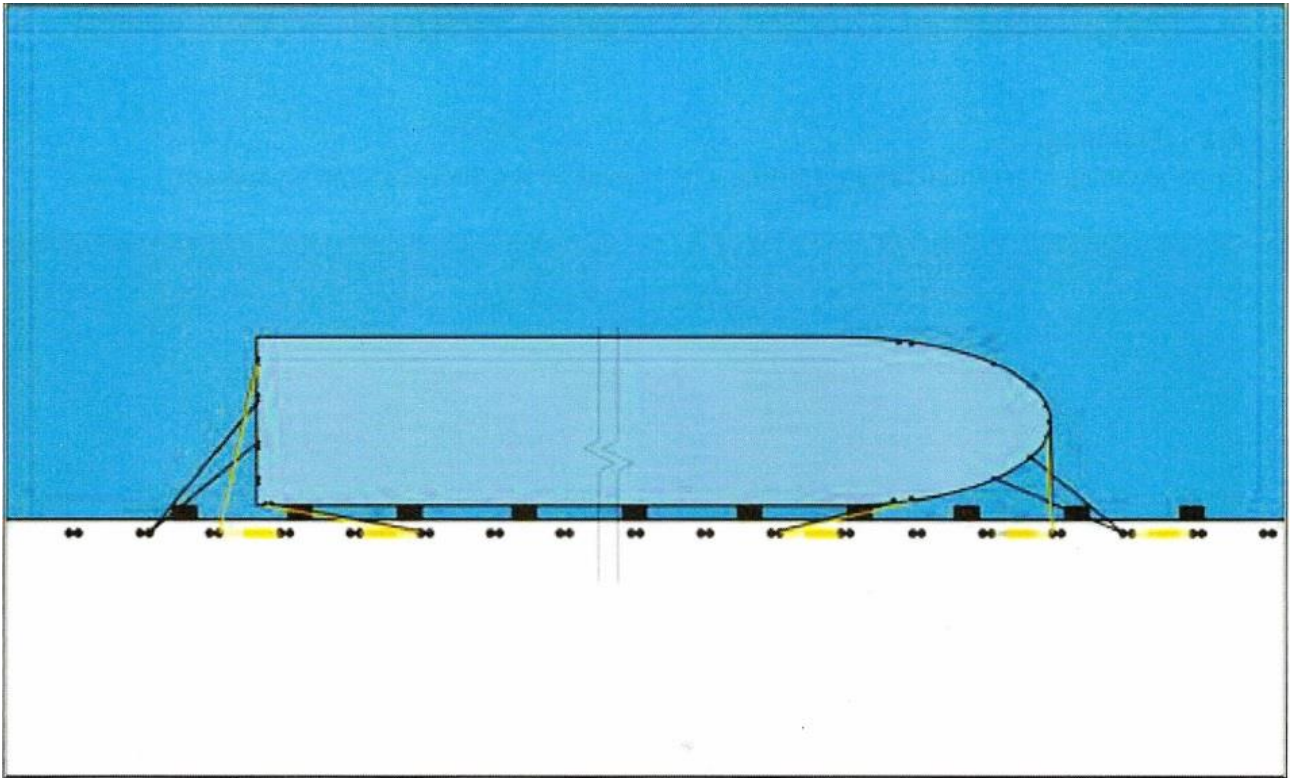


Figura 30: Ejemplo de posicionamiento del ShoreTension. Fuente: [28]

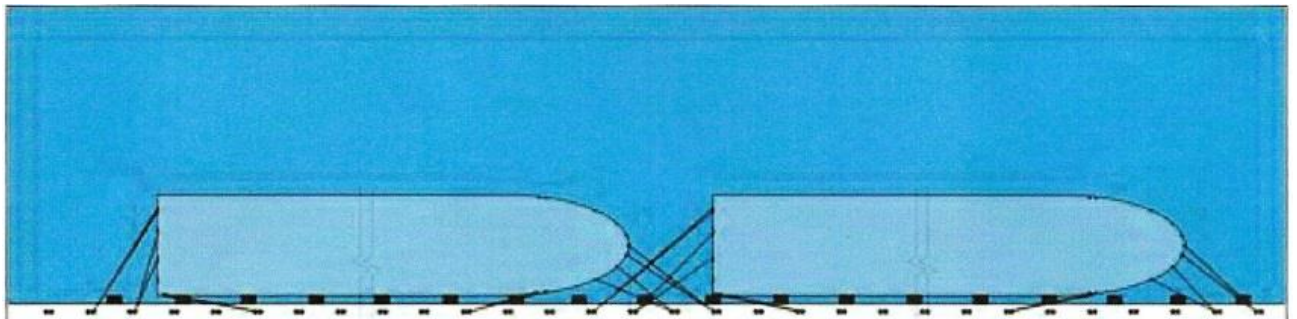


Figura 31: Buque amarrado sin ShoreTension. Fuente [28]

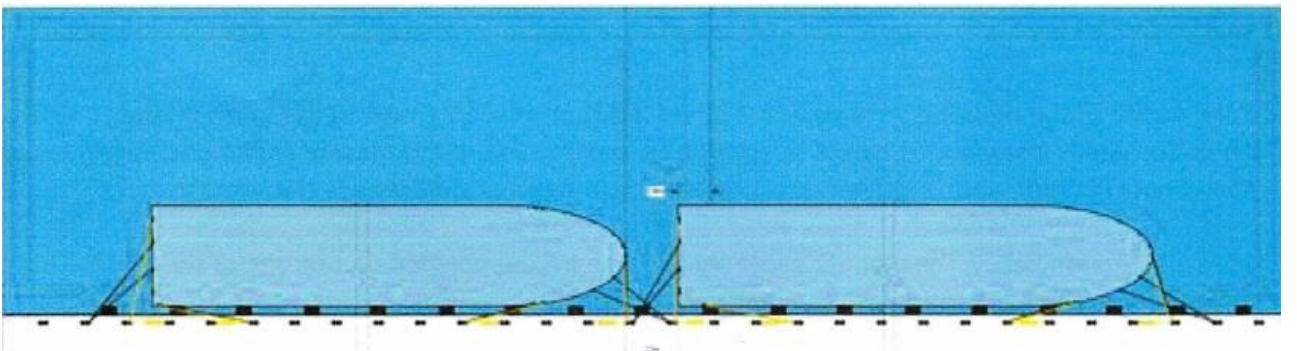


Figura 32: Buque amarrado con ShoreTension. Fuente: [28]

### 5.4.3 Preparación en el muelle

Se requieren antes de empezar los siguientes elementos:

- Un operador de montacargas.
- Una unidad de energía hidráulica. Esta unidad puede ser accionada eléctricamente o mediante un generador diésel. [20]



Figura 33: Operador de montacarga. Fuente: [28]



Figura 34: Unidad de energía hidráulica. Fuente: [28]

## La instalación de ShoreTension

1. La colocación del sistema debe ser horizontal, siempre sobre una superficie plana en línea recta entre los norays y las pastecas de retorno (o gateras de rodillo, cuando se usan a bordo de los buques).
2. A la hora de elevar el ShoreTension siempre hay que levantarlo en una posición 100% horizontal. En caso de que esto no se pudiera realizar, tendríamos que ponernos en contacto con los ingenieros del sistema. Por otro lado, siempre tenemos que amarrar el sistema a un objeto fijo tanto sea en el buque como en el muelle. [20]



Figura 35: Precaución en los puntos de fijación. Fuente: [30]

**Hay que comprobar siempre la carga de trabajo en los puntos de fijación, pues este debe ser segura, tanto en los norays como en las gateras de rodillo.**

**El cilindro del ShoreTension sólo se puede izar cuando se retira por completo.**

### 5.4.4 Posicionamiento del ShoreTension

El posicionamiento del sistema comienza siempre por la determinación de la línea recta entre el punto fuerte (que en nuestro caso el punto fuerte en el muelle sería el noray), donde se encuentra el ShoreTension, el noray y donde la pasteca de retorno está conectado al noray. Antes de aplicar cualquier fuerza en el brazo hidráulico del sistema, con un cabrestante a bordo o con la activación del mismo brazo, se debe alcanzar una línea recta (ver figura).

El resultado de una configuración incorrecta del ShoreTension, es decir, que estos no estén en línea recta entre los puntos fuertes indicados anteriormente, puede producir que el brazo hidráulico se dispare.

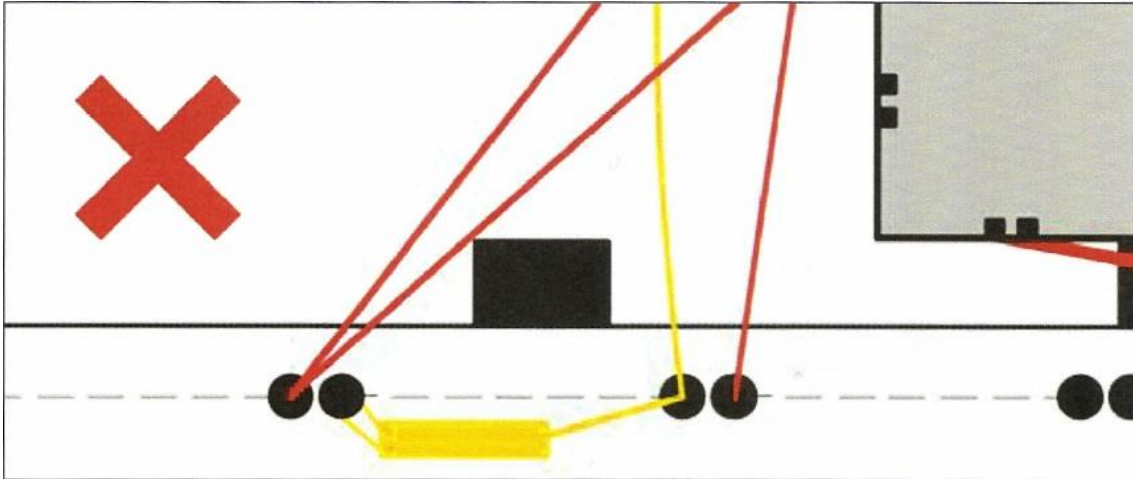


Figura 36: Posición incorrecta del equipo, pues no se encuentra en línea con los puntos fuertes. Fuente: [28]

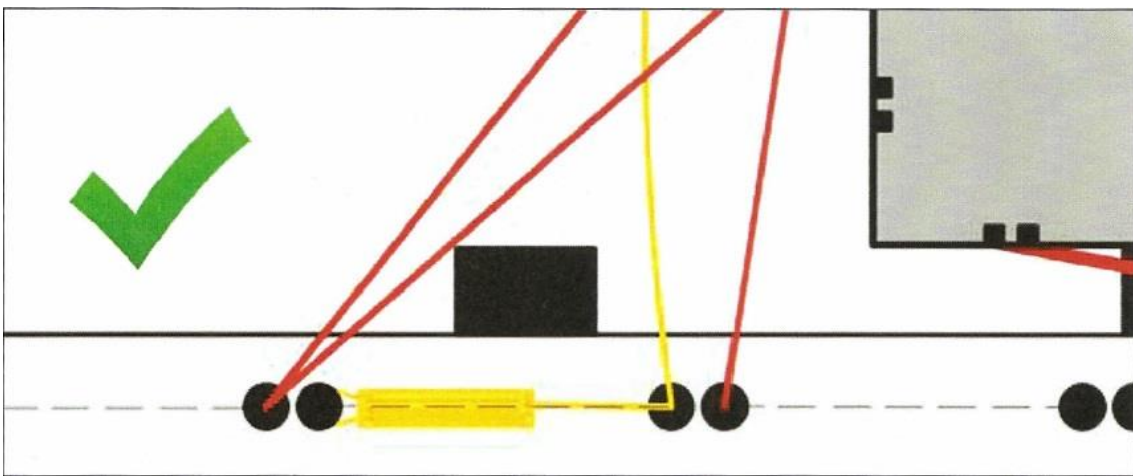


Figura 37: Posición correcta del cilindro ShoreTensión, en este caso se encuentra alineado con los puntos fuertes. Fuente: [28]

### 5.4.5 Fuerzas resultantes

Con diferentes ángulos en las cuerdas de amarre podemos adquirir diferentes fuerzas resultantes, como se muestran en los siguientes bocetos.

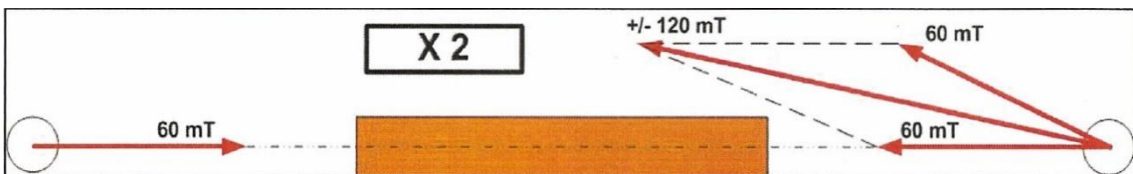


Figura 38: Diagrama de fuerzas. Fuente: [28]

El uso de un ángulo estrecho entre los cables incrementa la fuerza resultante en el noray con un factor de +/- 2.

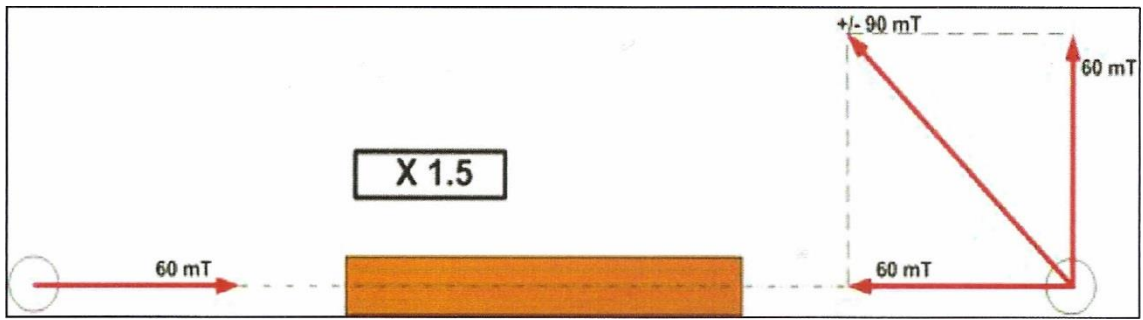


Figura 39: Ángulo de 90°. Fuente: [28]

El uso de ángulo recto entre cuerdas aumenta la fuerza resultante en el noray con un factor +/- 1,5.

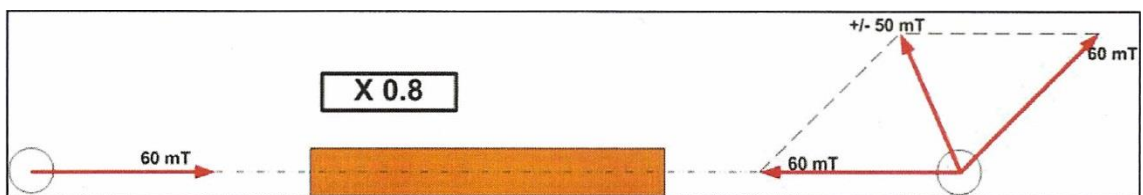


Figura 40: Ángulo abierto. Fuente: [28]

El uso de un ángulo muy abierto entre las cuerdas disminuye la fuerza máxima en el noray con un factor de +/- 0,8.



### 5.4.6 Descripción detallada del mecanismo del ShoreTension

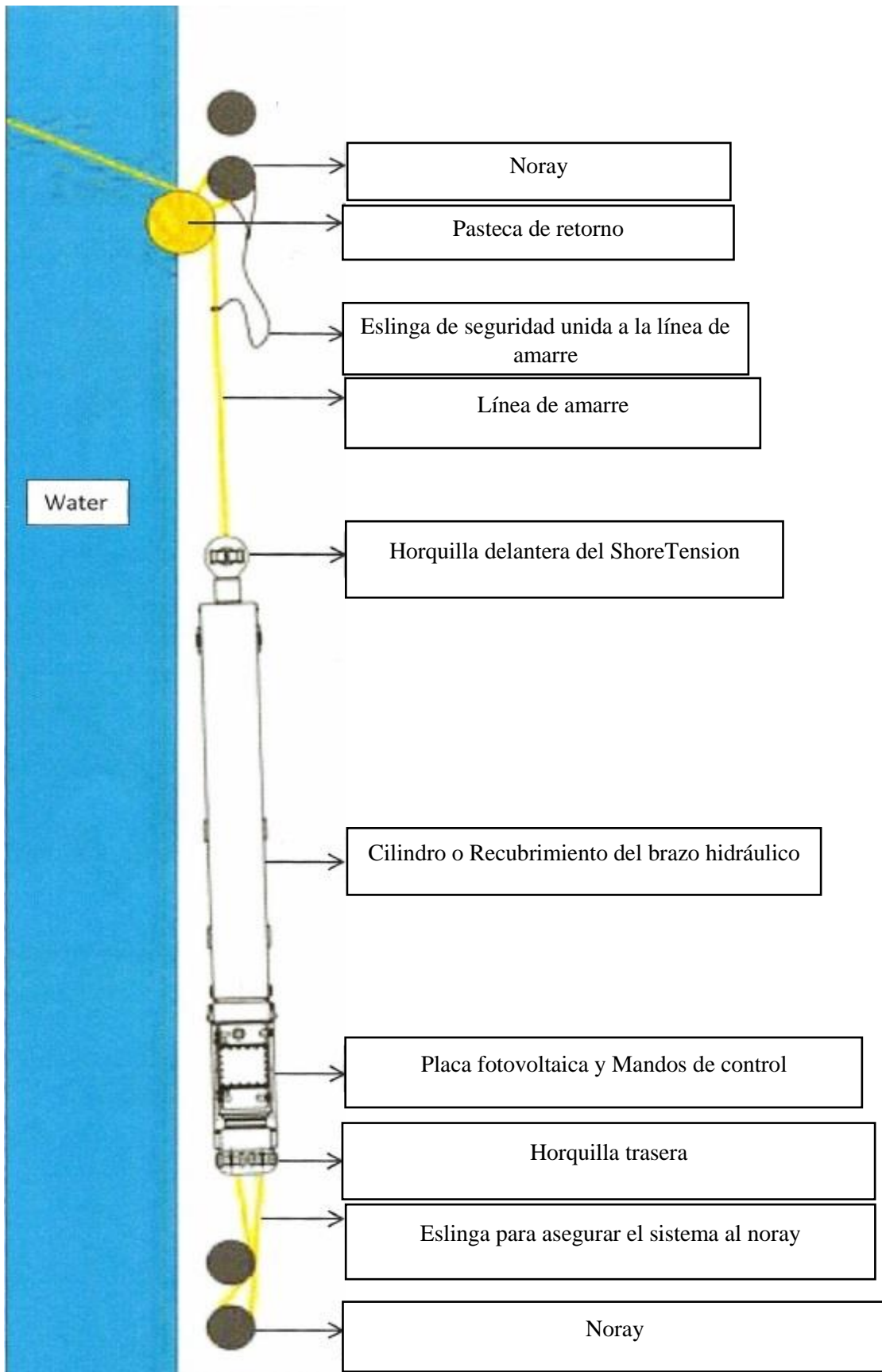


Figura 41: Mecanismo ShoreTension. Fuente: [28]



Figura 42: Pasteca de retorno. Fuente: [28]

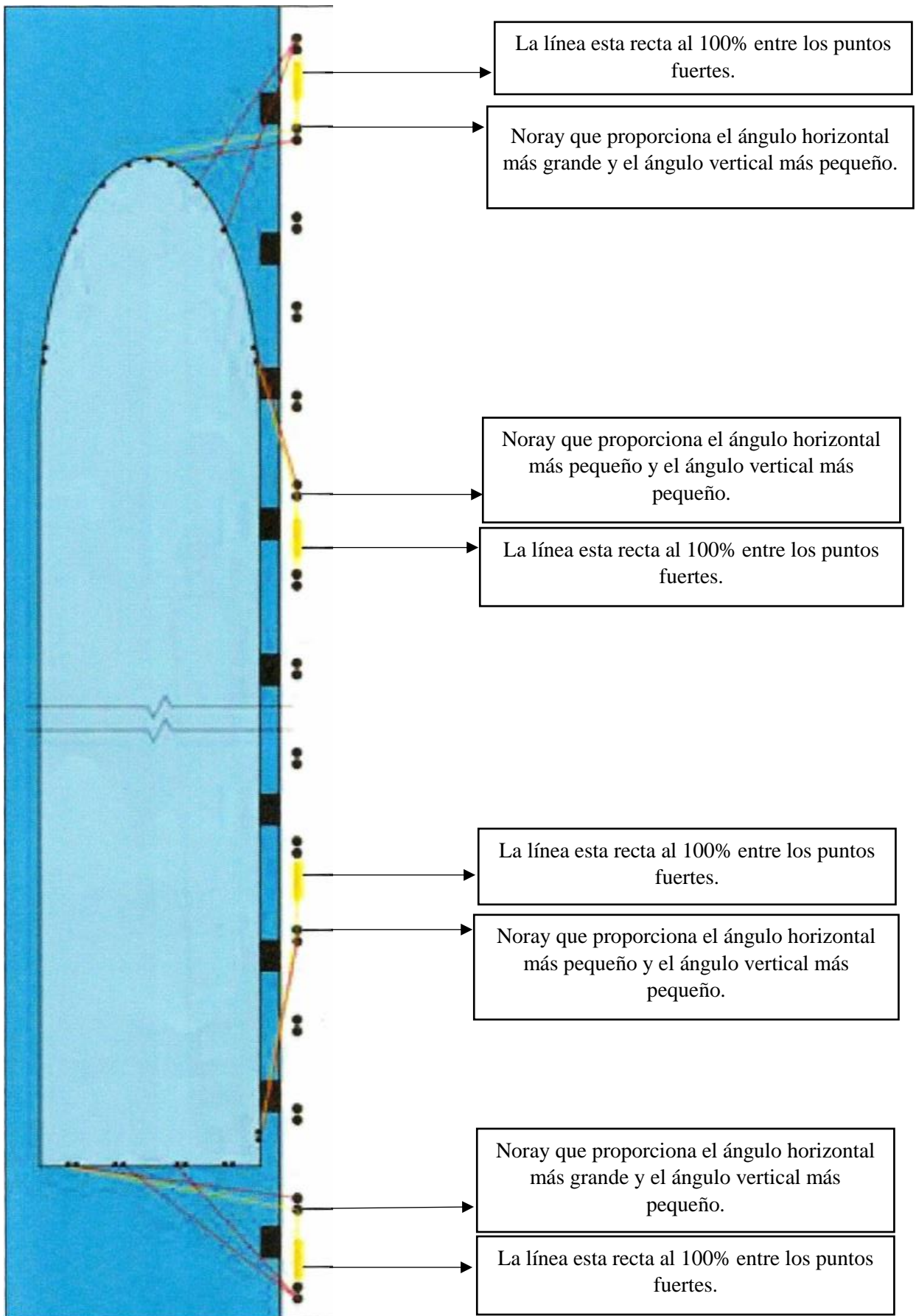
Pasteca de retorno amarrado al noray – una eslinga de seguridad – en la línea de amarre.



Figura 43: El sistema de amarre. Fuente: [28]

ShoreTension amarrado al noray en la línea de amarre.

### 5.4.7 Plan de amarre del ShoreTension – Esprin de popa y proa



## 5.4.8 Control

El sistema ShoreTension contiene 3 mandos diferentes para controlar la parte hidráulica. La función de los mandos es la siguiente.

Mando 1: Válvula cerrada: Esto quiere decir que el sistema está activado.

Válvula abierta: Esto quiere decir que el brazo hidráulico está abierto o se está abriendo.

Mando 2: **Esta válvula tiene un ajuste variable, más adelante lo veremos con detalle.**

Válvula cerrada: En este caso el sistema está a una máxima tensión.

Válvula abierta: El sistema está en una tensión mínima.

Mando 3: Válvula cerrada: El sistema puede ampliarse.

Válvula abierta: El sistema se repliega.



Figura 44: Válvulas. Fuente: [28]

## 5.4.9 Extensión del sistema

Al iniciar el procedimiento, todas las válvulas deben estar cerradas, la válvula 2 se gira en sentido contrario a las agujas del reloj hasta que se sienta suelta.

Abrimos la válvula 1.

Conectamos las mangueras hidráulicas a los acoplamientos hidráulicos. Si notamos que la presión dentro de la manguera hidráulica es demasiada alta, presionamos firmemente la boquilla macho para liberar algo de presión de la manguera hidráulica.



Figura 45: Las tres mangueras. Fuente: [28]

Arrancamos el generador de potencia hidráulica, tras ello el sistema se extenderá. Antes de que el cilindro llegue al final, tenemos que girar la horquilla delantera como se indica en la siguiente imagen.



Figura 46: Horquilla delantera. Fuente: [28]

La horquilla delantera esta puesta en posición horizontal con las placas de montaje en la parte superior. Cuando el sistema alcanza ya la posición requerida, apagamos el generador, con ello también cerramos la válvula 1 y luego desconectamos el sistema hidráulico externo.

Amarramos la cuerda en la horquilla delantera. Comprobamos las líneas de amarre sobre los norays del buque. Por último, tenemos que tener en cuenta que la extensión del brazo hidráulico del sistema está determinada por la diferencia de las mareas, el

alargamiento de la línea de amarre utilizada, el cambio de francobordo durante las operaciones de carga y descarga y también por las circunstancias ambientales. [20]

#### **5.4.10 Pasteca de retorno**

Para asegurar de que la línea de tensión este bien centralizada se usan eslingas cortas que conectan con la pasteca de retorno y este a su vez va bien sujeto al noray. El brazo de guía en el bloque de retorno debe estar siempre del lado del ShoreTension como se indica abajo en la imagen. Esto evitará que la línea de amarre no se transforme y / o se atasque en la pasteca de retorno cuando la línea de amarre está floja.



*Figura 47: Pasteca de retorno. Fuente: [28]*



*Figura 48: Pasteca de retorno en uso. Fuente: [28]*

Junto a la pasteca de retorno debe estar enlazada una eslinga de grosor reducido que se puede ver en la primera imagen y este a su vez debe estar amarrado al noray. Esta eslinga adicional nos sirve de seguridad a la hora de evitar que la pasteca de retorno se caiga al agua en caso de que la eslinga principal (eslinga gruesa) se rompa por cualquier motivo. [20]

#### **5.4.11 Preparación abordó**

La fijación de la línea de amarre a bordo sólo puede iniciarse después de que el sistema hidráulico en tierra esté completamente preparado. Las otras líneas de amarre del buque tienen que estar lo más ajustadas posible.

Cuando el buque está en una posición adecuada del amarre, podemos contactar con el piloto o capitán y pedir la bajada de la escala, esto nos permite acceder al buque y comprobar que la tripulación tiene los conocimientos adecuados del sistema, en caso de que no sea así, tendríamos que explicarles la maniobra que se va a realizar.

Comprobamos la carga de trabajo en condiciones de seguridad de los noray y gateras de rodillo, por otro lado, elegir que noray y gateras van a ser utilizados por el ShoreTension e informar a toda la tripulación sobre la elección.

Por último, utilizamos un objeto lo bastante resistente para subir la cuerda Dyneema hasta el buque.



Figura 49: Elevando la cuerda hasta el buque. Fuente: [28]

## Sisgas

Las sogas de poliéster son recomendadas y deben ser instalados antes de que la línea de amarre sea recogida. Pueden utilizarse en configuraciones de doble línea donde se coloca un medio enganche sobre los cabezales y se cruzan los dos extremos de la soga (ver imagen siguiente). Se debe prestar especial atención a evitar un incidente de ruptura de la soga. Si el buque se mueve toda la carga se queda expuesta en la soga. En esta situación un alto nivel de conciencia puede evitar rupturas. [20]

Las sogas deben instalarse y usarse como en la imagen de abajo.

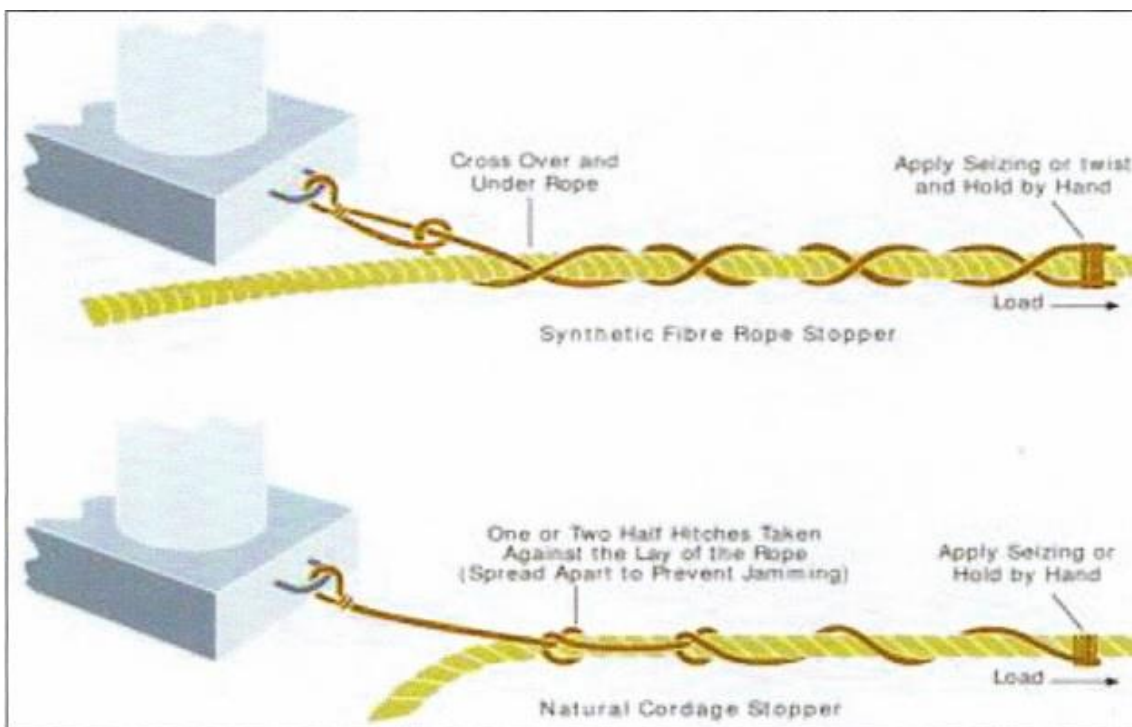


Figura 50: La forma más adecuada de colocar una soga. Fuente: [28]



Después de que la línea de amarre esté con la soga, esta debe amarrarse a una vuelta completa alrededor del primer noray. Entonces el amarre debe ser asegurado en un patrón de 8 cifras alrededor de los dos pedazos de noray. Esto dividirá de forma equilibrada la carga sobre el noray. El primer giro debe comenzar lo más bajo posible en el bolardo. Si se produce flojedad en la línea de amarre, podría ser necesario volver a poner la línea de amarre en el tambor urdidor para tensar el último giro del noray. Si la línea de amarre sigue deslizándose o se mantiene floja, con una pequeña soga podemos atar las líneas de amarre cada vez que se cruzan en el bolardo esto lo podemos apreciar en la siguiente figura. [20]



Figura 51: Línea de amarre aseguradas de una forma adecuada. Fuente: [28]

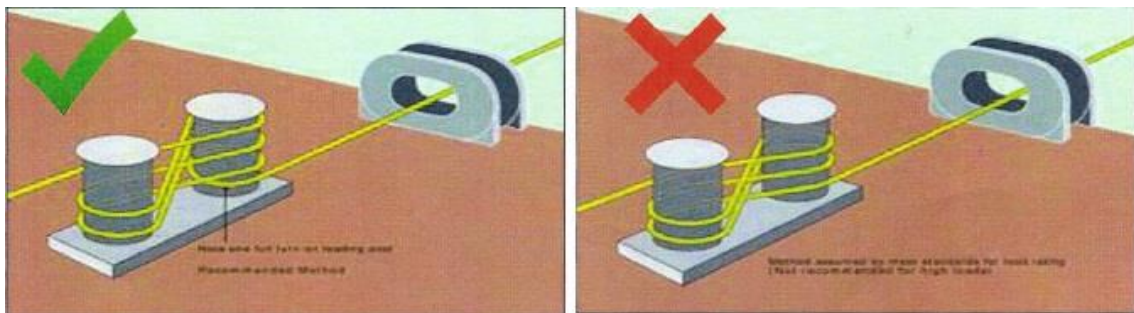


Figura 52: Método adecuado. Fuente: [28]

#### 5.4.12 Activación del sistema ShoreTension

Para que el sistema comience a actuar tenemos que asegurar de que la válvula número 1 esté cerrada, la válvula 2 esté en el punto de partida y luego abrir la válvula 3. El sistema ahora se retraerá y tensará la línea de amarre, tirando del buque contra los guardabarros.



**Tenemos que activar los ShoreTension de proa y popa al mismo tiempo para asegurar que el buque este paralelo al muelle.**

Hay que comenzar siempre con la activación de los sistemas de las líneas de través de popa, después de que estén activados, se continúa con los sistemas en las líneas del esprin de popa. Tenemos que tener en cuenta antes de activar el sistema que el movimiento lateral del buque, puede generar problemas a la hora de ponerlo en marcha. Cuando esté absolutamente claro cuál es la carga de trabajo adecuada o de seguridad tanto en los bolardos como en las gateras de rodillo, vamos aumentando el tonelaje girando la válvula 2 en el sentido de las agujas de reloj, esta acción se debe llevar a cabo al mismo tiempo en ambos sistemas hidráulicos el de proa y popa. Cada vuelta de la válvula 2 indica una marca. En la siguiente figura podemos ver las toneladas métricas que representa cada una de las vueltas.

<b>Vueltas de la válvula 2</b>	<b>Tensión en toneladas métricas</b>
0	10 Tm
1	10 Tm
2	17,5 Tm
3	25 Tm
4	32,5 Tm
5	40 Tm
6	47,5 Tm
7	55 Tm
8	60 Tm

**Tabla Nº 2: Toneladas métricas en función de las vueltas de la válvula.**

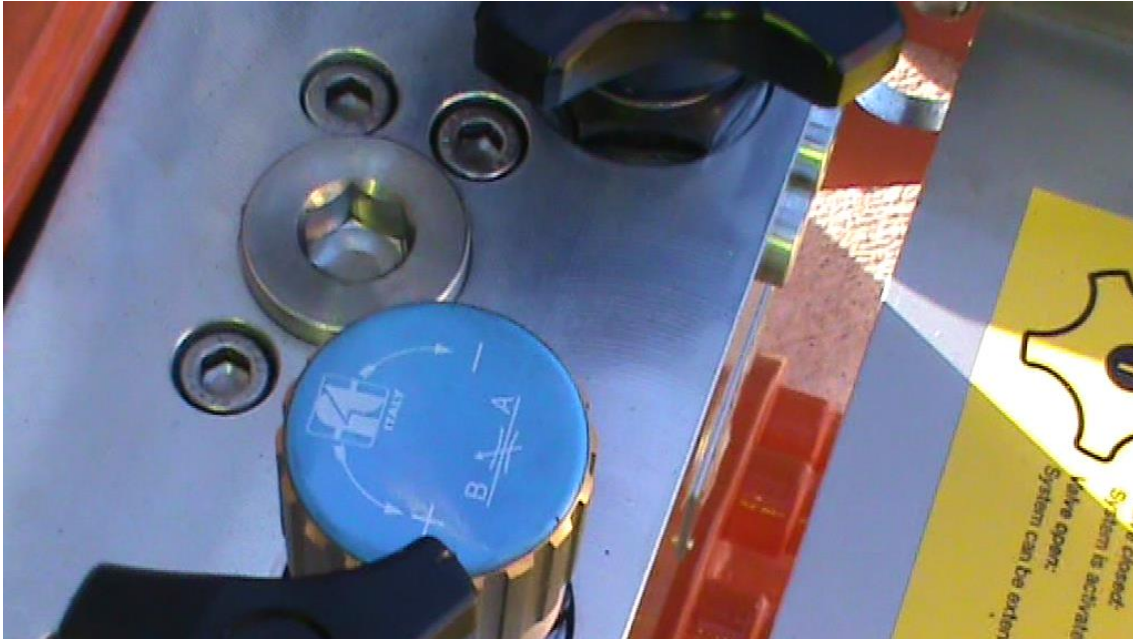


Figura 53: Válvula azul. Fuente: [28]

La válvula azul debe ser ajustada para hacer frente a las condiciones ambientales tales como el oleaje, viento y los buques que pasan al lado, que también dejan cierto oleaje. Si la válvula azul está abierta, el sistema hidráulico tiene un carácter más activo y volverá a su posición original después de la extensión. Las circunstancias más comunes en este caso son: el mar de fondo y los buques que pasan por al lado. Si la válvula azul está cerrada, el carácter del sistema cambia y se vuelve más pasivo. [20]



**Después de la instalación y activación del sistema ShoreTension, se recomienda una comprobación regular del sistema de amarre completo.**

### 5.4.13 Supervisión del sistema



Figura 54: Interruptor. Fuente: [28]

#### Interruptor de datos

Cuando todos los sistemas estén en marcha, se debe activar el interruptor de datos en dichos sistemas. Ahora con la ayuda de la conexión a Internet se puede monitorizar el sistema. Este nos indicara la posición del cilindro y el tonelaje con el que está trabajando. Este sistema va recopilando el historial de todo el tiempo que ha estado trabajando indicándonos todos los datos desde el principio a fin de su utilización. Podemos encontrar información detallada sobre el monitoreo del sistema en el apéndice de los documentos. [20]



**Tenemos que comprobar periódicamente las alarmas analógicas del sistema como una doble comprobación de las señales digitales enviadas al sistema de monitoreo.**

## 5.5 Desvinculación del sistema

A la hora de desvincular el sistema siempre tenemos que asegurarnos de que el primer oficial de guardia, ha tomado nota de que, los sistemas van a ser separados. Entonces lo que se hace es reducir el tonelaje con la válvula 2 dejándolo a la posición inicial, es decir, 10 toneladas métricas.

Nuestro siguiente paso sería cerrar la válvula numero 3 al mismo tiempo en los dos sistemas hidráulicos, con ello el ShoreTension no se volverá a replegar. Después de esto, se abre la válvula 1 y con ello el cilindro del sistema queda cerrado por completo.

Si todavía vemos que hay demasiada tensión en la línea de amarre, debemos conectar la fuente de alimentación para extender el sistema de nuevo abriendo la válvula número 1. Ahora la línea de amarre de la embarcación se puede desconectar de forma segura sin la tensión en los cabos. [20]

Cuando no se está utilizando el sistema hidráulico en la misma posición, abrimos la válvula 3, con esto el sistema se retraerá. Por otra parte, no debemos mover el sistema a otra posición con el elevador de la horquilla, hasta que el sistema no esté retraído del todo.

Detenemos la fuente de alimentación hidráulica externa e quitamos todas las mangueras hidráulicas y cerramos la caja donde estos van enchufados.

Todas las líneas de amarre de soga deben estar fuera del agua lo más pronto sea posible, para que estas no se queden enganchadas en el buque a la hora de su salida, como puede ser en la zona de los propulsores (hélices).

Tenemos que guardar las líneas de amarre, en las cajas de aluminio, cuando no se utilizan y por último preparar el sistema de amarre dinámico para el próximo buque que llegue.

## **VI. SERVICIO DE MANTENIMIENTO**

## 6. Servicio de mantenimiento

### 6.1 Mantenimiento General

Mensualmente debemos enjuagar el sistema ShoreTension con agua dulce para poder quitar la mayor cantidad de sal que este contenga, ya que este permanece la mayor parte de su tiempo al lado de la orilla del mar.

Limpiar también mensualmente el panel solar con agua dulce, pues este se llena de polvo, suciedad y sal. [20]

Tenemos que mantener el rail guía de la cubierta de protección del brazo hidráulico, con pequeñas cantidades de Bel-Ray Wire Rope & Lubricante (marca de lubricante especial que recomiendan los fabricantes del sistema para su la protección) en la parte superior del rail.



Figura 55: Panel solar y rail. Fuente: [28]

Otra operación a realizar mensualmente, es la limpieza de todo el aceite, el polvo y el agua de la caja de conexiones hidráulicas y limpiar los acoplamientos también.



Tenemos que tener en cuenta que no debemos bloquear la tapa de llenado en el compartimento.

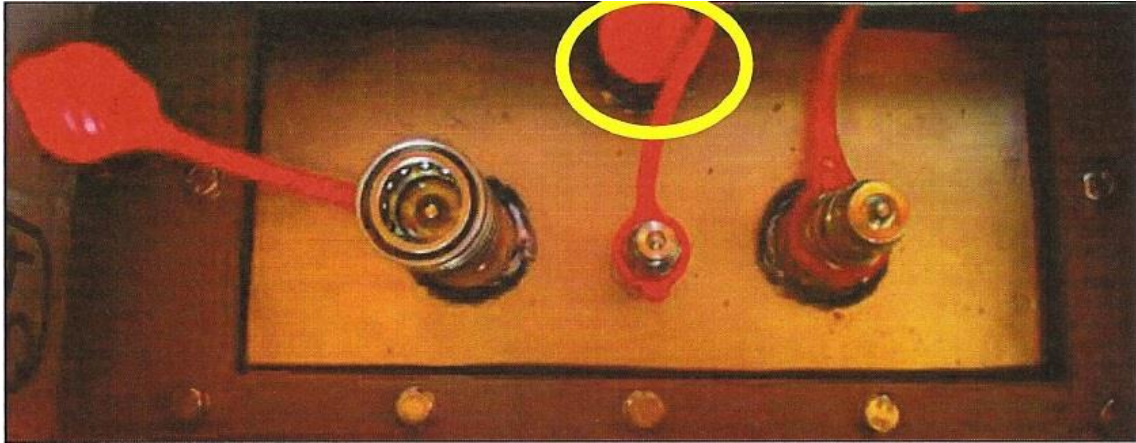


Figura 56: Conexiones de mangueras. Fuente: [28]

Limpeza de la caja de conexiones hidráulicas y los acoplamientos limpios.

Cada tres meses, tenemos que retirar los pasadores de las horquillas, tanto delantera como las traseras. Estos deben ser limpiados y lubricados con pequeñas cantidades de Shell S2 V220 (Lubricante recomendado por el fabricante).



Figura 57: Pasadores de horquilla trasera. Fuente: [28]





Figura 58: Pasador de horquilla delantera. Fuente: [28]

Cada tres meses, se debe rociar el colector con un spray Tectyl.

El spray Tectyl es un compuesto preventivo de la corrosión de color ámbar, basado en cera, que se suministra en una lata de aerosol. Tiene buenas propiedades de desplazamiento de agua y buena penetración haciéndola muy adecuada como protección anticorrosiva para el interior de las puertas de automóviles y material rodante. [20]



Figura 59: Spray. Fuente: [23]



Figura 60: Colector. Fuente: [28]

Colector rociado con Tectyl transparente.

Trimestralmente echamos spray en los candados con aceite ligero penetrante.

Cada seis meses debemos comprobar si todavía las señales de advertencia en el sistema de amarre son visibles.



Señal de advertencia de la parte móvil.



Señal de advertencia de alta presión.

Figura 61: Advertencias. Fuente: [28]

Cada seis meses hay que revisar el sistema ShoreTension por si hay daños excesivos en el recubrimiento. Cuando exista un daño excesivo, las reparaciones deben

realizarse con Sigma coating / Sigmadur 520 (Esmalte poliuretano semibrillante) o compatible.



Figura 62: Esmalte. Fuente [26]

A la hora de almacenar el sistema hidráulico, tiene que estar replegado. Tenemos que asegurarnos de que la caja de conexiones hidráulicas está cerrada.

## 6.2 Certificación por un organismo

El sistema ShoreTension está certificado por Lloyd's Register según los siguientes códigos:

Directiva de Equipos a Presión 97/23/ CE (DEP)

Código para Aparatos de Elevación en un Medio Marino (CAEMM)



<b>ShoreTension®</b>		ShoreTension® Heijplaatweg 7, 3089 JC Rotterdam Portnummer 2586 Tel +3188 1133090 <a href="mailto:info@shoretension.com">info@shoretension.com</a> <a href="http://www.shoretension.com">www.shoretension.com</a>	
Manufacturer	ShoreTension B.V.	  	
Type No.	XXXXX		
Serial No.	XXXXXXXX		
Year of Construction	201X		
Description	ShoreTension Mooring System		
Operating load	600 kN		
Safe working load	1500 kN (in fully extended condition)		
Type Examination No.	PED/B/XXXXXXXX		
Certificates	Pressure Equipment Directive 97/23/EC		PED/F/XXXXXXXX
	Code for Lifting Appliances in a Marine Environment		RET XXXXXXXX/XXX

Figura 63: Certificado de conformación. Fuente: [28]

Las inspecciones y pruebas periódicas deben realizarse de acuerdo con las regulaciones locales por una agencia de inspección autorizada, en Tenerife la empresa encargada de su mantenimiento es **TALLERES QUINTANA**. [20]

El ShoreTension recomienda un intervalo de inspección de acuerdo con los requisitos de mantenimiento. Estos son un intervalo de servicio de al menos una vez cada 2 años. También, se recomienda un intervalo de inspección, servicio y prueba de al menos una vez cada 4 años. **En caso de que ocurriese cualquier incidente no descrito en el documento: se tiene que contactar con la empresa ShoreTension.**

### 6.3 Hidráulico

Cada 2 años tenemos que reemplazar el aceite y rellenarlo con el aceite hidráulico Shell Tellus 32. Para saber la cantidad de llenado de aceite tenemos que ponernos en contacto con la empresa ShoreTension.

#### 6.3.1 Ajuste de los niveles de aceite

Dentro del sistema ShoreTension nunca hay una cantidad medida de aceite presente. Por otro lado, el sobrellenado de los niveles de aceite podría dañar el sistema. [20]

#### 6.3.2 Mangueras y acoplamientos

Cada seis meses hay que comprobar si las mangueras y acoplamientos están en un buen estado. Esto se hace conectándolo a la unidad de energía hidráulica. También se debe limpiar la suciedad de las mangueras y acoplamientos.

#### 6.3.3 Nivel de nitrógeno

Hay que comprobar la presión del nitrógeno en el medidor de la imagen que se muestra abajo cada dos meses. El valor debe ser de 50 bar (+/- 5 bar) en posición retraída. Si vemos que los valores no son los indicados tenemos que ponernos en contacto con la empresa.



Figura 64: Valor del nitrógeno. Fuente [28]

En el medidor de la derecha podemos observar el nivel de nitrógeno.

### 6.3.4 Esquema hidráulico

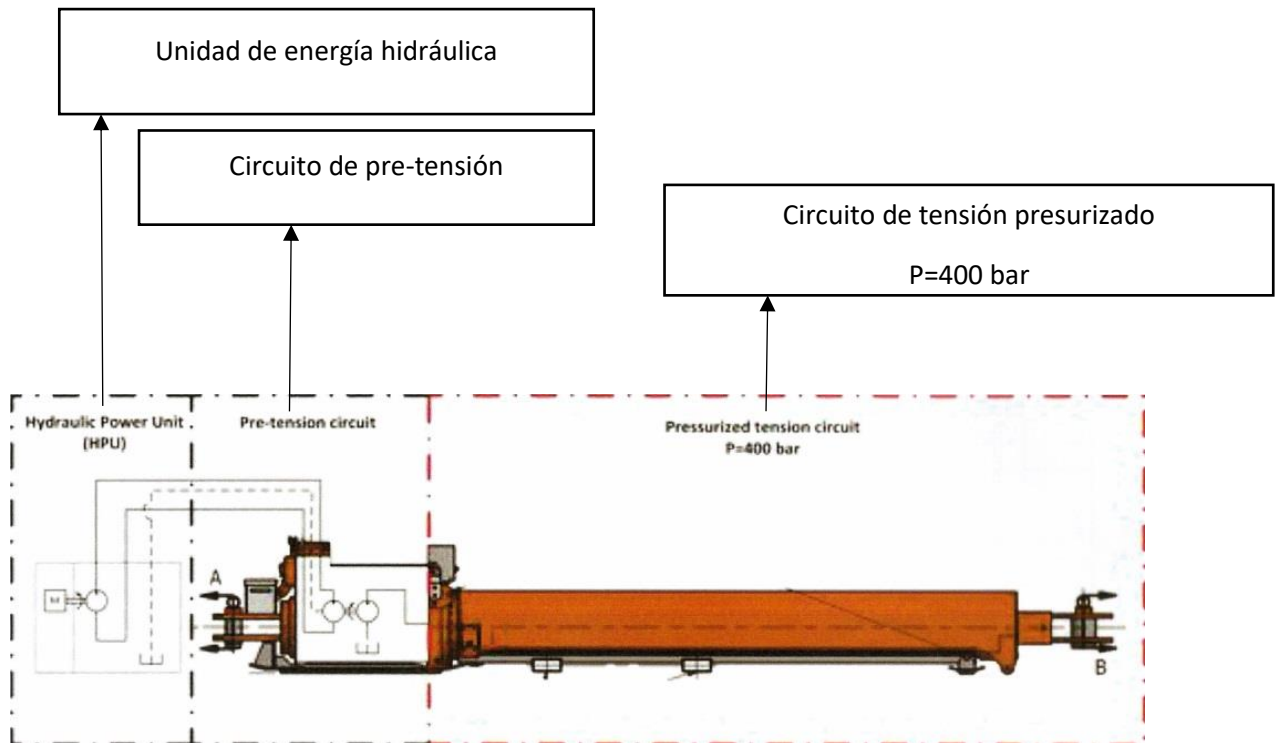


Figura 65: Esquema hidráulico. Fuente [28]

## 6.4 Sistema eléctrico

### 6.4.1 Recarga de batería

Se debe recargar las baterías al menos cada 100 horas de funcionamiento del sistema. Y es recomendable también tener una batería de repuesto cargada, por si falla alguna.

Si el sistema está conectado a la red eléctrica, por uno de los enchufes o conectores que se muestran en la imagen de abajo, las baterías se cargarán automáticamente. [20]

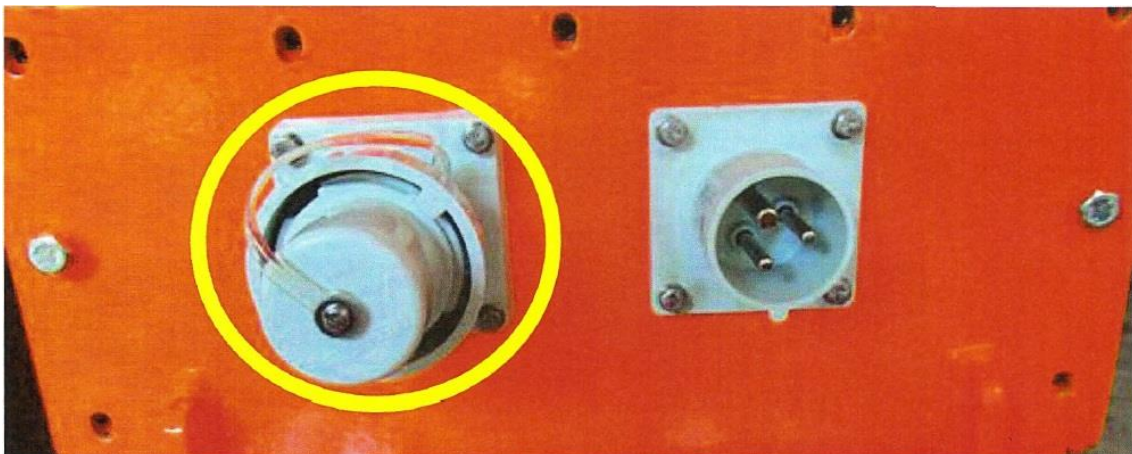


Figura 66: Conexiones de energía de 230 voltios. Fuente: [28]

#### 6.4.2 Diagrama de los fusibles

Numero de fusibles	Capacidad (Amperaje)	Voltaje	Componente o circuito protegido	Referencia de dibujo eléctrico
1	Fusible de 2A	12V DC	Bobina O1K03 encendido del sistema	01F03
2	Fusible de 2A	12V DC	Convertidor de entrada	06F01
3	Fusible de 2A	12V DC	Sensor de presión hidráulica	06F05
4	Fusible de 2A	12V DC	Sensor de presión de nitrógeno	06F07
5	Fusible de 2A	12V DC	Sensor de temperatura hidráulica	06F09
6	Fusible de 2A	12V DC	Luz de la señal de alarma	02F03
7	Fusible de 2A	12V DC	Señal de alarma presión hidráulica ligera	02F04
8	Fusible de 2A	12V DC	Alarma de la linterna	05F02
9	Fusible de 2A	12V DC	Luz de alarma temperatura hidráulica	02F05
10	Fusible de 2A	12V DC	Luz de alarma de baja batería	02F06
11	Fusible de 3A	12V DC	Caja de control MCU100	04F09
12	Fusible de 2A	12V DC	Alarma de batería baja analógica	02F08
13	Fusible de 2A	12V DC	Panel solar	05F03
14	Fusible de 10A	12V DC	Cargador de batería	05F06
15	Fusible de 2A	24V DC	Convertidor de salida	06F02

**Tabla N° 3: Diagrama de fusibles.**

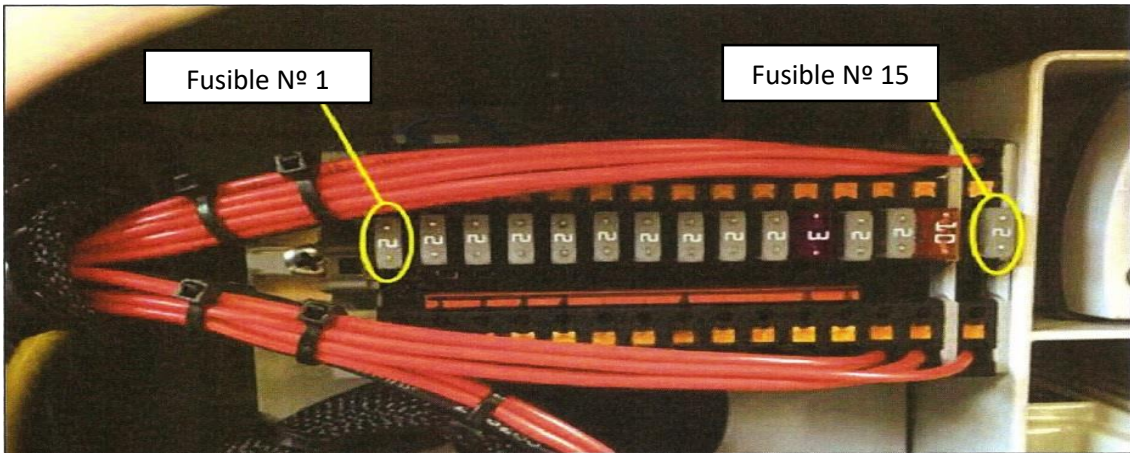


Figura 67. Fuente [28]

### 6.4.3 Sustitución de la tarjeta SIM

Cuando queremos reemplazar la tarjeta SIM del sistema, tenemos que seguir una serie de pautas, para llevar a cabo dicha acción. Nuestro primer paso sería abrir el lateral de la caja de los datos, para ello lo que hacemos es quitar los dieciocho tornillos.



Figura 68: El lateral de caja de datos. Fuente: [28]

El segundo paso, sería abrir la palanca. (Palanca de apertura) Tirando de la parte superior e inferior de la palanca mostrada en la imagen de abajo.

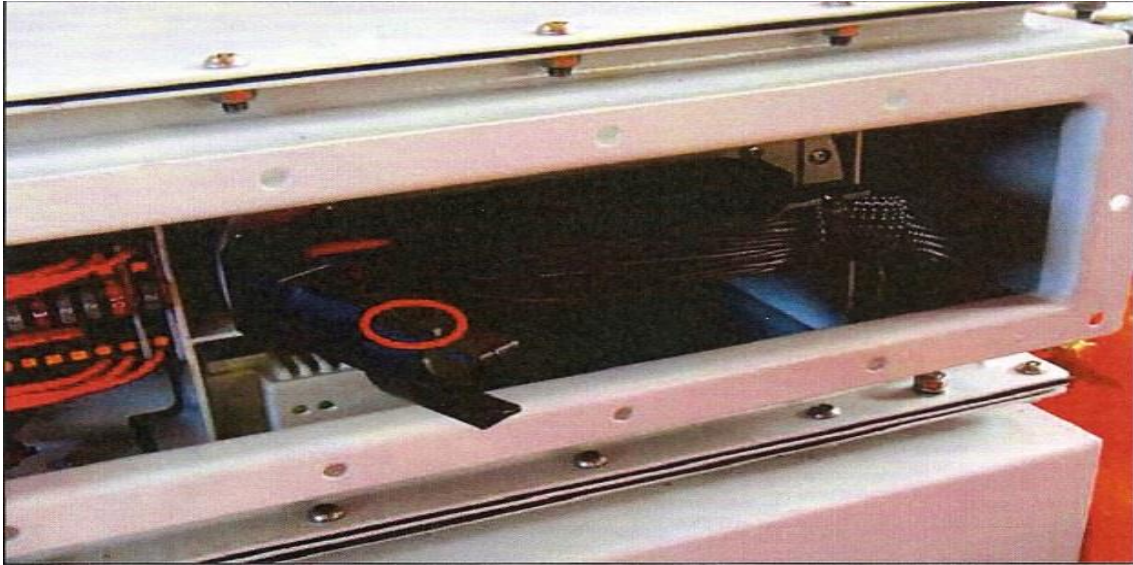


Figura 69: Unidad de control. Fuente: [28]

El tercer paso, sacamos la unidad de control de la máquina fuera del cuadro de datos tirando de él hacia el exterior de la caja. [20]

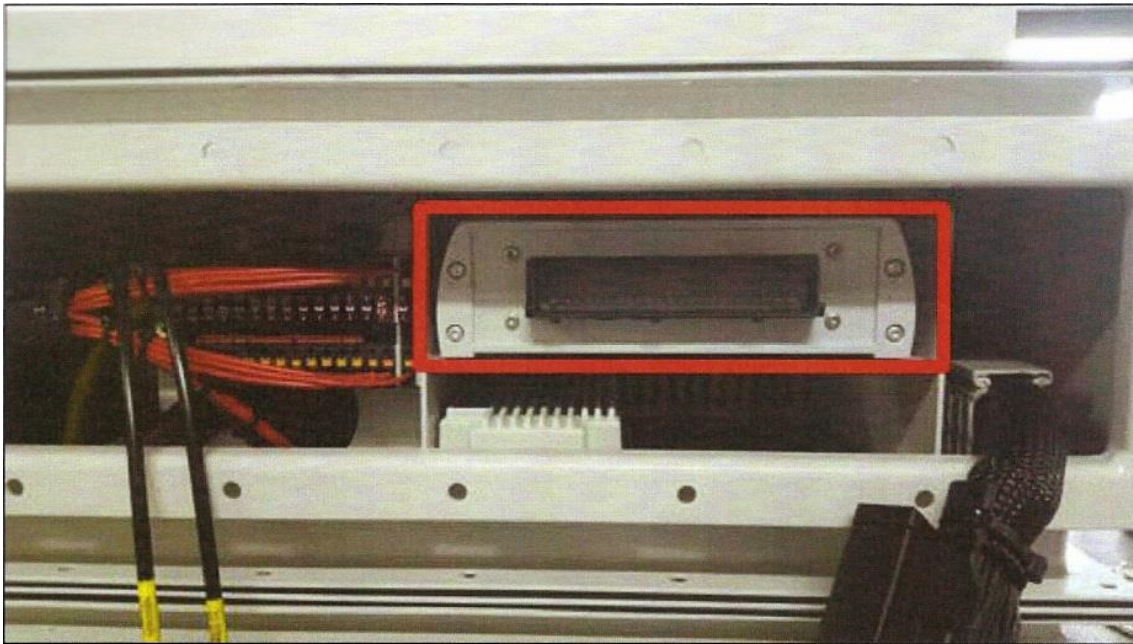


Figura 70: Caja de datos. Fuente: [28]





Figura 71: Unidad de control. Fuente [28]

El cuarto paso, sería desconectar las dos conexiones de la unidad de control.



Figura 72: Extracción de la tarjeta SIM. Fuente [28]

Por último, desatornillamos la tapa delantera de la tarjeta SIM y sacamos la tarjeta SIM fuera.



Figura 73: Tarjeta SIM. Fuente [28]

Cuando se terminamos de reemplazar la tarjeta SIM, para volver a dejar todo como estaba seguimos los pasos anteriores en dirección opuesta.

#### 6.4.4 Cambiar el punto de acceso de la red (Access Point Network-Code)

El punto de acceso se puede cambiar vía SMS, siguiendo los pasos a continuación.

Antes de cambiar el código del punto de acceso de la red tenemos que asegurarnos de que no hay ningún código en la tarjeta SIM. Enviamos un SMS al número de la tarjeta SIM con respecto al siguiente código. [Número DCB (6 dígitos)], apn, [Nombre del punto de acceso de la red], [Nombre de usuario], [Contraseña].

Un ejemplo de este SMS podría ser:

- (Telenor) 123456, apn, internet.cxn,,
- (Aspider) 123456, apn, internet.access.nl,,
- (Vodafone) 123456, apn, office.vodafone.nl, Vodafone, Vodafone
- (Consumer) Live.vodafone.com, Vodafone, Vodafone

La respuesta la recibimos en pocos segundos mediante SMS en el teléfono.

- El mensaje nos aparecerá un Sí en el caso de que el cambio del código del punto de acceso se haya realizado con éxito.
- Aparecerá No en caso de que el comando de activación esta incorrecto (para ello tenemos que tener en cuenta este símbolo “,” si es que no nos está pidiendo el usuario y la contraseña).

Los errores más comunes que suelen aparecer son:

- 1001 formato del SMS invalido.
- 1002 IMEI invalido.
- 1003 el IMEI es corto no es el mismo que el del terminal.
- 1004 el código APN no está escrito correctamente.
- 1005 el comando falló al ejecutar (posibles datos erróneos).

## **6.5 Solución de problemas**

El sistema ShoreTensión da alarmas cuando se alcanzan ciertos parámetros como son la posición, fuerza, temperatura o voltaje de la batería. Cuando se alcanzan estos parámetros, el sistema a través de punto de acceso a la red envía mensajes de alarma al móvil, correo electrónico y además son visibles en la propia máquina.

### **6.6 Lista de alarmas**

#### **Umbral de posición**

Sistema estándar, los umbrales de posición tendrán los siguientes valores fijos:

Umbral inferior= 50cm

Umbral superior= 250cm

Sistema extendido, los umbrales de posición tendrán que ser los siguientes valores fijados para el sistema:

Umbral inferior=50cm

Umbral superior=380cm

#### **Umbral de tensión**

La alerta de tensión será dada cuando se den las 65 toneladas.

#### **Umbral de temperatura**

La alerta de la temperatura será dada por alrededor de 80° C.

#### **Nivel de batería**

Alerta de la batería baja será dada cuando el voltaje sea inferior a 11.0 voltios.



Figura 74: Luces de alarma en el sistema ShoreTension. Fuente [28]

# **CONCLUSIONES**

## **Conclusiones**

Estos nuevos sistemas de amarre han roto con la historia tradicional, y esto se debe a las ventajas que presentan:

En primer lugar, se reducen el número de personal en las maniobras, lo que provoca una reducción de los accidentes de los operarios y ahorro en coste.

Segundo lugar, ahorro del tiempo en las operaciones de carga y descarga.

Tercer lugar, estos sistemas son muy versátiles por lo que pueden ser instalados en la mayoría de los puertos.

Cuarto lugar, gracias a la placa fotovoltaica, el sistema no emite CO<sub>2</sub> por lo tanto se trata de una energía totalmente limpia.

Quinto lugar, el sistema puede ser controlado a distancia a través de la caja de datos de la unidad de control.

Sexto lugar, están certificados por las Sociedades de Clasificación.

## **VII. BIBLIOGRAFÍA**

## 7. Bibliografía

### ANTECEDENTES HISTÓRICOS Y CONTENIDO

[1]

Evolución E Historia De Los Sistemas De Amarre Y Fondeo. Raúl Villa Caro.

[2]

[https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/89035/120488\\_An%C3%A1lisis%20y%20automatizaci%C3%B3n%20de%20los%20sistemas%20de%20amarre%20de%20un%20buque%20-%20Mateu%20Sastre.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/89035/120488_An%C3%A1lisis%20y%20automatizaci%C3%B3n%20de%20los%20sistemas%20de%20amarre%20de%20un%20buque%20-%20Mateu%20Sastre.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[3]

[www.ttsgroup.com](http://www.ttsgroup.com)

[4]

[http://cavotec.com/en/ports-maritime/automated-mooring-systems\\_36/](http://cavotec.com/en/ports-maritime/automated-mooring-systems_36/)

[5]

<http://mampaey.com/wp-content/uploads/2017/01/Mampaey-Brochure-Automatic-Mooring-Systems-Docklock.pdf>

[6]

<https://www.youtube.com/watch?v=OEsOdUGSCz4>

[7]

<http://mampaey.com/wp-content/uploads/2017/01/Mampaey-Brochure-Quick-Release-Mooring-Hooks-iMoor-System-Spanish-version.pdf>

[8]

Nuevos sistemas automáticos de amarre en buques: amarre por vacío y sistemas hidráulicos. Capt. Raúl Villa Caro.

[9]

<http://www.armada.mde.es/archivo/rgm/2014/10/cap06.pdf>

[10]

<http://www.gii.udc.es/img/gii/files/Rev%20sistes%20amarre%20capitulo08.pdf>

[11]

<http://www.gii.udc.es/presentacion/persona/143>



[12]

[http://www.cavotec.com/es/puertos-y-terminales/sistemas-de-amarre-automatizado\\_36/](http://www.cavotec.com/es/puertos-y-terminales/sistemas-de-amarre-automatizado_36/)

[13]

<http://innovacion.portsdebalears.com/proyecto/shoretension-un-novedoso-sistema-de-amarre/>

[14]

<https://shoretension.com/>

[15]

<https://shoretension.com/#Safe-Mooring>

[16]

<https://shoretension.com/#How-it-works>

[17]

<https://shoretension.com/#How-it-works/1>

[18]

<https://shoretension.com/#How-it-works/2>

[19]

<https://shoretension.com/#Global>

[20]

Elaboración propia. Información extraída del video grabado en la TCT (Terminal de Contenedores de Tenerife)

## **IMAGENES**

[21]

<http://www.exponav.org/historia-del-amarre-y-fondeo-el-ancla-o-la-ancla/>

[22]

[http://dicionariodevocablosnauticos.blogspot.com.es/2012\\_07\\_01\\_archive.html](http://dicionariodevocablosnauticos.blogspot.com.es/2012_07_01_archive.html)

[23]

[http://www.valvolineeurope.com/english/products/tectyl/aftermarket/cid\(7167\)/tectyl\\_ml\\_spray](http://www.valvolineeurope.com/english/products/tectyl/aftermarket/cid(7167)/tectyl_ml_spray)

[24]

<http://www.cibernautica.com/fondeo/amarrar.htm>

[25]

<http://www.artelista.com/obra/8222777598179066-noray.html>

[26]

<http://www.pinturas-online.com/sigma-coatings-sigmadur-520-ltr-esmalte-de-poliuretano-de-alto-espesor-p-735.html?osCsid=3mblg0k2n2htv9ll5bi1oa6r6>

[27]

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gateras,\\_bitas\\_y\\_gu%C3%ADa.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gateras,_bitas_y_gu%C3%ADa.jpg)

[28]

Elaboración propia. TCT (Terminal de Contenedores de Tenerife)

[29]

[http://www.fluidmecnica.com/productos\\_maquinillas\\_offshore-cabrestantes.html](http://www.fluidmecnica.com/productos_maquinillas_offshore-cabrestantes.html)

[30]

<http://www.dict.cc/deutsch-englisch/gef%C3%A4hrlich.html>